NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS (LIGNE ROUGE)

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION AU TITRE DE LA LOI SUR L'EAU (CODE DE L'ENVIRONNEMENT)

PIÈCE **A**

Présentation du dossier Loi sur l'Eau

Sommaire

1. Introduction 5

1.1 Objet du présent dossier Loi sur l'Eau 7

1.1.1 Présentation générale du Grand Paris Express 7

1.1.2 Présentation des acteurs : Société du Grand Paris, RATP, STIF 10

1.1.3 Caractéristiques de la Ligne 15 Sud 11

1.2 Contexte réglementaire du dossier Loi sur l'Eau 12

1.3 Constitution du dossier Loi sur l'Eau intégrant l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud 12

1.4 Stratégie d'ordonnancement des procédures 13

1.5 Auteurs des études 17

1.6 Présentation des aires d'études 19

1.7 Durée de l'autorisation Loi sur l'Eau 19

2. Nom et adresse du demandeur 21

3. Emplacements sur lesquels les travaux doivent être effectués 25

3.1 Emplacement général – Représentation cartographique 27

3.2 Emplacement des ouvrages – Position géographique 33

4. Nature, consistance, volume et objet des travaux 37

4.1 Les principaux types d'ouvrages et leurs caractéristiques 39

4.1.1 Le tunnel et les puits de tunnelier 40

4.1.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle 43

4.1.3 Les gares 44

4.1.4 Les ouvrages annexes 49

4.1.5 Les sites de maintenance (SMI et SMR) 50

4.1.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires 51

4.1.7 Les ouvrages spéciaux (entonnement, débranchement…) 52

4.1.8 Les projets d'interconnexions 54

4.1.9 Les projets connexes 55

5. Les rubriques de la nomenclature Loi sur l'Eau et le projet de la Ligne 15 Sud 57

5.1 Les rubriques de la nomenclature concernées 59

5.2 Les rubriques de la nomenclature concernées – Synthèse par ouvrage 63

5.2.1 Section Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER 64

5.2.2 Section Issy RER à Arcueil-Cachan 66

5.2.3 Section Arcueil Cachan à Vitry Centre 68

5.2.4 Section Vitry Centre à Champigny Centre - Partie 1/2 70

5.2.5 Section Vitry Centre à Champigny Centre - Partie 2/2 72

5.2.6 Section Champigny Centre – Noisy-Champs - Partie 1/2 74

5.2.7 Section Champigny Centre – Noisy-Champs - Partie 2/2 76

5.3 Les rubriques de la nomenclature concernées par les ouvrages d'interconnexion RATP - SNCF 78

5.3.1 Analyse des interconnexions avec la RATP 78

5.3.2 Analyse des interconnexions avec la SNCF 79

5.3.3 Synthèse des rubriques « Loi sur l'Eau » applicables aux interconnexions 80

6. Notice d'incidences au titre de la Loi sur l'Eau 83

6.1 Contenu de l'étude d'impact et exigences de la Loi sur l'Eau 85

6.2 Organisation de l'étude d'impact 86

1. Introduction

1.1 Objet du présent dossier Loi sur l'Eau

Le présent dossier Loi sur l'Eau correspond à l'étude du métro automatique constituant la Ligne rouge - 15 Sud du Grand Paris Express, sur le linéaire compris entre la gare de Pont de Sèvres (incluse) et la gare de Noisy-Champs (incluse).

1.1.1 Présentation générale du Grand Paris Express

Le programme constituant le « réseau Grand Paris Express » est composé :

- du réseau de transport public du Grand Paris comprenant des liaisons en rocade parcourant les territoires de proche et moyenne couronnes (« ligne rouge » et « ligne verte ») complétées par une liaison radiale (« ligne bleue ») : les caractéristiques principales de ces infrastructures de transports en commun nouvelles sont décrites dans le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, approuvé par le décret n° 2011-1011 du 24 août 2011 ;

- du réseau complémentaire structurant (« ligne orange »), dont la réalisation est recommandée par le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, en tant que projet susceptible d'offrir la meilleure complémentarité avec les lignes rouge, verte et bleue.

Ce nouveau réseau de métro automatique a pour ambition de relier entre eux, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne, les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France.

Le 6 mars 2013, le Gouvernement a présenté ses orientations concernant la définition des projets de transport en commun en Ile-de-France (relevant à la fois du Grand Paris Express ainsi que de la modernisation et de l'extension du réseau existant), leur calendrier, leur financement et leur mise en œuvre, dans le cadre du « Nouveau Grand Paris des transports ».

Ce projet global réaffirme les enjeux relatifs au réseau de transport en commun francilien actuel, en mettant l'accent sur les objectifs d'amélioration à court terme du service offert (information voyageurs, fiabilité et régularité des lignes) et sur les opérations de modernisation et d'extension du réseau existant prévues au Plan de mobilisation pour les transports. En ce qui concerne le réseau Grand Paris Express, les orientations retenues visent à définir un projet optimisé et performant, consistant notamment à adapter la capacité de transport envisagée sur certains tronçons aux besoins de mobilité et aux trafics prévisionnels attendus. La traduction de ces orientations en termes de schéma d'exploitation prévisionnel et de dimensionnement de l'offre de transport conduit à définir, à partir du réseau de transport public du Grand Paris et du réseau complémentaire structurant, trois ensembles de projets constitutifs du Grand Paris Express :

- une liaison de rocade, la ligne 15, regroupant les tronçons les plus chargés des lignes rouge et orange et assurant tout particulièrement la désaturation des réseaux de transport en commun en cœur d'agglomération ;

- des métros automatiques à capacité adaptée pour la desserte des territoires en développement, concernant les tronçons nord-est et est de la ligne rouge (les lignes 16 et 17 entre Saint-Denis Pleyel, Noisy-Champs et Le Mesnil-Amelot) ainsi que la ligne verte (ligne 18) entre Orly et Versailles ;

- des prolongements de lignes de métro existantes lorsque cela apparaît pertinent tant fonctionnellement que du point de vue de la rapidité de mise en œuvre : sont concernés le prolongement de la ligne 14 au nord jusqu'à Saint-Denis Pleyel et au sud jusqu'à Orly (soit la ligne bleue du schéma d'ensemble), ainsi que le prolongement de la ligne 11 jusqu'à Noisy-Champs via Rosny Bois-Perrier (qui reprend l'un des tronçons constitutifs de la ligne orange, la prise en compte de cette option ayant été confirmée à l'occasion de l'approbation par le Conseil du STIF en décembre 2013 du bilan de la concertation réalisée sur la ligne orange).

Conformément à la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, les infrastructures constituant le réseau de transport public du Grand Paris sont sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris. Le 16 février 2015, le Conseil de surveillance de la Société du Grand Paris a approuvé la conclusion d'une convention de co-maîtrise d'ouvrage avec la RATP pour la réalisation du prolongement Sud de la ligne 14 (ligne bleue du réseau de transport public du Grand Paris) entre Paris et Orly.

Par ailleurs, le 11 février 2015, le Conseil du STIF a désigné la Société du Grand Paris maître d'ouvrage de la « Ligne 15 Est », qui correspond au tronçon du réseau complémentaire structurant intégré à la liaison de rocade de la ligne 15. Le Conseil de surveillance de la Société du Grand Paris a approuvé la convention relative à l'exercice de cette maîtrise d'ouvrage le 16 février 2015. Cette disposition vise à assurer la meilleure cohérence entre les différents tronçons qui constituent la rocade de la ligne 15, réunis sous la responsabilité d'un même maître d'ouvrage.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs de la ligne rouge correspond à la partie Sud de la ligne 15, dans le schéma d'exploitation présenté par le Gouvernement en mars 2013. À ce titre, le projet est également désigné sous l'appellation « Ligne 15 Sud » dans la présente étude d'impact.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a fait l'objet d'une enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique du 7 octobre au 18 novembre 2013. L'étude d'impact accompagnant le dossier d'enquête publique a notamment fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) le 10 juillet 2013.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a été déclaré d'utilité publique par le décret n° 2014-1607 du 24 décembre 2014.

Schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris – Décret en Conseil d'Etat du 24 août 2011

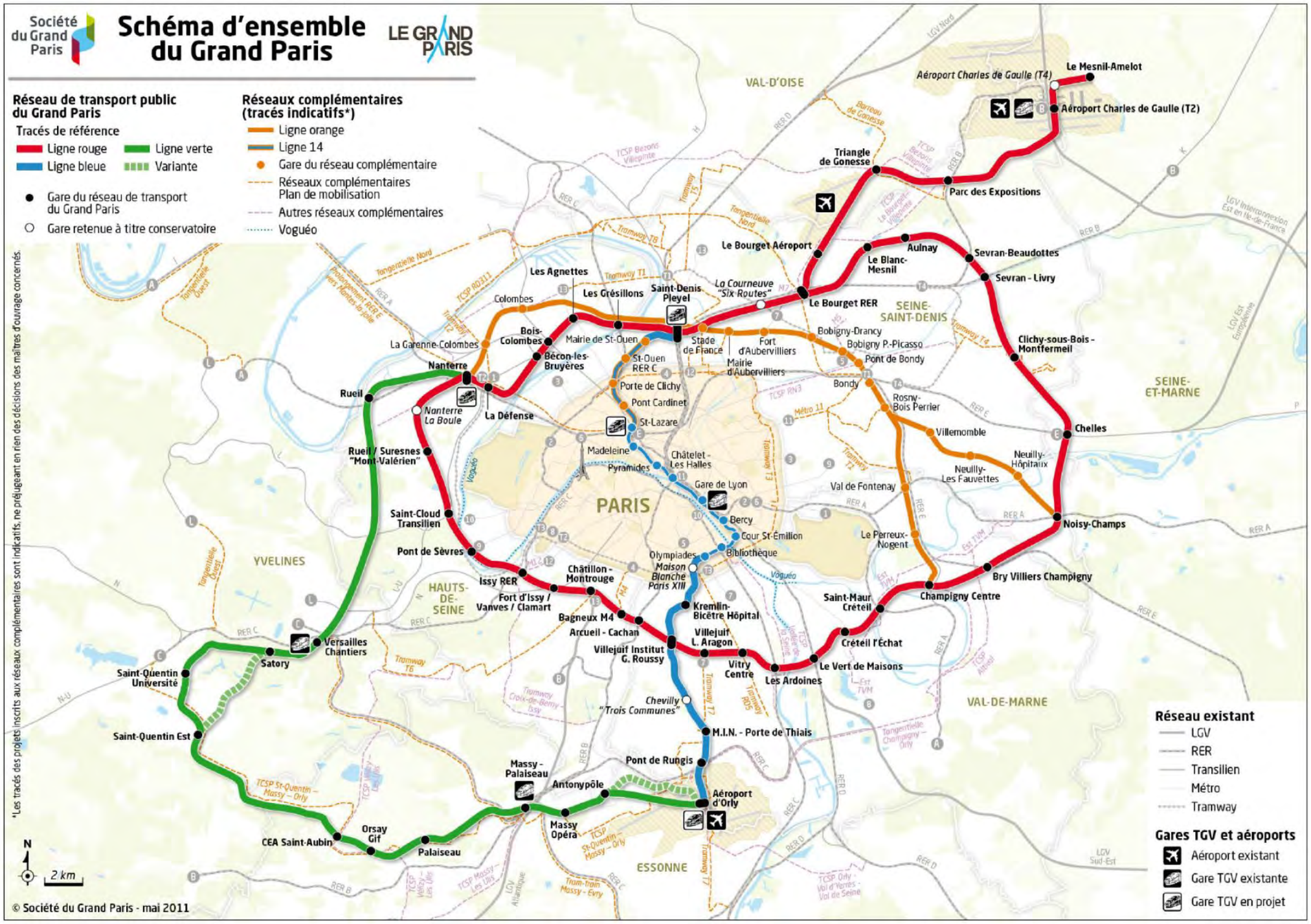
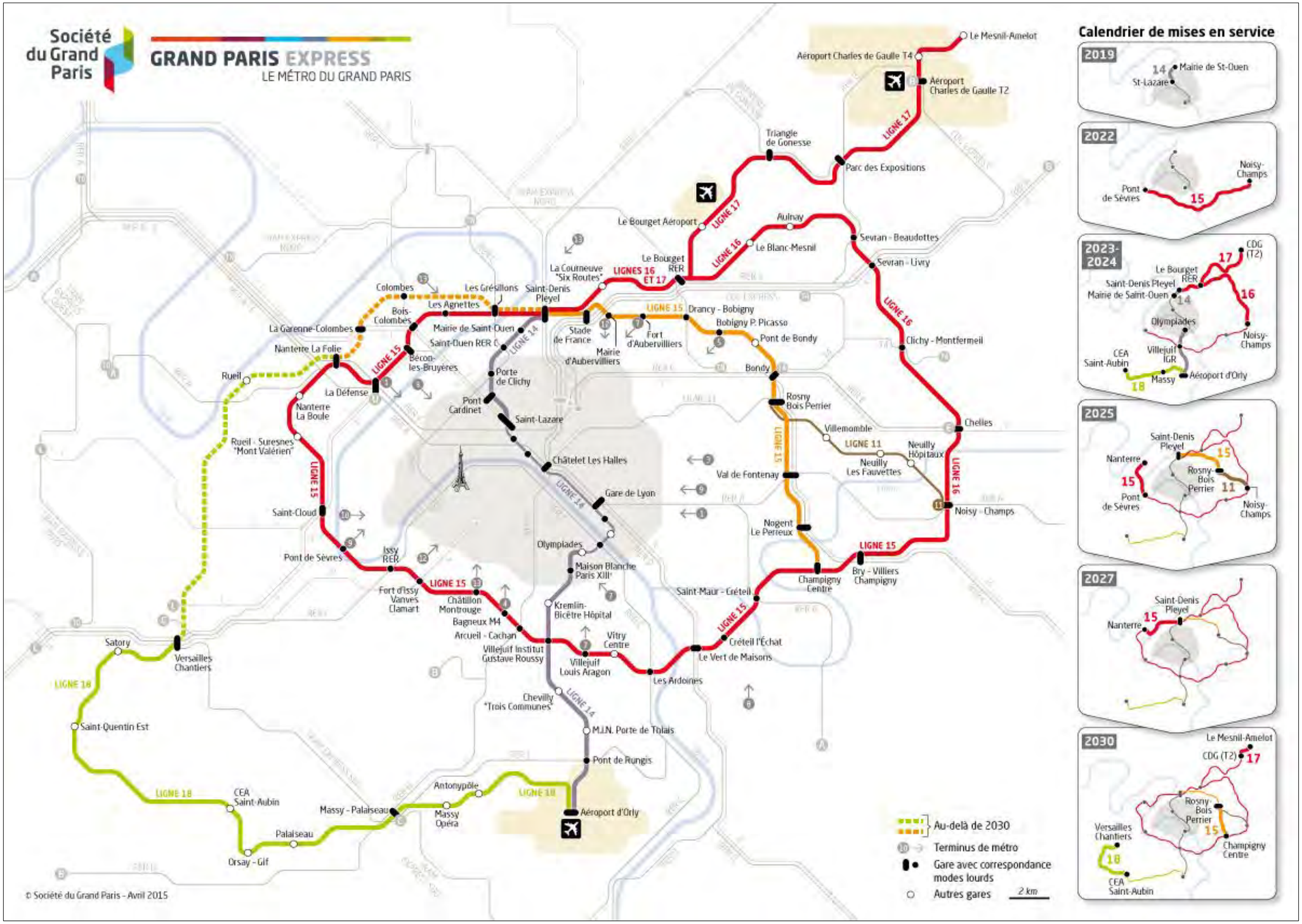


Schéma d'ensemble et horizons de mise en service suite aux annonces du Premier ministre le 9 juillet 2014



Réseau de Transport Public du Grand Paris / Ligne 15 Sud (rouge)

1.1.2 Présentation des acteurs : Société du Grand Paris, RATP[1], STIF[2]

Le maître d'ouvrage est la personne, morale ou physique, pour le compte de laquelle est réalisé un projet. En vertu de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, la Société du Grand Paris (SGP) est le maître d'ouvrage du projet faisant l'objet du présent dossier.

Cet établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial a été créé par l'article 7 de ladite loi. La Société du Grand Paris a pour mission principale de concevoir et d'élaborer le schéma d'ensemble et les projets d'infrastructures composant le réseau de transport public du Grand Paris et d'en assurer la réalisation, qui comprend la construction des lignes, ouvrages et installations fixes, la construction et l'aménagement des gares, y compris d'interconnexion, ainsi que l'acquisition des matériels roulants conçus pour parcourir ces infrastructures.

Les infrastructures correspondant au réseau de transport public du Grand Paris définissent le périmètre du programme dont la maîtrise d'ouvrage est confiée à la Société du Grand Paris par la loi relative au Grand Paris.

Dans le cadre du programme du réseau Grand Paris Express, la Société du Grand Paris travaille en étroite collaboration avec le Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF).

Le STIF est l'autorité organisatrice de la mobilité en Ile-de-France. A ce titre, il est chargé d'organiser, de coordonner et de financer les transports publics de voyageurs de la région. Ses principales prérogatives sont les suivantes :

- création des conditions générales d'exploitation, création des titres de transport et fixation de leurs tarifs ;
- définition de l'offre de transport et du niveau de qualité des services dans le cadre de contrats signés avec les transporteurs ;
- coordination de la modernisation du système de transports publics francilien et cofinancement de la modernisation ou la création d'équipements nécessaires à l'amélioration de la qualité de service ;
- évaluation et révision du plan de déplacements urbains d'Ile-de-France.

Une coordination entre le STIF et la Société du Grand Paris s'avère nécessaire à plusieurs titres :

- Le réseau de transport public du Grand Paris, sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, est conçu comme étant en connexion avec le reste du réseau de transport public (existant ou futur), dont le STIF a la responsabilité.
- L'exploitation des lignes, ouvrages et installations conçus et réalisés par la Société du Grand Paris sera effectuée sous la responsabilité du STIF, qui désignera l'exploitant.
- Après avoir été acquis par la Société du Grand Paris, le matériel roulant sera transféré en pleine propriété au STIF qui le mettra à la disposition des exploitants.

Ainsi, la Société du Grand Paris et le STIF sont associés dans la mise en œuvre du Grand Paris Express afin que ces nouveaux transports collectifs structurants soient parfaitement articulés aux autres modes de transport, selon les principes généraux suivants :

- Les deux entités s'accordent sur les modalités d'information réciproque de leurs projets au travers d'instances de coordination régulières et transversales.
- Le STIF participe aux différents comités de pilotage locaux mis en place à l'initiative de la Société du Grand Paris.
- Des travaux partenariaux sont menés entre la Société du Grand Paris et le STIF sur tous les sujets nécessitant une validation, ou préparant une décision future, de la part de l'autorité organisatrice : en particulier, le STIF est étroitement associé à la définition du service en gare et en ligne.
- Conformément à l'article 15 de la loi n° 2010-597 relative au Grand Paris, modifié par l'article 21 de la loi n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles, le STIF est associé à l'élaboration de l'ensemble des documents établis par la Société du Grand Paris pour la réalisation des opérations d'investissement concernant la réalisation des infrastructures du réseau de transport public du Grand Paris, qui lui sont soumis pour approbation préalable jusqu'à la décision de la Société du Grand Paris d'engager les travaux.

La RATP (Régie autonome des transports parisiens) est un établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial exploitant une partie des réseaux de transports publics d'Ile-de-France. En particulier, la RATP est exploitante jusqu'en 2039 des lignes actuelles du métropolitain. La RATP assurera ainsi l'exploitation de la ligne 14 prolongée au nord à Saint-Denis Pleyel et au sud à l'aéroport d'Orly dans le cadre du Grand Paris Express[3].

Par ailleurs, la RATP exerce, conjointement avec le STIF, la maîtrise d'ouvrage du prolongement de la ligne 14 compris entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen, en application de l'article L. 1241-4 du code des transports.

Enfin, conformément à l'article L.2142-3 du code des transports, la RATP est gestionnaire de l'infrastructure du réseau de métropolitain affecté au transport public urbain de voyageurs en Ile-de-France, dans la limite des compétences reconnues à Réseau Ferré de France ; à ce titre, elle est responsable de l'aménagement, de l'entretien et du renouvellement de l'infrastructure, ainsi que de la gestion des systèmes de contrôle, de régulation et de sécurité des lignes. En application de l'article 20 de la loi n° 2010-597 relative au Grand Paris, la RATP sera également gestionnaire de l'infrastructure composant le réseau de transport public du Grand Paris.

[1] RATP : Régie Autonome des Transports Parisiens
[2] STIF : Syndicat des Transports d'Ile-de-France

[3] Les exploitants des lignes de métro nouvelles créées dans le cadre du Grand Paris Express (c'est-à-dire les lignes 15, 16, 17 et 18, qui ne constituent pas des prolongements de lignes existantes) seront quant à eux choisis au terme d'une mise en concurrence organisée par le STIF. Le STIF sera chargé de coordonner l'ensemble des exploitants du réseau, sachant qu'il ne peut y avoir qu'un seul exploitant par ligne.

1.1.3 Caractéristiques de la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une partie de la rocade prévue dans le cadre du Grand Paris Express d'une longueur à terme de 75 kilomètres.

La rocade est constituée de 3 projets dont les mises en service s'échelonnent dans le temps :

- La Ligne 15 Sud (environ 33km) qui relie Pont de Sèvres et Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022) ;
- La Ligne 15 Ouest (environ 21km) qui relie Pont de Sèvres à Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027) ;
- La Ligne 15 Est (environ 24km), qui relie Saint-Denis Pleyel à Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030).

La Ligne 15 Sud, objet du présent dossier, correspond à la première section mise en service de la rocade. Son ouverture est prévue à l'horizon 2022.

La Ligne 15 Sud reliera les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs sur un linéaire de 33 kilomètres, parcouru en 35 minutes.

Elle desservira 16 gares, la plupart en correspondance avec le transport en commun existant, que ce soit RER, Transilien, Métro, tramway, bus en site propre. Les réseaux de bus actuels seront réorganisés pour assurer la bonne desserte des nouvelles gares.

La Ligne 15 Sud comporte également deux sites de maintenances, pour les trains et pour les infrastructures, de la ligne mais également d'autres lignes du Grand Paris Express. Pour assurer la sécurité des usagers, et en application de la réglementation, la Ligne 15 Sud comporte également 38 ouvrages de sécurité.

La Ligne 15 Sud et traverse le territoire de 22 communes en souterrain, minimisant ainsi l'impact sur les territoires traversés.

La réalisation de la Ligne 15 Sud permettra notamment de:

- Relier des territoires stratégiques connaissant une forte dynamique d'aménagement (futur pôle culturel international de l'île Seguin, projet de ZAC « Campus Grand Parc » autour de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, Opération d'Intérêt National Orly-Rungis / Seine Amont (intégrant notamment la reconversion de la zone industrielle des Ardoines à Vitry-sur-Seine) ;
- Desservir des secteurs d'enseignement, de recherche et d'innovation de pointe, à l'image de la Vallée Scientifique de la Bièvre et de la Cité Descartes. La plupart de ces « territoires de projet » font l'objet de réflexions en vue de l'élaboration de contrats ou de schémas de développement territorial, associant l'Etat et les collectivités locales ;
- Desservir le secteur de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux dont la densité d'emploi et d'habitat est particulièrement élevée ;
- Présenter une alternative à la voiture particulière pour les déplacements de banlieue à banlieue ;
- Contribuer à l'allègement des lignes de transport en commun traversant la zone centrale de l'agglomération ;
- Améliorer la desserte de secteurs denses de proche couronne ne bénéficiant pas d'une offre de transport en commun structurante et favoriser l'égalité des territoires ;
- Faire bénéficier d'une amélioration du réseau de transport les territoires plus éloignés, par le biais d'un maillage systématique avec l'ensemble des lignes interceptées ;
- Contribuer à répondre aux enjeux environnementaux, en favorisant un report de l'utilisation de la voiture particulière vers les transports en commun et en limitant l'étalement urbain.



Réseau de Transport Public du Grand Paris / Ligne 15 Sud (rouge)

1.2 Contexte réglementaire du dossier Loi sur l'Eau

Les projets de réseau de transport public du Grand Paris constituent des infrastructures de transport au sens réglementaire du terme.

Conformément à la nomenclature fixée par les dispositions prises en application de la Loi sur l'Eau, codifiées à l'article R.214-1 du code de l'environnement, le projet de la Ligne 15 Sud desservant les gares entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs nécessite une autorisation administrative au titre de l'article R.214-6 du code de l'environnement.

Les éléments détaillés, ouvrage par ouvrage, rubrique par rubrique, sont présentés dans les chapitres 5.1 et 5.2 du présent document.

1.3 Constitution du dossier Loi sur l'Eau intégrant l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud

Le contenu du dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau prend en compte l'ensemble des dispositions indiquées à l'article R.214-6 du code de l'environnement.

Conformément aux dispositions des articles L.122-1, R.122-1 et suivants du code de l'environnement, du fait de la nature des travaux projetés, sa localisation et ses dimensions, le Grand Paris Express est susceptible de présenter des incidences sur l'environnement, et est donc soumis à l'élaboration d'une étude d'impact.

Pour faciliter la mise en œuvre de ce grand projet, le réseau du futur métro est divisé en plusieurs sections. La Ligne 15 Sud représente la première section mise en service de la future rocade prévue autour de Paris. Elle desservira les territoires des Hauts-de-Seine et du Val de Marne, entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs.

Le Grand Paris Express et donc la Ligne 15 Sud relève de plusieurs rubriques du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement, notamment la rubrique 8° :

Extrait du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement

Catégories d'aménagements, d'ouvrages et de travaux	PROJETS soumis à étude d'impact	Projets soumis à la procédure de "cas par cas" en application de l'annexe III de la directive 85/337/CE
8° Transports guidés de personnes	Tramways, métros aériens et souterrains, lignes suspendues ou lignes analogues de type particulier servant exclusivement ou principalement au transport des personnes.	Toutes modifications ou extensions.

A ce titre, chaque ligne du Grand Paris Express, dont la Ligne 15 Sud, est soumise à l'élaboration d'une étude d'impact au titre du code de l'environnement.

D'autres rubriques de l'annexe de l'article R.122-2 du code de l'environnement peuvent concernées également le projet et ses ouvrages :

Catégories d'aménagements, d'ouvrages et de travaux	PROJETS soumis à étude d'impact	Projets soumis à la procédure de "cas par cas" en application de l'annexe III de la directive 85/337/CE
7° Ouvrages d'art.	a) Ponts d'une longueur supérieure à 100 mètres. b) Tunnels et tranchées couvertes d'une longueur supérieure à 300 mètres.	a) Ponts d'une longueur inférieure à 100 mètres. b) Tunnels et tranchées couvertes d'une longueur inférieure à 300 mètres.
36° Travaux ou constructions soumis à permis de construire, sur le territoire d'une commune dotée, à la date du dépôt de la demande, d'un PLU ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu ou d'une carte communale n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation environnementale.	Travaux ou constructions, réalisés en une ou plusieurs phases, lorsque l'opération crée une SHON supérieure ou égale à 40 000 mètres carrés.	Travaux ou constructions réalisés en une ou plusieurs phases, lorsque l'opération crée une SHON supérieure ou égale à 10 000 mètres carrés et inférieure à 40 000 mètres carrés.

Cette étude d'impact sera présentée dans le cadre de différentes procédures administratives nécessaires au démarrage des travaux :

- Dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau au titre du code de l'environnement (présent dossier) ;
- Dossier de demande de permis de construire au titre du code de l'urbanisme pour les gares de la Ligne 15 Sud ;
- Dossier de demande d'autorisation de défrichement pour les ouvrages situés en zones boisées au titre du code forestier.

Les procédures de demande de permis de construire et de défrichement seront engagées courant 2015.

En application des dispositions du 4° du II de l'article R.214-6 du code de l'environnement, cette étude d'impact est jointe au présent dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau et vaut document d'incidence. Les motifs qui conduisent à joindre une étude d'impact en remplacement du document d'incidences Loi sur l'Eau sont présentés au chapitre 6 « Notice d'incidences » du présent document.

Point de vigilance :

Le Site de Maintenance et de Remisage des trains (SMR) prévu au niveau de la commune de Champigny est soumis, en application des dispositions liées la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), à une procédure d'autorisation d'exploiter.

Par suite, et en application des dispositions de l'article L. 214-1 du code de l'environnement, cet ouvrage n'est pas inclus dans le périmètre de la présente demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau. Le SMR, qui fera l'objet d'une demande d'autorisation au titre des ICPE dans le courant de l'année 2015, sera soumis à enquête publique dédiée sur le territoire concerné.

Le dossier Loi sur l'Eau est organisé de la manière suivante :

- Pièce A : « Présentation du dossier Loi sur l'Eau » qui correspond au présent document. Ce document comprend les éléments suivants :
    - Le nom et l'adresse du demandeur, ainsi que son numéro SIRET ;
    - L'emplacement sur lequel l'installation, l'ouvrage, les travaux ou l'activité doivent être réalisés ;
    - La nature, la consistance, le volume et l'objet de l'ouvrage, de l'installation, des travaux ou de l'activité envisagés, ainsi que la ou les rubriques de la nomenclature dans lesquelles ils doivent être rangés.
- Pièce B : « Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau » qui se décompose en plusieurs documents :
    - Pièce B.1 : « État initial » ;
    - Pièce B2 : « Description du projet » (comprenant la rubrique visée aux e du 4° du II de l'article R. 214-6 du code de l'environnement) ;
    - Pièce B3 : « Analyse des impacts et présentation des mesures associées » (comprenant les rubriques visées aux a, b, c et d du 4° et au 5° II de l'article R. 214-6 du code de l'environnement) ;
    - Pièce B4 : « Résumé non technique » ;
    - Pièce B5 : « Annexes ».

Dans le cadre de l'instruction du dossier Loi sur l'Eau par les services de l'Etat, d'autres pièces figurent au présent dossier, notamment l'avis de l'Autorité environnementale, ainsi que la réponse de la Société du Grand Paris.

La description du contenu des différents documents constituant l'étude d'impact est présentée dans la rubrique 6. Notice d'incidences du présent document.

1.4 Stratégie d'ordonnancement des procédures

Le démarrage des travaux de la Ligne 15 Sud est conditionné par l'obtention de plusieurs autorisations administratives, notamment au titre notamment du Code de l'Environnement (Loi sur l'Eau, demande de dérogation « espèces protégées », installations classées pour la protection de l'environnement, …), du Code Forestier (défrichement) et du Code de l'Urbanisme (permis de construire, de démolir, déclaration préalable, …).

L'objectif général d'obtention des autorisations administratives est fixé, en amont du démarrage des travaux principaux de génie civil concernés, à début 2016.

L'obtention de ces autorisations est en effet requise avant le démarrage des travaux.

En raison de la multiplicité des procédures réglementaires applicables à la Ligne 15 Sud, la Société du Grand Paris a élaboré une stratégie d'ordonnancement de ces procédures afin d'assurer la tenue du calendrier directeur et l'optimisation des délais de production/instruction des dossiers réglementaires concernés.

Cette stratégie d'ordonnancement vise plusieurs objectifs :

- Rationaliser le nombre de dossiers réglementaires :
    - Disposer d'une articulation cohérente, accessible et globale,
    - Optimiser et mutualiser les dossiers (production et instruction administrative),
- Assurer la sécurité juridique des dossiers réglementaires réalisés par la SGP :
    - Assurer un découpage et une articulation compatibles avec la réglementation en vigueur, concertés avec les services de l'Etat,
    - Optimiser et encadrer la présentation au public via les enquêtes publiques,
- Respecter le calendrier directeur de mise en œuvre de la Ligne 15 Sud :
    - Permettre l'enclenchement successif des phases opérationnelles par tronçon (T2 et T3),
    - Conserver la vision opérationnelle, liée au découpage des études et à l'allotissement des travaux.

In fine, c'est à partir de cette stratégie d'ordonnancement que les mesures de production des dossiers réglementaires et de pilotage des instructions administratives associées pourront être mises en œuvre.

Les différents dossiers réglementaires (aux titres des Codes de l'Environnement, Forestier, de l'Urbanisme, …) sont élaborés par un ou plusieurs prestataires de la SGP, accompagnée de son Assistance à Maîtrise d'Ouvrage Général, sur la base notamment des données techniques des projets de Maîtrises d'œuvre.

Pour cela, en fonction de l'avancement des études et afin d'assurer une homogénéité de leurs contenus, chacun des dossiers réglementaires concerné fait l'objet de phases d'échanges technico-réglementaires entre les différentes parties prenantes du projet (Société du Grand Paris et de ses prestataires).

Les parties suivantes présentent, par type de dossier réglementaire, les hypothèses structurantes de la stratégie d'ordonnancement des procédures, élaborée par la SGP :

1) Etude d'impact

a. Application de l'étude d'impact au programme et projet :

- Code de l'Environnement - Article L122-1 :

« I. — Les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements publics et privés qui, par leur nature, leurs dimensions ou leur localisation sont susceptibles d'avoir des incidences notables sur l'environnement ou la santé humaine sont précédés d'une étude d'impact.

Ces projets sont soumis à étude d'impact en fonction de critères et de seuils définis par voie réglementaire et, pour certains d'entre eux, après un examen au cas par cas effectué par l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement.

Pour la fixation de ces critères et seuils et pour la détermination des projets relevant d'un examen au cas par cas, il est tenu compte des données mentionnées à l'annexe III à la directive 85/337/ CEE du Conseil du 27 juin 1985 concernant l'évaluation des incidences de certains projets publics et privés sur l'environnement.

II. — Lorsque ces projets concourent à la réalisation d'un même programme de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages et lorsque ces projets sont réalisés de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacun des projets doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du programme. Lorsque les travaux sont réalisés par des maîtres d'ouvrage différents, ceux-ci peuvent demander à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement de préciser les autres projets du programme, dans le cadre des dispositions de l'article L. 122-1-2.

Un programme de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages est constitué par des projets de travaux, d'ouvrages et d'aménagements réalisés par un ou plusieurs maîtres d'ouvrage et constituant une unité fonctionnelle. (…) »

- Dossier de demande DUP L15 Sud – Pièce A chapitre A1-1.2 :

Programme : le réseau de métro du Grand Paris Express dans sa globalité correspondant aux lignes rouge, bleue et verte du réseau de transport public du Grand Paris et au réseau complémentaire structurant constitué de la ligne orange. Le programme est décrit dans la pièce C du présent dossier. La pièce C présente notamment les orientations précises annoncées le 6 mars 2013 par le gouvernement concernant le « Nouveau Grand Paris », en organisant les liaisons proposées au schéma d'ensemble sous la forme :

- de lignes nouvelles du réseau de métro : ligne 15 (reprenant des parties de la ligne rouge et de la ligne orange), ligne 16 (reprenant une partie de la ligne rouge), ligne 17 (reprenant une partie de la ligne rouge), ligne 18 (ligne verte) ;
- d'extensions de lignes existantes : prolongement de la ligne 11 (reprenant une partie de la ligne orange), prolongement de la ligne 14 (ligne bleue).

Projet : la ligne de métro automatique entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy- Champs (tronçon sud de la ligne rouge). C'est le projet qui fait l'objet du présent dossier d'enquête publique. Il est présenté dans la pièce D du présent dossier.

Ainsi, en référence à la réglementation en vigueur et au périmètre de la DUP de la Ligne 15 Sud, il est convenu que le programme est constitué par le réseau de transport public du Grand Paris (RTPGP) tandis que le projet est constitué par la Ligne 15 Sud (lié à la demande de DUP). L'étude d'impact mise à jour sera donc réalisée sur le même périmètre (L15 Sud).

b. Conditions d'actualisation de l'étude d'impact :

Les conditions d'actualisation de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud sont précisées dans les documents suivants :

- Code de l'Environnement - Article R122-8 :

« (…) Quand un pétitionnaire dépose, pour un même projet, plusieurs demandes d'autorisation échelonnées dans le temps et nécessitant chacune la réalisation préalable d'une étude d'impact en application d'une ou plusieurs rubriques du tableau annexé à l'article R. 122-2, l'étude d'impact est, si nécessaire, actualisée et accompagnée du ou des avis précédemment délivrés par l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement. Ce ou ces avis sont alors actualisés au regard des évolutions de l'étude d'impact ».

- Avis de l'Autorité Environnementale du 26/08/10 (pour l'évaluation environnementale du programme d'ensemble du RTPGP) - Chapitre 1.2.2 :

« La loi du 3 juin 2010, comme le dossier de débat public (cf. notamment § 5.2, p 179), fait à juste titre la distinction entre l'évaluation environnementale du programme d'ensemble, objet du présent avis, et les procédures d'instruction ultérieure de chacun des projets particuliers de mise en œuvre (lignes ou tronçons du réseau) : ceux-ci donneront lieu, le moment venu, à des évaluations environnementales plus précises, soumises à leur tour à un avis spécifique de l'AE, avant enquête publique, dans le cadre législatif et règlementaire classique qui s'impose aux projets (…) ».

- Avis de l'Autorité environnementale du 10/07/13 (Etude d'impact de la L15 Sud) – Chapitre 1.3 :

« La définition du programme initial « réseau de transport du Grand Paris » résultait de la loi n° 2010-5 97 du 3 juin 2010 sur le Grand Paris. Celle-ci avait prévu explicitement dans son article 3 :

- l'établissement d'une évaluation environnementale du réseau, en tant que « plan ou programme », réalisée avant le débat public organisé sur ce projet de réseau ;

- le recueil de l'avis de la formation d'Autorité environnementale du CGEDD (Ae) : cet avis a été émis le 26 août 2010 ;

- après le débat public (simultané, d'après les prescriptions de la loi, avec celui du projet « Arc Express »), une décision quant au tracé définitif du réseau ;

- l'obligation d'établir ensuite, sur chaque tronçon du réseau, une évaluation environnementale du « projet », soumise à l'avis de l'Ae avant la déclaration d'utilité publique (DUP) correspondante : c'est en application de cette prescription qu'est établi le présent avis.

(…) Ces procédures, dont le maître d'ouvrage indique qu'elles seront menées après la DUP, ne sont pas couvertes par le présent dossier. En application de l'article R. 122-8 du code de l'environnement, elles pourront nécessiter l'actualisation de l'étude d'impact et une nouvelle saisine de l'autorité environnementale. Au sein de la présente étude d'impact, les questions environnementales relevant de la réglementation relative à ces études doivent toutefois être traitées avec le degré de détail nécessaire ».

In fine, l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud (datée de juillet 2012) sera actualisée sur le même périmètre d'étude et au travers des données techniques disponibles (dossiers au stade « avant-projet »).

L'instruction administrative de cette étude d'impact « L15 Sud - mise à jour » passera notamment par la saisine de l'Autorité environnementale du CGEDD qui émettra un avis spécifique.

c. Conditions de mutualisation de l'étude d'impact :

Les conditions de mutualisation de l'étude d'impact « L15 Sud - mise à jour », pour les autres procédures qui seront menées en parallèle sont :

- Code de l'Environnement - Article R122-7 :

« I.- L'autorité compétente pour prendre la décision d'autorisation, d'approbation ou d'exécution des travaux, de l'ouvrage ou de l'aménagement projetés transmet pour avis le dossier comprenant l'étude d'impact et le dossier de demande d'autorisation à l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement définie à l'article R122-6.

Celle-ci se prononce par un avis unique lorsqu'elle est saisie simultanément de plusieurs projets concourant à la réalisation d'un même programme de travaux (…) ».

- Code de l'Urbanisme – Article R*423-55 :

« Lorsque le projet est soumis à étude d'impact, l'autorité compétente recueille l'avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement en vertu de l'article L122-1 du Code de l'Environnement si cet avis n'a pas été émis dans le cadre d'une autre procédure portant sur le même projet ».

Ainsi, l'avis de l'Autorité environnementale qui sera établi dans le cadre de l'instruction administrative de l'étude d'impact « L15 Sud - mise à jour » intégrera les gares constitutives du projet, permettant à ce titre de joindre ce même avis de l'AE aux dossiers de demande de permis de construire.

2) Dossier « Loi sur l'Eau » :

a. Conditions de réalisation du dossier « Loi sur l'Eau » :

Les conditions de réalisation d'un dossier « Loi sur l'Eau » sont précisées dans les documents suivants :

- Code de l'Environnement - Article L214-1 :

« Sont soumis aux dispositions des articles L. 214-2 à L. 214-6 les installations ne figurant pas à la nomenclature des installations classées, les ouvrages, travaux et activités réalisés à des fins non domestiques par toute personne physique ou morale, publique ou privée, et entraînant des prélèvements sur les eaux superficielles ou souterraines, restitués ou non, une modification du niveau ou du mode d'écoulement des eaux, la destruction de frayères, de zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole ou des déversements, écoulements, rejets ou dépôts directs ou indirects, chroniques ou épisodiques, même non polluants.

Toutefois, ne sont pas soumises aux dispositions des articles L. 214-3 à L. 214-6 les canalisations de transport mentionnées à l'article L. 555-1. »

- Code de l'Environnement - Article R214-42 :

« Si plusieurs ouvrages, installations, catégories de travaux ou d'activités doivent être réalisés par la même personne sur le même site, une seule demande d'autorisation ou une seule déclaration peut être présentée pour l'ensemble de ces installations.

Il en est obligatoirement ainsi lorsque les ouvrages, installations, travaux ou activités envisagés dépendent de la même personne, de la même exploitation ou du même établissement et concernent le même milieu aquatique, si leur ensemble dépasse le seuil fixé par la nomenclature des opérations ou activités soumises à autorisation ou à déclaration, alors même que, pris individuellement, ils sont en dessous du seuil prévu par la nomenclature, que leur réalisation soit simultanée ou successive.

La demande d'autorisation fait alors l'objet d'une seule enquête.

Le préfet peut, par un seul arrêté, selon le cas, statuer sur l'ensemble et fixer les prescriptions prévues aux articles R. 214-15 et R. 214-16 ou fixer les prescriptions prévues aux articles R. 214-35 et R. 214-39 ».

In fine, les prescriptions réglementaires imposent au maître d'ouvrage de réaliser sa demande d'autorisation « Loi sur l'Eau » pour la totalité de ses installations, ouvrages, travaux, activités (IOTA) sur lesquels il intervient, dans le cadre de son projet.

- Code de l'Environnement - Article R214-43 :

« Plusieurs demandes d'autorisation ou plusieurs déclarations relatives à des opérations connexes ou relevant de la même activité peuvent faire l'objet d'une procédure commune lorsque ces opérations sont situées dans un sous-bassin ou un groupement de sous-bassins correspondant à une unité hydrographique ou à un système aquifère cohérent.

Les demandes d'autorisation groupées ou les déclarations groupées sont faites par un mandataire qui peut être la chambre d'agriculture.

Le dossier fait apparaître les informations exigées de chaque maître d'ouvrage et précise les obligations qui lui incombent.

Les demandes d'autorisation font alors l'objet d'une seule enquête.

Le préfet peut, par un seul arrêté, selon le cas, statuer sur l'ensemble et fixer les prescriptions prévues aux articles R. 214-15 et R. 214-16 ou fixer les prescriptions prévues aux articles R. 214-35 et R. 214-39. A défaut de précision, les prescriptions sont applicables solidairement à tous les maîtres d'ouvrage. »

Sur la base de l'article R214-43, la réglementation permet d'intégrer les ouvrages d'un projet « tiers » dans le périmètre du dossier « Loi sur l'Eau » réalisé par un maître d'ouvrage « unique ».

En l'occurrence, les « interconnexions » (ex : couloirs de correspondances) entre RATP et SGP pourront être inclues dans le dossier « Loi sur l'Eau » mené par la SGP (sur la base des données techniques fournies par le maître d'ouvrage tiers, après mise en conformité technique entre les maîtres d'ouvrage et d'œuvre).

Pour cela, le cas échéant, les prescriptions liées au code de l'environnement (partie « Loi sur l'Eau ») seront distinguées pour chaque maître d'ouvrage (SGP et RATP) au sein du dossier « Loi sur l'Eau » mené par la SGP ainsi que dans le(s) futur(s) arrêté(s) préfectoral (aux).

A contrario, il convient de noter qu'en raison de leur nature et de leur inscription dans un calendrier d'études différent de celui des infrastructures ferroviaires de la Ligne 15 Sud, les projets connexes ne seront pas intégrés (au sens de la « Loi sur l'Eau » - Code de l'Environnement) au dossier unique « EI-DLE Ligne 15 Sud » ; seuls les principes généraux d'aménagement y seront présentés.

b. Conditions d'articulation du dossier « Loi sur l'Eau » avec l'étude d'impact :

Les conditions d'articulation du dossier « Loi sur l'Eau » avec l'étude d'impact « L15 Sud - mise à jour » sont précisées dans les documents suivants :

- Code de l'Environnement - Article R122-5 :

« (…) V.- Pour les travaux, ouvrages ou aménagements soumis à autorisation en application du titre Ier du livre II, l'étude d'impact vaut document d'incidences si elle contient les éléments exigés pour ce document par l'article R. 214-6 (…) ».

- Code de l'Environnement - Article R214-6 – 4° :

« (…) Lorsqu'une étude d'impact est exigée en application des articles R122-2 et R122-3, elle est jointe à ce document, qu'elle remplace si elle contient les informations demandées ; (…) ».

Ainsi, l'étude d'impact « L15 Sud - mise à jour » constituera un « Dossier unique – Etude d'impact / dossier Loi sur l'Eau ».

3) Organisation d'une enquête publique unique

Les conditions d'organisation d'une enquête publique unique pour les dossiers réglementaires relatifs à la Ligne 15 Sud sont précisées dans les documents suivants :

- Code de l'Environnement - article L123-6 :

« I. - Lorsque la réalisation d'un projet, plan ou programme est soumise à l'organisation de plusieurs enquêtes publiques dont l'une au moins en application de l'article L123-2, il peut être procédé à une enquête unique régie par le présent chapitre, dès lors que les autorités compétentes désignent d'un commun accord celle qui sera chargée d'ouvrir et d'organiser cette enquête (…) ».

In fine, dans la mesure où les dossiers de demandes de permis de construire et les dossiers réglementaires « Codes de l'Environnement et Forestier » ont été instruits de manière « corrélée », l'organisation d'une enquête publique « unique » pourrait être menée si l'organisation de celle-ci inclue dans son périmètre ces deux types de demandes d'autorisations (au titre du Code de l'Urbanisme et Codes de l'Environnement/Forestier).

- Code de l'Urbanisme – Article R*423-58 :

« Lorsque le projet a précédemment fait l'objet d'une enquête publique dans les conditions prévues par les articles R. 123-7 à R. 123-23 du code de l'environnement ou par les articles R. 11-14-1 et suivants du code de l'expropriation pour cause d'utilité publique et que l'avis de mise à l'enquête indiquait que celle-ci portait également sur la construction projetée, il n'y a pas lieu à nouvelle enquête au titre du permis de construire ou d'aménager, sauf si le projet a subi des modifications substantielles après la clôture de l'enquête ».

In fine, les conditions de réalisation d'une enquête publique unique pour les différentes procédures liées à la Ligne 15 Sud seront à valider afin de consolider le déroulement des instructions administratives.

4) Spécificités techniques liées au projet

En référence aux différentes prescriptions réglementaires précédemment présentées (article R122-8 du Code de l'Environnement notamment), les données « projet » utilisées pour constituer les dossiers réglementaires au titre du Code de l'Environnement devront être considérées comme stabilisées.

En effet, les évolutions entre les données techniques stabilisées et les études techniques à venir (phase PRO notamment) devront être considérées comme mineures afin de ne pas être considérées comme des modifications substantielles au titre du Code de l'Environnement.

Ainsi, les données techniques qui seront utilisées pour la constitution des dossiers réglementaires au titre des codes de l'environnement et forestier (Etude d'impact, dossier « Loi sur l'Eau, dossier « ICPE », dossier défrichement, dossier « CNPN », …) seront celles de l'AVP-b.

1.5 Auteurs des études

Pour la réalisation du dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau et de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud, la Société du Grand Paris s'est appuyée sur plusieurs bureaux d'étude, afin de s'assurer que les thématiques environnementales sont bien traitées par des spécialistes.

BURGEAP – Agence Ile-de-France – 27 rue de Vanves 92772 BOULOGNE-BILLANCOURT cedex

Équipe projet BURGEAP – Mandataire du groupement

BURGEAP	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu physique – surface du sol : Climatologie, Géomorphologie et topographie, Eaux superficielles Milieu physique – sous-sol : Pédologie, Géologie, Risques géologiques, Hydrogéologie, Occupation du sous-sol, Gestion des terres Milieu humain : Urbanisme réglementaire, Risques technologiques
Directeur d'étude	Hugues THOMAS
Chef de Projet	Hugues THOMAS
Hydrogéologues	Laurent PYOT / Claire MEILLON / François AUMOND / Didier VANDENBERGHE
Sols pollués	Caroline ABID / Alix BENHAMOU / Muriel PROST
Eaux superficielles	Romain LABORDE / Anthonin GUILLON / Louis CHARLERY / Hugues THOMAS
Risques technologiques	Jean Paul LENGLET / Nicolas ALMOSNI
Infrastructures Bâtiment	Nicolas ALMOSNI
Urbanisme réglementaire	Nicolas ALMOSNI
Cartographe	Marion MIGLIORETTI
Relecteur qualité	Jean François KALCK

BIOTOPE – Agence Bassin Parisien – 25 impasse Mousset 75012 PARIS

Équipe projet BIOTOPE

biotope	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Naturel et Paysager : Faune-Flore et milieux naturels, Milieux agricoles, Paysage, Patrimoine Architectural et archéologique
Directrice d'étude – coordination	Claire POINSOT
Chef de projets	Céline BRUN, Émeline FAVE
Chef de projets adjoint	Charlène PAGES
Faunistes	Franck LETERME, Julien TRANCHARD, Antonin DHELLEMME, Marion JAOUEN, Etienne BRAURE, Yann CARASCO, Michel-Ange BOUCHET, Etienne HUBERT
Botaniste	Solenne LEJEUNE, Sabine BEUTIN, Antoine RAVARY, Damien AVRIL
Ingénieur forestier	Raquel RODRIGUEZ
Cartographes – SIGistes	Marine DUMAS / Raquel RODRIGUEZ
Paysagistes	Nathalie MENARD, Sébastien DUROT
Relecteurs qualité	Claire POINSOT, Céline BRUN

STRATEC – Avenue Adolphe Lacomblé 69-71 boîte 8 – 1030 Bruxelles – Belgique

Équipe projet STRATEC

stratec	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Humain : Population, emploi et urbanisme, Mobilité, Énergie et gaz à effet de serre, Environnement sonore, Santé et sécurité
Directeur d'étude	Hugues DUCHATEAU
Chef de projets	Pierre-Yves ANCION
Mobilité	Louis DUVIGNEAUD, Jeoffrey HONORE
Démographie, population, emploi	Éléonore BARANGER, Antoine MARTIN
Air, Énergie, Climat, Santé	Pierre-Yves ANCION

ASM ACOUSTICS – Rue des Palais 44 – B36 – 1030 Bruxelles – Belgique

Équipe projet ASM ACOUSTICS

ASM Acoustics	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Environnement sonore : Bruit
Directeur d'étude	Naïma GAMBLIN

SOLDATA ACOUSTIC – 66 Bd Niels Bohr BP 52132 – 69603 VILLEURBANNE CEDEX

Équipe projet SOLDATA

SOLDATA ACOUSTIC	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Humain : Environnement vibratoire
Directeur d'étude	Frédéric DELAFOSSE
Chef de projet	Amandine MOULIN
Ingénieur Modélisation	Giovanni FAROTTO
Relecteur qualité	Alexis BOGOT

EMITECH – 66 Bd Niels Bohr BP 52132 – 69603 VILLEURBANNE CEDEX

Équipe projet EMITECH

EMITECH	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Humain : Ondes électromagnétiques
Directeur d'étude	Jean Charles BOGA
Chef de projet	Adrien DORIDANT
Techicienne	Alexandra BERNARD

AGENCE BABYLONE – 56 rue de Paradis – 75010 PARIS

Équipe projet AGENCE BABYLONE

agence BABYLONE	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Naturel et Paysager : Paysage, patrimoine
Directeur d'étude	Adrien FOURES

1.6 Présentation des aires d'études

Pour l'élaboration de l'étude d'impact, les études se sont appuyées, selon les thématiques environnementales, sur deux aires d'études.

- Une aire d'étude locale dite de base qui correspond à un fuseau de 500 mètres de part et d'autre du projet retenu. L'aire d'étude comprend également les périmètres étudiés dans le cadre de la procédure de DUP des premières variantes d'implantation des ouvrages. Cela explique les zones supplémentaires comprises dans l'aire d'étude dite de base.

  Cette aire d'étude est utilisée pour la majorité des thématiques environnementales traitées.

  Des zooms à l'échelle d'ouvrages spécifiques sont également réalisés pour des analyses détaillées d'impacts du projet sur l'environnement.

- Une échelle plus large, à l'échelle du Grand Paris Express et de la région. Cette échelle est nécessaire pour l'étude de certaines thématiques pour lesquelles une approche trop locale n'est pas pertinente. Il s'agit notamment des questions liées à l'énergie, à la qualité de l'air, aux déplacements des franciliens, au fonctionnement hydrogéologique.

L'aire d'étude locale dite de base est présentée sur les cartographies de la rubrique « 3. Emplacement sur lequel les travaux doivent être effectués » du présent document. Elle apparait également sur l'ensemble des cartographies insérées dans l'étude d'impact jointe au présent dossier.

1.7 Durée de l'autorisation Loi sur l'Eau

En termes de durée de travaux et d'exploitation, la Société du Grand Paris sollicite une autorisation au titre de la Loi sur l'Eau pour les durées suivantes :

- La durée d'exploitation prévue est indéfinie, supérieure à 50 ans ;
- La durée du chantier d'une gare est de 3 à 4 ans, de l'installation du chantier à la fin des derniers aménagements extérieurs ;
- La durée du chantier d'un ouvrage annexe est de 1 an environ, de l'installation du chantier à la fin des aménagements extérieurs.

Pour le chantier, quelques exceptions aux éléments ci-dessus :

- OA Ile de Monsieur et plateforme portuaire associée : le puits d'attaque de tunnelier est prévu pour fonctionner avec la Ligne 15 Sud et la ligne 15 ouest. L'OA sera mis en œuvre une fois la fonction de puits d'attaque terminée. Les installations de tunnelier sont prévues pour fonctionner 7 à 8 ans, dont environ 4 ans pour la Ligne 15 Sud ;
- OA Friche Arrighi et plateforme portuaire associée : le puits d'attaque de tunnelier est prévu pour fonctionner avec 2 tunneliers de la Ligne 15 Sud. L'OA sera mis en œuvre une fois la fonction de puits d'attaque terminée. Les installations de tunnelier sont prévues pour fonctionner environ 3 ans ;
- La durée du chantier d'un site de maintenance est de 2 à 3 ans.

2. Nom et adresse du demandeur

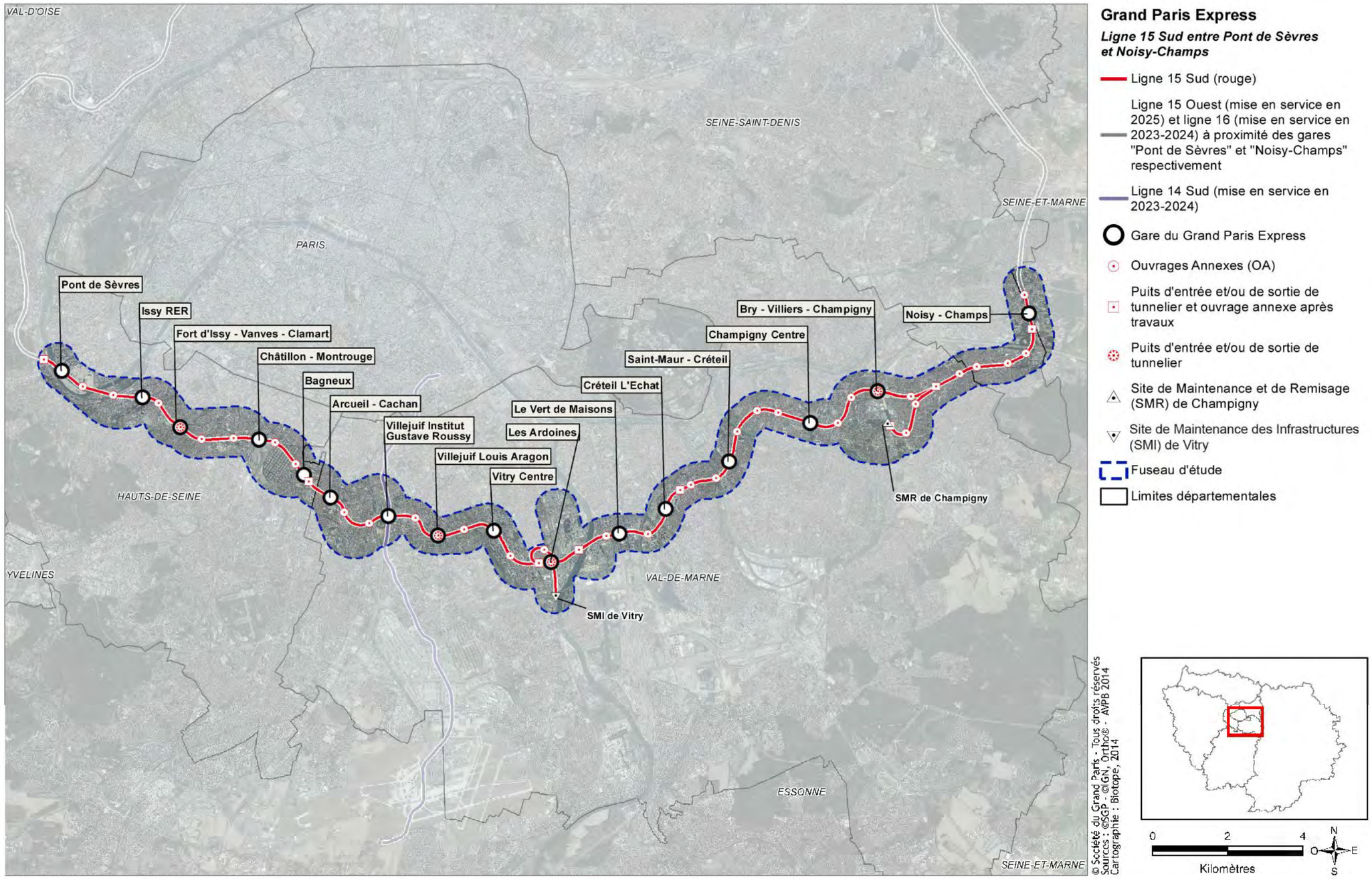
La présente demande d'autorisation est présentée par :

SOCIETE DU GRAND PARIS
IMMEUBLE LE CEZANNE
30 AV DES FRUITIERS
93 200 Saint-Denis
(SIRET : 525 046 017 00030)

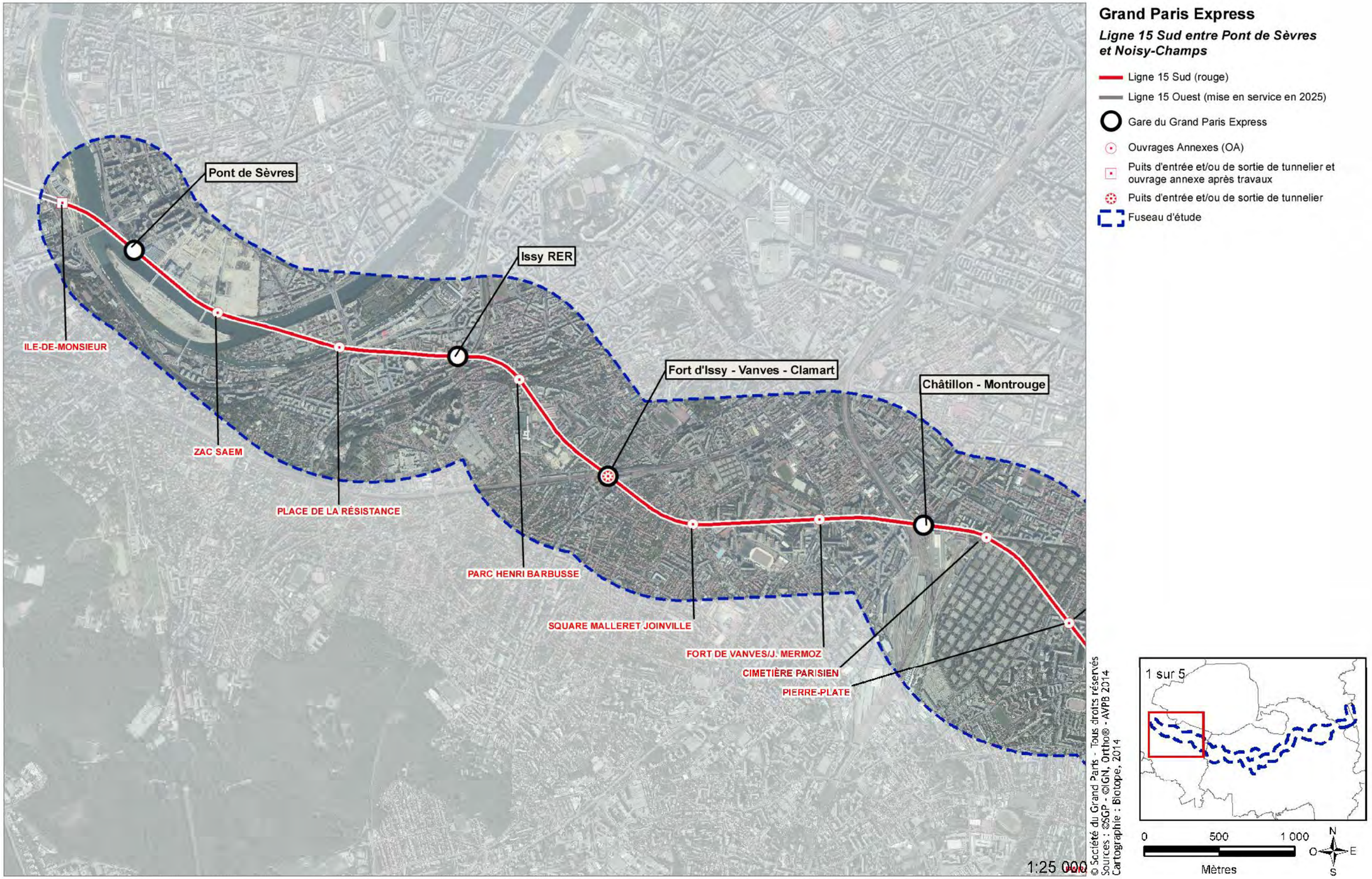
3. Emplacements sur lesquels les travaux doivent être effectués

3.1 Emplacement général – Représentation cartographique

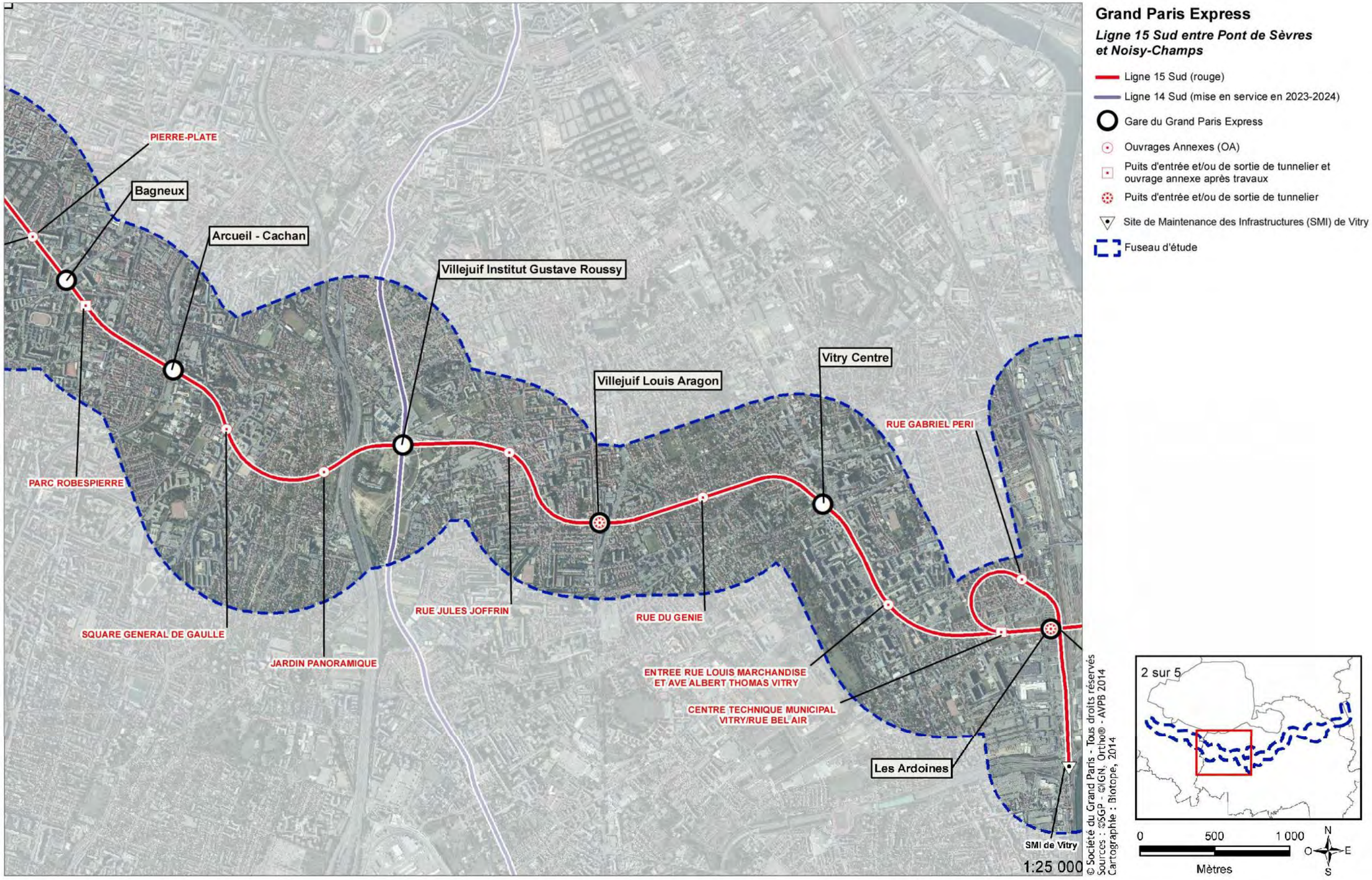
Ligne 15 Sud (rouge) - Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares



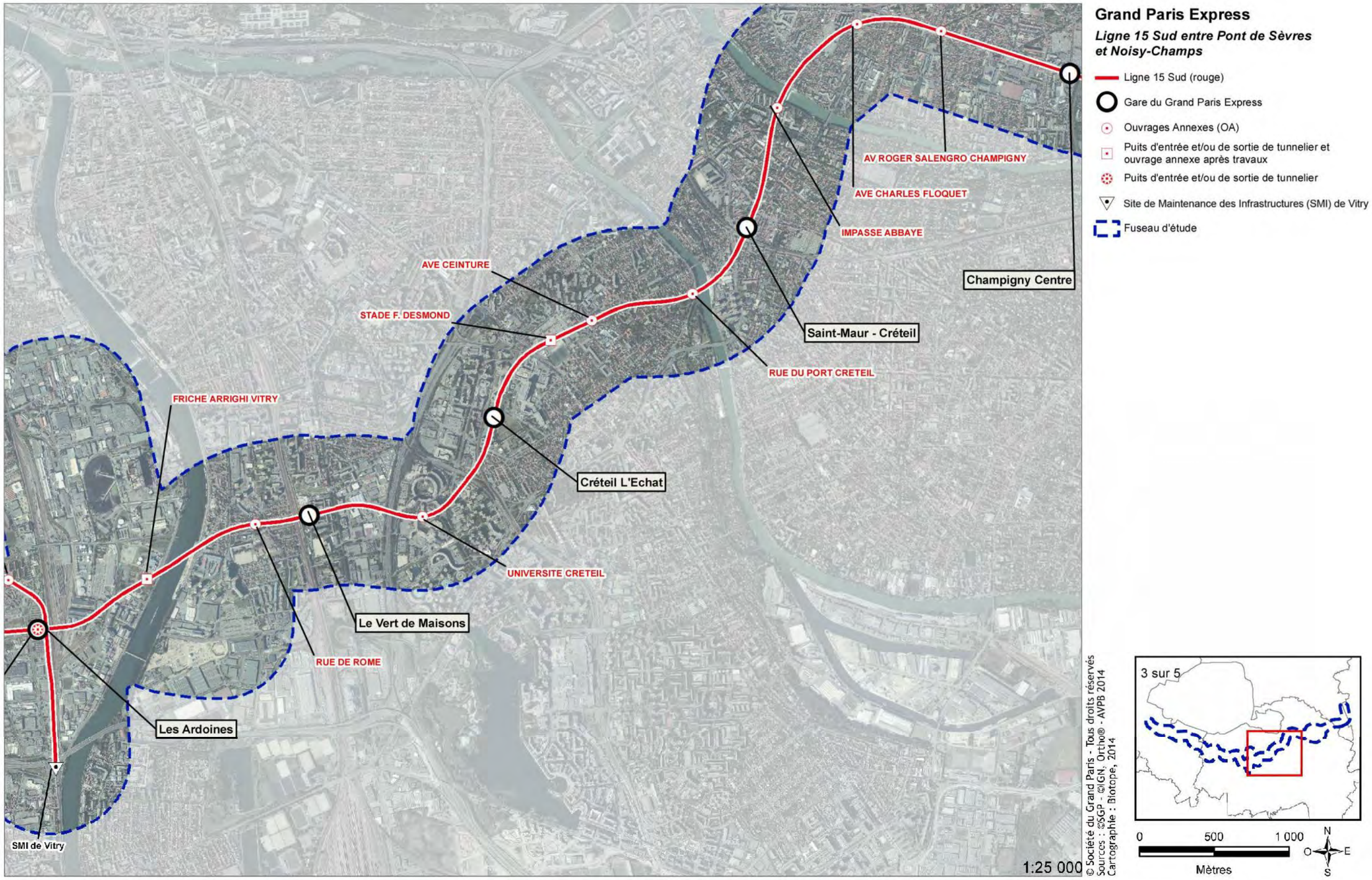
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Ile de Monsieur – Châtillon-Montrouge



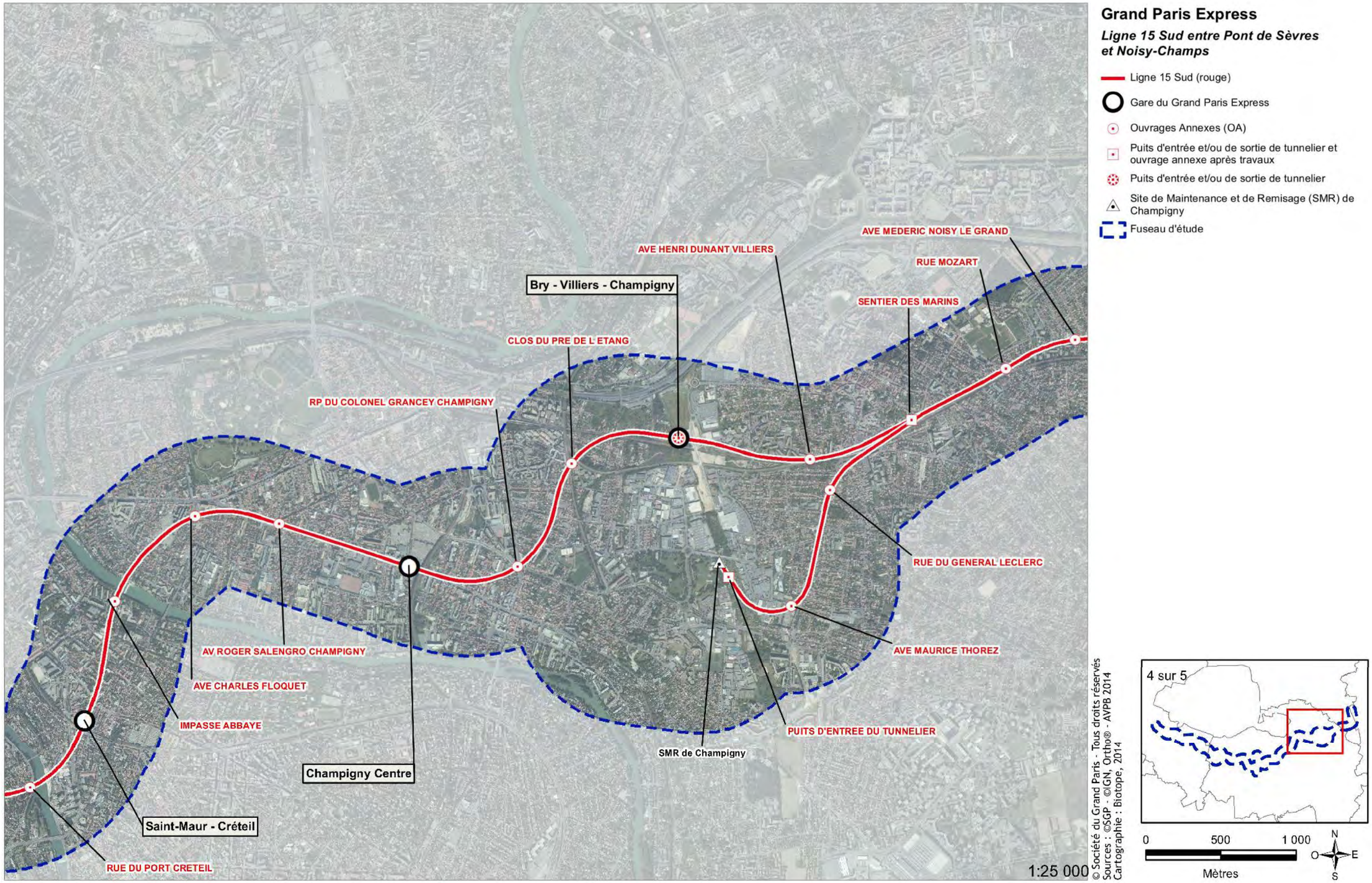
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Bagneux – Les Ardoines



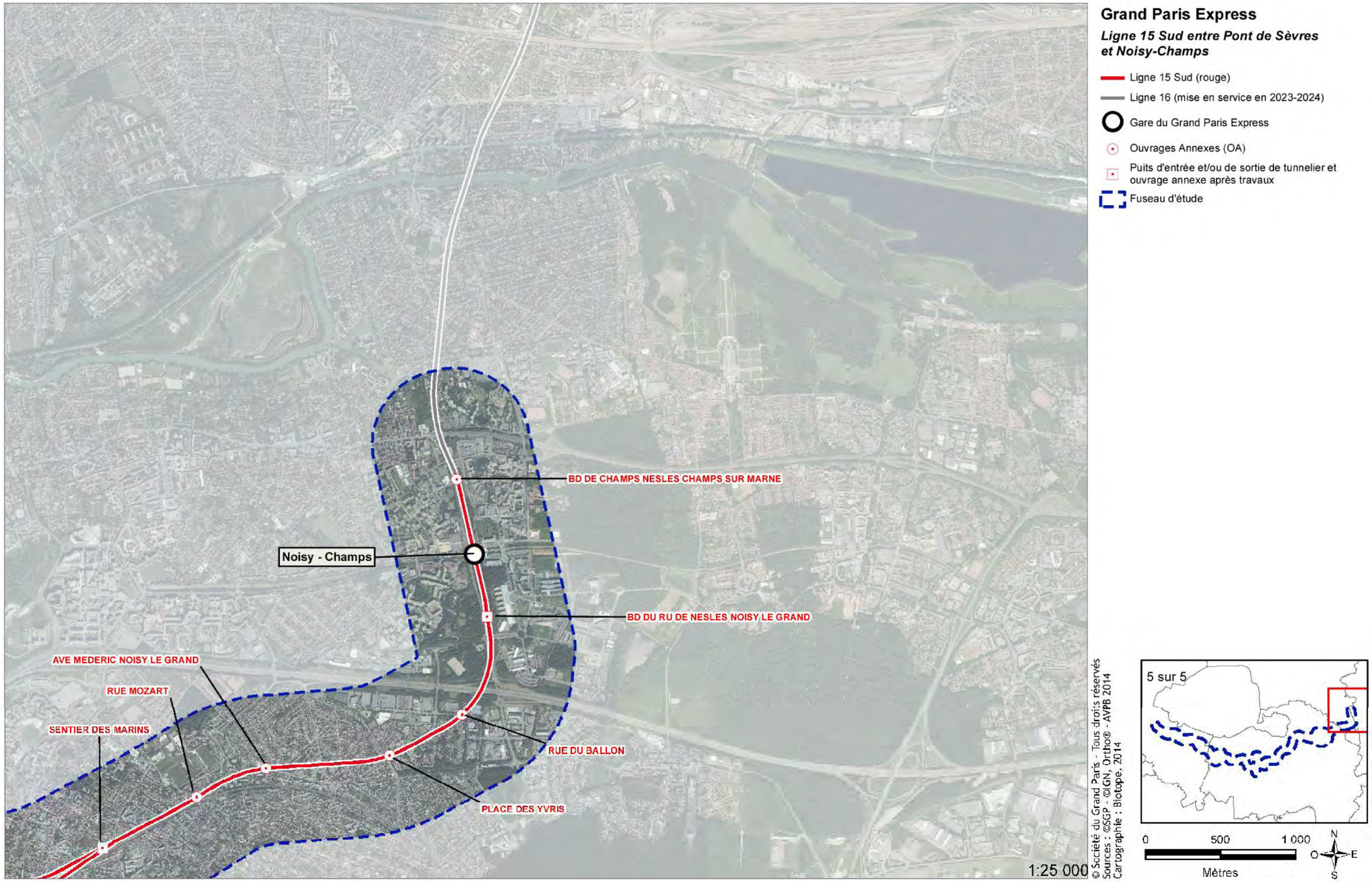
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Les Ardoines – Champigny Centre



Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny



Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Bry Villiers Champigny – Noisy-Champs



3.2 Emplacement des ouvrages – Position géographique

La Ligne 15 Sud concerne le territoire de quatre départements :

- Les Hauts-de-Seine pour la partie Ouest, de l'Ile de Monsieur à Bagneux ;
- Le Val-de-Marne, pour l'essentiel de la partie Est, de Cachan à Villiers sur Marne ;
- La Seine-Saint-Denis au niveau de la gare de Noisy-Champs ;
- La Seine-et-Marne au niveau de la gare de Noisy-Champs.

Le tableau présenté ci-dessous précise les informations suivantes pour chaque ouvrage :

- La codification de l'ouvrage ;
- Le nom usuel de l'ouvrage ;
- Le type d'ouvrage : gare, ouvrage annexe (ou de sécurité), plate-forme fluviale, puits d'attaque de tunnelier puis ouvrage annexe, site de maintenance ;
- La commune concernée par l'implantation de l'ouvrage ;
- Le département concerné par l'implantation de l'ouvrage ;
- Les coordonnées géographiques de l'ouvrage.

Tableau récapitulatif des ouvrages - Ligne 15 Sud							
Codification		Nom de l'ouvrage	Type d'ouvrage	Commune	Département	Coordonnées Lambert 93 CC49 en m	
MOE	SGP					X	Y
OA-P13	2301P	Ile de Monsieur	Puits d'attaque tunnelier puis ouvrage annexe	Sèvres	92 – Hauts-de-Seine	643047	6859174
/	/	Ile de Monsieur	Plateforme portuaire associée au puits d'attaque de tunnelier	Sèvres	92 – Hauts-de-Seine	643047	6859174
PDS	PDS	Pont de Sèvres	Gare	Boulogne-Billancourt	92 – Hauts-de-Seine	643561	6858816
OA-P12	2203P	ZAC SAEM	Ouvrage annexe	Boulogne-Billancourt	92 – Hauts-de-Seine	643999	6858571
OA-P10	2201P	Place de la Résistance	Ouvrage annexe	Issy-les-Moulineaux	92 – Hauts-de-Seine	644850	6858215
ISS	ISS	Issy RER	Gare	Issy-les-Moulineaux	92 – Hauts-de-Seine	645650	6858138
OA-P9	2101P	Parc Henri Barbusse	Ouvrage annexe	Issy-les-Moulineaux	92 – Hauts-de-Seine	645997	6857958
FIC	FIC	Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Puits d'attaque de tunnelier devenant la gare	Clamart / Vanves / Issy-les-Moulineaux	92 – Hauts-de-Seine	646645	6857338
OA-P8	2002P	Square Malleret Joinville	Ouvrage annexe	Malakoff	92 – Hauts-de-Seine	647211	6857094
OA-P7	2001P	Fort de Vanves/Jean Mermoz	Ouvrage annexe	Malakoff	92 – Hauts-de-Seine	648060	6857069
CHM	CHM	Châtillon-Montrouge	Gare	Châtillon / Montrouge /Bagneux	92 – Hauts-de-Seine	648729	6856994
OA-P6	1902P	Cimetière parisien de Bagneux	Ouvrage annexe	Bagneux	92 – Hauts-de-Seine	649144	6856946
OA-P5	1901P	Pierre Plate	Ouvrage annexe	Bagneux	92 – Hauts-de-Seine	649750	6856399
BAG	BAG	Bagneux	Gare	Bagneux	92 – Hauts-de-Seine	649966	6856069
OA-P4	1801P	Parc Robespierre	Puits d'attaque tunnelier devenant ouvrage annexe	Bagneux	92 – Hauts-de-Seine	650063	6855970
ACA	ACA	Arcueil-Cachan	Gare	Cachan	94 – Val-de-Marne	650658	6855502
OA-P3	1702P	Square du Général de Gaulle	Ouvrage annexe	Cachan	94 – Val-de-Marne	650999	6855110
OA-P2	1701P	Jardin panoramique	Ouvrage annexe	Cachan	94 – Val-de-Marne	651670	6854778
IGR	IGR	Villejuif IGR	Gare	Villejuif	94 – Val-de-Marne	652670	6854968
OA-P1	1601P	J. Joffrin	Ouvrage annexe	Villejuif	94 – Val-de-Marne	652950	6854956
VLA	VLA	Villejuif Louis Aragon	Gare	Villejuif	94 – Val-de-Marne	653524	6854456

Tableau récapitulatif des ouvrages - Ligne 15 Sud							
Codification		Nom de l'ouvrage	Type d'ouvrage	Commune	Département	Coordonnées Lambert 93 CC49 en m	
MOE	SGP					X	Y
P23	1501P	Rue du Génie	Ouvrage annexe	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	654279	6854658
VIC	VIC	Vitry Centre	Gare	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	654987	6854608
P21	1402P	Rue Louis Marchandise / Avenue Albert Thomas	Ouvrage annexe	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	655456	6853904
P20	1401P	Centre technique municipal	Ouvrage annexe	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	656148	6853729
PS21	1404P	Rue Gabriel Peri	Ouvrage annexe	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	656350	6854097
SMI VITRY	SMI VITRY	SMI de Vitry	Site de Maintenance des Infrastructures	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	656612	6853127
ARD	ARD	Les Ardoines	Gare	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	656524	6853788
P19	1302P	Friche Arrighi	Puits d'attaque de tunnelier devenant ouvrage annexe	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	657264	6854075
/	/	Friche Arrghi	Plateforme portuaire associée au puits d'attaque de tunnelier	Vitry-sur-Seine	94 – Val-de-Marne	657264	6854075
P18	1301P	Rue de Rome	Ouvrage annexe	Alfortville	94 – Val-de-Marne	657954	6854398
VDM	VDM	Le Vert de Maisons	Gare	Maisons Alfort	94 – Val-de-Marne	658311	6854521
P17	1201P	Université de Créteil	Ouvrage annexe	Créteil	94 – Val-de-Marne	659096	6854490
CLE	CLE	Créteil l'Echât	Gare	Créteil	94 – Val-de-Marne	659576	6855210
P16	1103P	Stade F. Desmond	Puits d'attaque de tunnelier devenant ouvrage annexe	Créteil	94 – Val-de-Marne	659969	6855624
P15	1102P	Avenue de Ceinture	Ouvrage annexe	Créteil	94 – Val-de-Marne	660198	6855835
P14	1101P	Rue du Port	Ouvrage annexe	Créteil	94 – Val-de-Marne	660910	6856012
SMC	SMC	Saint-Maur Créteil	Gare	Saint-Maur-des-Fossés	94 – Val-de-Marne	661244	6856436
P13	1003P	Impasse de l'Abbaye	Ouvrage annexe	Saint-Maur-des-Fossés	94 – Val-de-Marne	661462	6857265
P12	1002P	Avenue Charles Floquet	Ouvrage annexe	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	661983	6857284
P11	1001P	Avenue Roger Salengro	Ouvrage annexe	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	662568	6857725
CHC	CHC	Champigny Centre	Gare	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	663446	6857471

Tableau récapitulatif des ouvrages - Ligne 15 Sud							
Codification		Nom de l'ouvrage	Type d'ouvrage	Commune	Département	Coordonnées Lambert 93 CC49 en m	
MOE	SGP					X	Y
P10	0902P	Rond Point du Colonel Grancey	Ouvrage annexe	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	664172	6857466
P9	0901P	Clos du Pré de l'Etang	Ouvrage annexe	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	664517	6858185
BVC	BVC	Bry Villiers Champigny	Puits d'attaque de tunnelier devenant la gare	Villiers-sur-Marne Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	665242	6858322
P8	0808P	Av. Henri Dunant	Ouvrage annexe	Villiers-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	666127	6858191
SMR CHAMPIGNY	SMR CHAMPIGNY	SMR de Champigny	Site de Maintenance et de Remisage	Champigny-sur-Marne Villiers-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	665338	6857784
PS13	0813P	Puits d'entrée tunnelier	Ouvrage annexe	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	665480	6857455
PS12	0811P	Av. Maurice Thorez	Ouvrage annexe	Champigny-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	665965	6857220
PS11	0810P	Rue du Général Leclerc	Ouvrage annexe	Villiers-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	666220	6857952
P7	0807P	Sentier des Marins	Ouvrage annexe	Villiers-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	666785	6858437
P6	0806P	Rue Mozart	Ouvrage annexe	Villiers-sur-Marne	94 – Val-de-Marne	667410	6858762
P5	0805P	Av. Médéric	Ouvrage annexe	Noisy-le-Grand	93 – Seine-Saint- Denis	667856	6858943
P4	0804P	Place des Yvris	Ouvrage annexe	Noisy-le-Grand	93 – Seine-Saint-Denis	668663	6859036
P3	0803P	Rue du Ballon	Ouvrage annexe	Noisy-le-Grand	93 – Seine-Saint-Denis	669172	6859315
P2	0802P	Boulevard Ru de Nesle	Puits d'attaque tunnelier devenant ouvrage annexe	Noisy-le-Grand	93 – Seine-Saint-Denis	669318	6859995
NCH	NCH	Noisy-Champs	Gare	Noisy-le-Grand Champs-sur-Marne	93 – Seine-Saint-Denis 77 – Seine-et-Marne	669229	6860407
P1	0801P	Boulevard Champs de Nelse	Ouvrage annexe	Champs-sur-Marne	77 – Seine-et-Marne	669140	6860896

4. Nature, consistance, volume et objet des travaux

4.1 Les principaux types d'ouvrages et leurs caractéristiques

Une ligne de métro souterrain nécessite plusieurs types d'ouvrages pour assurer son bon fonctionnement.

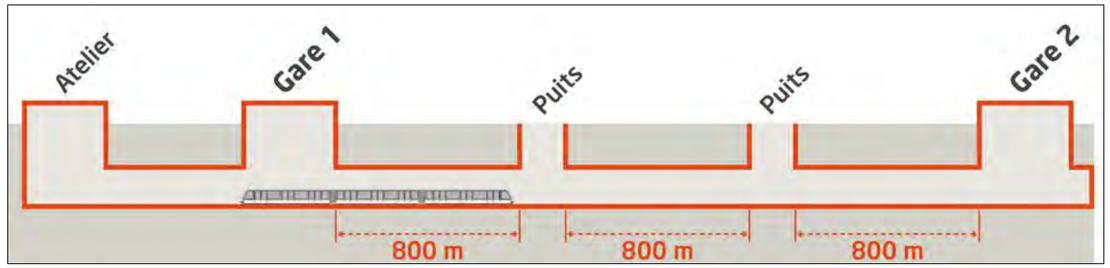


Schéma de principe d'une ligne de métro souterrain

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit la construction et l'exploitation des ouvrages suivants :

- 33 kilomètres de tunnel. Du fait du recours à la méthode de creusement au tunnelier, des puits d'entrée et de sortie de ces équipements sont nécessaires ;
- 16 gares qui permettent d'assurer l'entrée et la sortie des usagers entre l'infrastructure souterraine. Ces gares comprennent des services pour assurer le confort des usagers ;
- 38 ouvrages annexes qui permettent d'assurer la sécurité du dispositif. En application de la réglementation, ces ouvrages sont nécessaires tous les 800 mètres le long de la ligne. 3 d'entre d'eux sont considérés comme spéciaux (entonnement, débranchement…) ;
- 2 sites de maintenance, ces installations industrielles permettent d'assurer la maintenance de l'infrastructure et des trains ;
- 3 plates-formes fluviales. Au vu de la quantité de déblais liés aux phases de creusement du tunnel, des plates-formes fluviales sont prévues à proximité de la Seine pour assurer une évacuation des déblais par barges, et ainsi limiter le recours aux camions ;
- 2 plates-formes ferroviaires. Elles permettent l'évacuation des déblais au niveau de Bry-Villiers-Champigny et de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.



Vue de principe d'un tunnel de métro

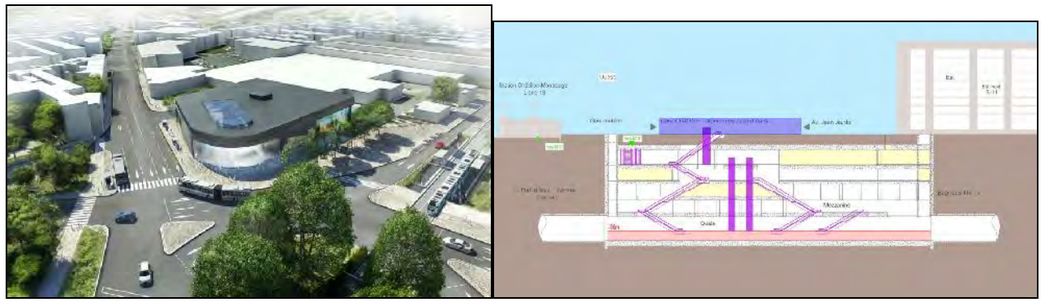


Schéma et vues de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud



Vues de principe d'un ouvrage annexe



Vue de principe d'un site de maintenance

4.1.1 Le tunnel et les puits de tunnelier

La section courante du tunnel ferroviaire réalisé dans le cadre du projet permet l'installation de deux voies de circulation. Le tunnel a un diamètre extérieur de 10 mètres environ.

La géométrie du tunnel est limitée par différentes contraintes :

- les possibilités techniques de déplacement du tunnelier (la majorité du tracé souterrain étant creusée au tunnelier),
- les contraintes de tracé imposées par la circulation du matériel roulant,
- les contraintes imposées par la recherche du confort des usagers.

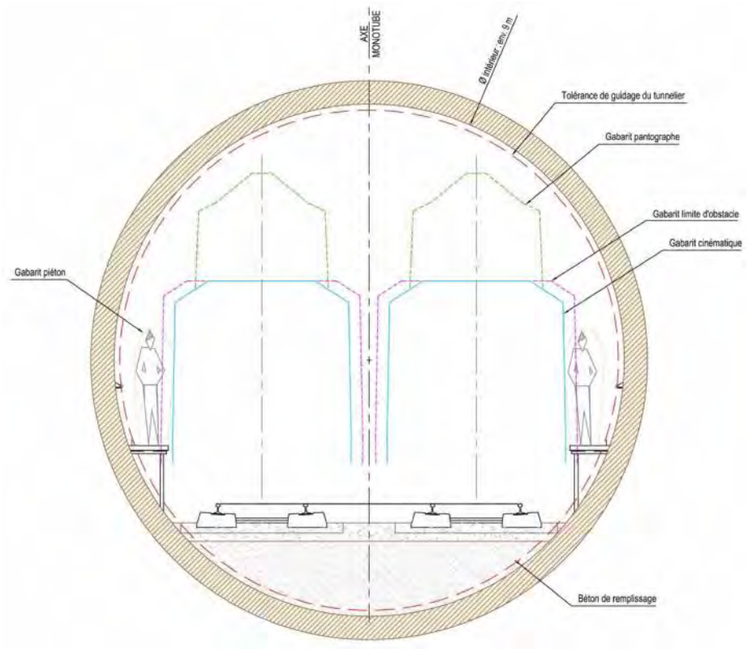
Les grands principes de conception retenus sur le projet sont présentés ci-après :

- Afin de maximiser les sections de tracé sur lesquelles les trains pourront circuler à vitesse maximale (objectif de vitesse maximale d'au moins 110 km/h), le tracé nominal en plan est généralement conçu avec des courbes d'un rayon minimal de 600 mètres. Une réduction de la valeur de ce rayon impose en effet une diminution de la vitesse de circulation des trains.
- En section courante, les pentes du tunnel ne doivent pas dépasser 4%.
- Le dévers maximum en profil en travers est fixé à 160 mm.
- Au droit des gares, le tracé est en alignement droit, et la pente est nulle.

Localement et à titre exceptionnel, il peut être envisagé de déroger à ces valeurs de référence pour résoudre des contraintes d'insertion particulière du tracé ou du profil en long.



Photo d'un tunnelier



Coupe type du tunnel bivoie en alignement droit

Afin notamment de minimiser la durée des travaux, la partie courante du tunnel est réalisée sur l'intégralité de sa longueur au tunnelier. Celui-ci peut être à pression de boue ou à pression de terre selon la nature des terrains rencontrés.

Le tunnelier est un engin de forage permettant de creuser au moyen d'une tête rotative les terrains tout en les maintenant sous pression afin d'assurer la stabilité des sols et des ouvrages environnants lors du creusement. Cet engin, dont la longueur totale avec tous les équipements auxiliaires peut atteindre 100 mètres, présente un diamètre extérieur de l'ordre de 10 mètres.

Il assure plusieurs fonctions :

- creusement du terrain,
- mise en pression du front d'attaque,
- montage du revêtement définitif du tunnel,
- évacuation des déblais.

Le tunnelier est constitué de différentes parties aux fonctionnalités bien définies :

- La roue de coupe (ou tête d'abattage) fixée à l'avant du bouclier est une pièce rotative équipée de multiples molettes de coupes, de pics et de couteaux, permettant une excavation efficace des sols dans les terrains de toute nature ;
- La chambre d'abattage, cavité située entre la roue de coupe et le bouclier, reçoit les terres excavées par la roue de coupe tout en les maintenant à une pression suffisante pour résister à la pression exercée par le terrain et l'eau de la nappe, assurant ainsi la stabilité du front d'attaque ;
- Le bouclier, pièce maîtresse de la structure du tunnelier, est la cloison étanche et résistante qui sépare la chambre d'abattage, sous pression, de la partie arrière du tunnelier et du tunnel déjà réalisé, qui sont à la pression atmosphérique. Il regroupe les systèmes permettant d'extraire les déblais, de faire tourner la roue de coupe et de faire avancer le

tunnelier. En particulier, les vérins de poussée s'appuient sur le dernier anneau posé du tunnel pour faire avancer le tunnelier ;

- La jupe est placée derrière le bouclier. Elle a pour fonction de contenir les terres et, sous sa protection, de poser à l'avancement le revêtement définitif du tunnel (voussoirs) de façon semi-automatisée au moyen de l'anneau érecteur ;
- Le train suiveur, composé d'un certain nombre d'éléments (ou remorques) accrochés au tunnelier, assure toutes les fonctions vitales nécessaires au bon fonctionnement du tunnelier, en particulier la distribution d'énergie. Il est l'interface entre le tunnelier et toute sa logistique arrière, assurée par les véhicules d'approvisionnement.

  Le train suiveur possède une cabine de pilotage, un poste de transformation et de distribution électrique, des pompes hydrauliques et cuves à huile pour alimenter les vérins, des cuves et pompes de transfert du mortier de bourrage, des installations de ventilation afin de garantir la qualité de l'air dans le tunnel, et l'ensemble des équipements permettant d'assurer la sécurité du personnel et des installations.

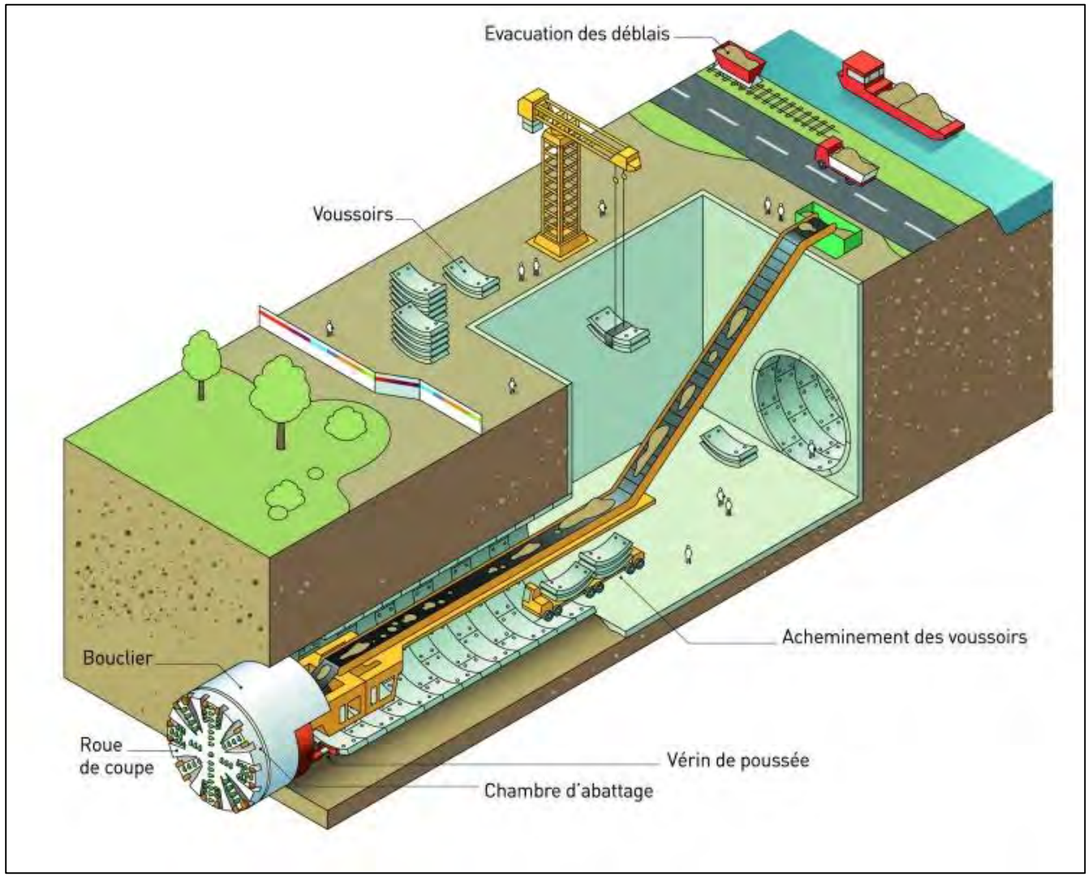


Schéma de fonctionnement d'un tunnelier et d'un puits de départ

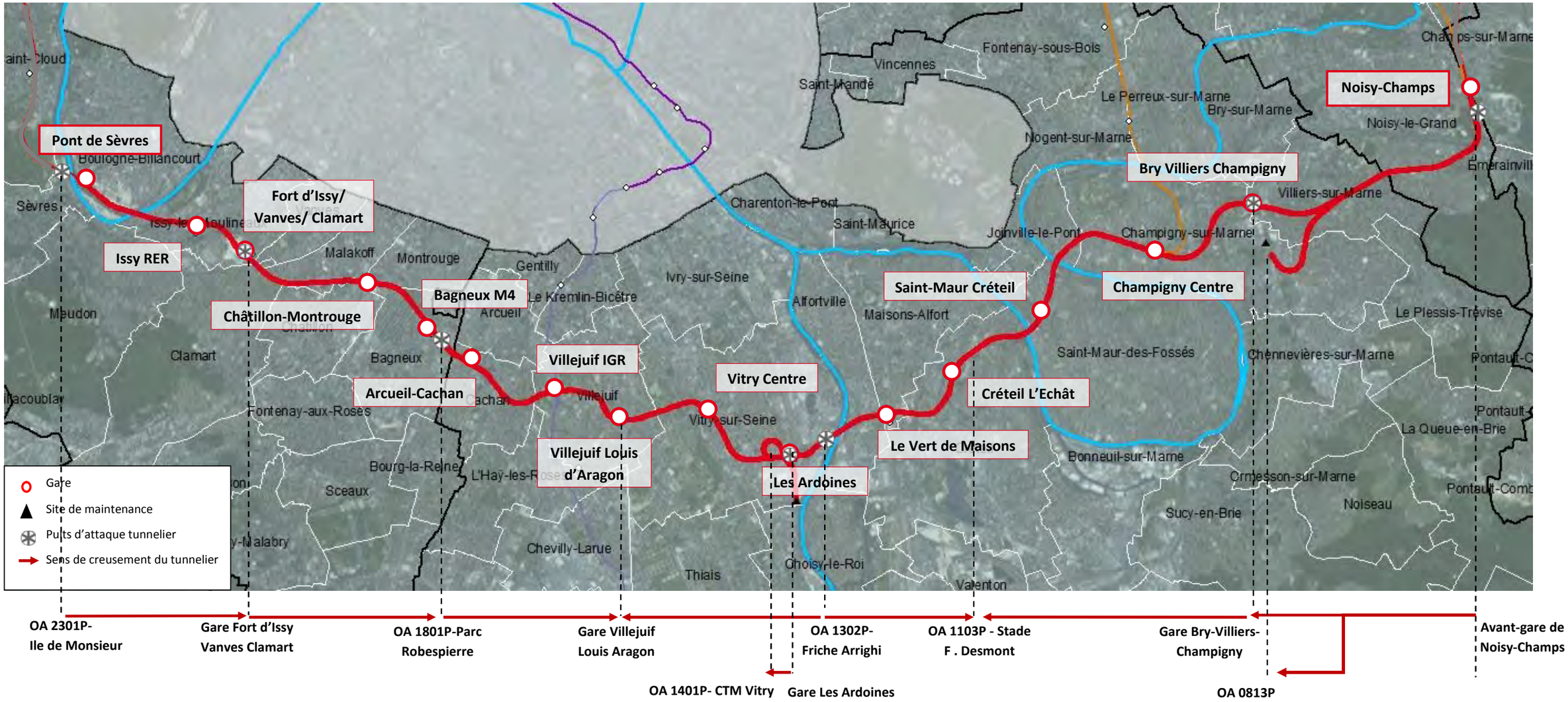
Les puits d'entrée et de sortie des tunneliers sont des ouvrages de génie civil permettant le montage des tunneliers en vue du creusement du tunnel, puis leur démontage. Ces puits sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 25 à 30 mètres selon l'altimétrie du tunnel.

Les puits peuvent utiliser les emprises d'une future gare ou d'un futur ouvrage annexe et bénéficier d'installations de chantiers communes aux deux ouvrages. Cependant, il s'avère parfois nécessaire d'implanter ces puits sur des emprises spécifiques. Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce et par convoi exceptionnel jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage.

Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation des terres du tunnel sur une section prédéfinie. Le puits d'entrée sert, durant cette phase, à l'approvisionnement du tunnelier ainsi qu'à l'évacuation des terres excavées. A l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite évacué par convoi exceptionnel et peut, le cas échéant, être remonté dans un nouveau puits d'entrée.

Les puits de départ de tunnelier de la Ligne 15 Sud sont représentés sur la carte à la page suivante.

Principes de creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud et identification des puits d'entrée de tunnelier (source : Société du Grand Paris)



4.1.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle

Certaines parties ponctuelles des gares de la Ligne 15 Sud seront construites avec des méthodes dites traditionnelles ou conventionnelles.

Cette méthode traditionnelle présente de très nombreuses déclinaisons sur le terrain en fonction non seulement des sols mais aussi du savoir-faire et des matériels spécifiques de mineur développés par chaque entreprise spécialisée qui la met en œuvre. Elle permet du « sur-mesure » pour s'adapter au contexte effectivement rencontré (largeur des passes, profondeur de décousu, stabilisation du front, soutènement provisoires et définitifs, etc.) - contrairement aux parois moulées, tunneliers, pieux sécants, jet grouting, etc. qui sont très standardisées.

Ces méthodes sont notamment nécessaires pour la réalisation de certaines boites souterraines de gares pour lesquelles un creusement depuis la surface n'est pas possible (présence de bâtiments, d'infrastructures…), ou lorsque le tunnelier ne peut pas être utilisé du fait de la présence de réseaux ou de sous-sols complexes.

Exemple de la méthode traditionnelle - Tunnel voûté :

Il s'agit de réaliser la demi-voûte supérieure sur une longueur de 1,50m environ, après le terrassement, du béton est projeté afin d'éviter de laisser le terrain au contact de l'air. Le coulage du béton définitif se fait à 25 mètres du front de taille. Une fois cette opération terminée, cette opération est recommencée à l'identique avec les demi-voutes inférieures en réalisant le radier (dalle inférieure support des voies).

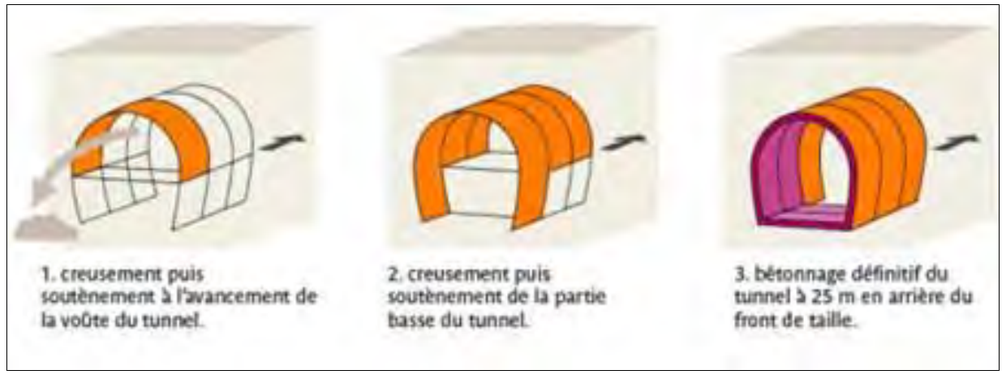


Schéma de la méthode traditionnelle du tunnel voûté

Les différentes parties de gares prévues avec ces méthodes traditionnelles sont identifiées dans la partie de description détaillée de chaque ouvrage du présent document.

4.1.3 Les gares

Les gares de la Ligne 15 Sud sont toutes constituées d'ouvrages souterrains. Les quais permettent d'accueillir des trains d'une longueur de 108 mètres.

Chacune des gares a été positionnée de façon à établir la meilleure correspondance possible avec les réseaux de transport en commun existants, tout en permettant une desserte optimale des quartiers dans lesquels elle s'insère. En outre, les enjeux environnementaux ont été pris en considération afin d'ajuster le positionnement des gares et d'en limiter les éventuels impacts.

Les gares sont dotées d'émergences qui assurent l'accès des voyageurs et peuvent également accueillir des locaux d'exploitation. La forme de ces émergences, conçues en lien avec l'environnement urbain, peut varier : il s'agit le plus souvent de bâtiments (ou d'édicules) jouant un rôle de signal et portant l'identité du réseau. Les espaces publics aux abords des gares font par ailleurs l'objet d'aménagements de qualité, assurant de bonnes conditions d'intermodalité et d'irrigation de la ville.

Les gares bénéficient toutes d'un hall d'accueil, en surface ou en souterrain. Il s'agit d'un espace adapté à une mixité d'activités et capable d'évoluer avec les usages. Celui-ci organise à la fois l'accueil, l'information des voyageurs, la vente des titres de transport ainsi qu'une offre de commerces et de services adaptée à chaque territoire.

Les gares sont conçues pour faciliter les parcours de tous les voyageurs entre la ville et les trains. Les services, les quais et les trains sont en particulier entièrement accessibles aux personnes à mobilité réduite (PMR). En outre, il est prévu que les cheminements d'accès et de correspondance soient systématiquement mécanisés : la mécanisation est alors assurée par des ascenseurs et/ou par des escaliers mécaniques. De plus, les espaces sont conçus afin de faciliter leur usage par des personnes souffrant d'un handicap sensoriel ou cognitif.

Le dimensionnement des espaces (quais, salles d'accueil…) comme des équipements (escaliers mécaniques, ascenseurs…) est étudié afin de garantir un usage fluide du réseau, y compris aux périodes de pointe.

Les aménagements des gares devront créer une ambiance accueillante et apaisante. Ils seront avant tout solides, sobres, facilement nettoyables et maintenables, participant ainsi au confort d'accès des usagers. Des interventions culturelles et artistiques pourront également venir enrichir le parcours des voyageurs.



Visuel à titre indicatif de la gare de Villejuif Louis Aragon

Les gares proposeront par ailleurs une offre de services et de commerces définie en fonction des besoins des voyageurs, mais aussi des habitants et des personnes qui travaillent sur les territoires desservis. Les objectifs poursuivis sont de faciliter le quotidien des voyageurs, ainsi que de renforcer la vie commerciale, en favorisant au mieux les effets de complémentarité entre l'offre proposée dans la gare et l'offre existante ou envisagée à ses abords. L'offre de services et de commerces en gare est structurée en trois composantes, qui chercheront à être partagées par l'ensemble des gares et calibrées en fonction de leur potentiel :

- Les services essentiels répondent à quatre fonctions principales, liées à la mobilité :
  - une fonction d'accueil, assurée en toutes circonstances, y compris en situation de perturbations : cette fonction garantit une présence humaine dans toutes les gares ;
  - une fonction de vente de tout titre de transport urbain ;
  - une fonction d'information sur le transport, les services de la gare et ceux de la ville ;
  - une fonction de commerce de dépannage, avec une offre repère, présente sur l'ensemble du réseau (presse, retrait-colis, etc.).

- Les services complémentaires de facilitation, liés étroitement aux flux de la gare, offrent des services et commerces pratiques, situés sur les parcours des voyageurs et leur permettant de gagner du temps dans les tâches du quotidien (par exemple : offre de restauration rapide, pharmacie, vente d'accessoires, cordonnerie, pressing, etc.).

- Les services complémentaires de destination répondent aux besoins de chaque territoire desservi en proposant des commerces et des activités adaptés aux attentes des habitants, de la ville et des entreprises. Il pourra s'agir, au sein des espaces de la gare, de commerces de grande destination ou d'activités spécifiques telles qu'offres médicales (laboratoires, cabinets, etc.), crèches, centres de télétravail, espaces de sport et de loisirs, etc.

Ces orientations renvoient aux recommandations formulées par le comité stratégique de la Société du Grand Paris[4]. Les espaces de commerces et de services respecteront par ailleurs les exigences visant à garantir la sécurité du public dans les gares ; chaque local ou activité qui s'implantera aura obtenu au préalable les autorisations réglementaires nécessaires. Des autorisations d'exploitation commerciale seront également, le cas échéant, obtenues.

[4] Le comité stratégique de la Société du Grand Paris, institué auprès de son conseil de surveillance, constitue un laboratoire d'idées et d'échanges entre les élus des collectivités d'Ile-de-France et les partenaires de la Société du Grand Paris. Il est actuellement composé de 139 membres : représentants des communes et des établissements publics de coopération intercommunale traversés par le réseau, parlementaires, représentants de la chambre de commerce et d'industrie Paris - Ile-de-France ainsi que de la chambre régionale des métiers et de l'artisanat, membres du conseil économique, social et environnemental d'Ile-de-France.

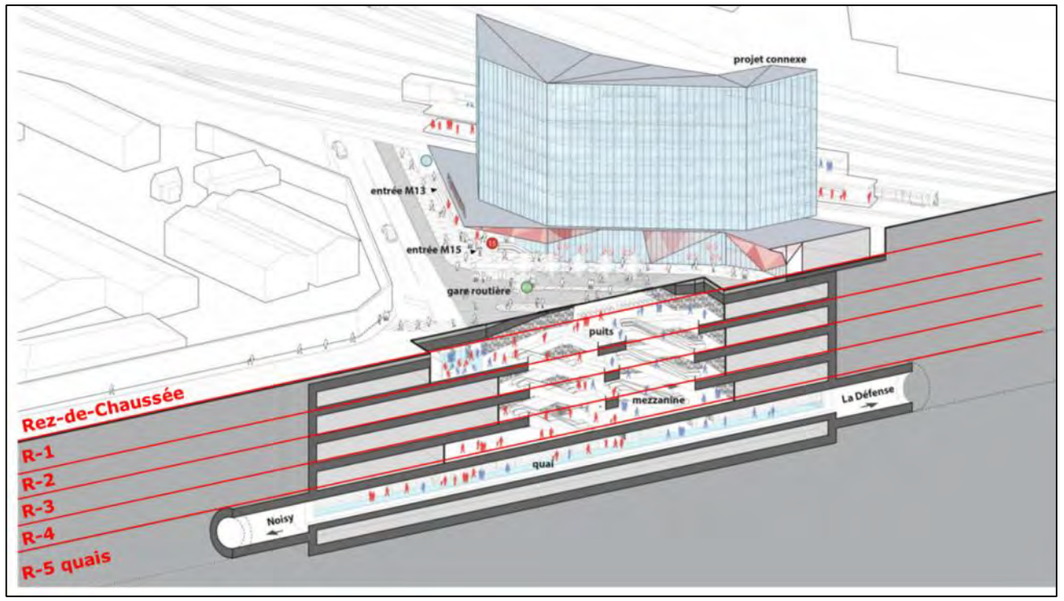


Schéma de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud

La figure ci-dessus présente une coupe longitudinale de la gare de Chatillon-Montrouge. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud sont construites sur la même base, sauf exception :

- Une partie souterraine reliant la surface du sol au tunnel de forme rectangulaire de 108 m de long sur 30 à 50 m de large et comportant un nombre d'étages intermédiaires en rapport avec la profondeur du tunnel. Il existe quelques exceptions à cette règle : la gare de Villejuif IGR a une section circulaire. La profondeur des gares varie de 20 à 50 m ;
- La partie souterraine comporte également les ouvrages de connexions avec les gares existantes assurant les correspondances ;
- Une partie émergée, au-dessus de la surface du sol, permettant l'entrée et la sortie des voyageurs : cette partie émergée est, sauf exception (Villejuif IGR et Noisy-Champs) peu importante car elle est intégrée à un bâti existant ou futur.

4.1.3.1 Réalisation des gares

La typologie des travaux de réalisation des gares est dépendante de leur profondeur, de la qualité des terrains rencontrés, des conditions hydrogéologiques, mais aussi des contraintes liées aux emprises disponibles en surface et à l'environnement urbain.

Trois principaux types de gares peuvent être distingués :

- gare en tranchée couverte, entièrement réalisée à ciel ouvert (méthode dite « bottom up », soit « radier premier ») ;
- gare en tranchée couverte, réalisée en partie sous la chaussée reconstituée (méthode dite « top down », soit « couverture première ») ;
- gare mixte : réalisation d'un puits principal (ou plusieurs) à ciel ouvert, puis attaque en méthode souterraine traditionnelle pour les parties restantes.

Pour chacune de ces méthodes d'exécution, une partie ou la totalité du volume de terrain situé dans l'emprise de la gare est excavée depuis la surface. Pour chaque phase de terrassement depuis la surface, la zone d'excavation est délimitée par une enceinte étanche. La technique privilégiée est celle des parois moulées.

4.1.3.2 La technique de la paroi moulée

Une paroi moulée est un écran en béton armé moulé dans le sol. Le rôle de chaque paroi est d'assurer la stabilité des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe extérieure et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge pour en assurer les fondations.

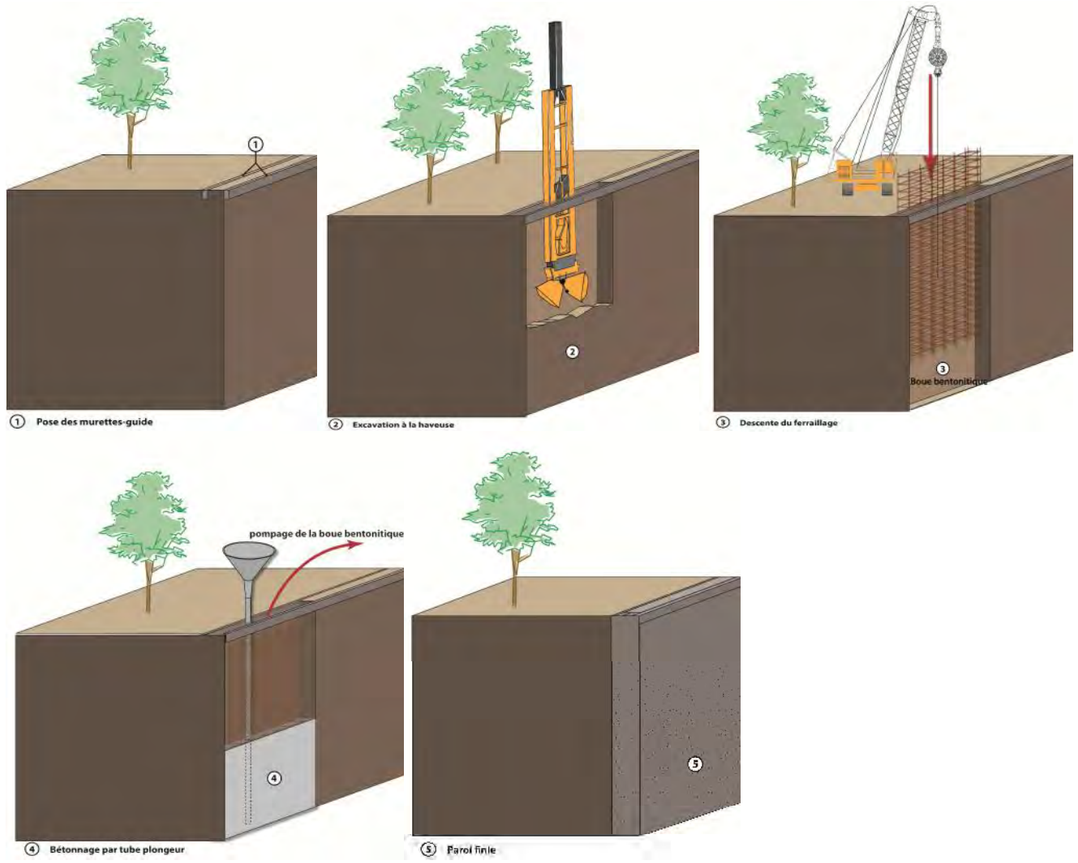
La première étape de réalisation d'une paroi moulée consiste à exécuter des murettes-guides. Ces deux murets en béton armé permettent de guider l'outil de forage et de caler les cages d'armature.

La perforation du sol est réalisée par panneaux de longueur limitée, variable selon le type de sol et le voisinage.

La stabilité des fouilles réalisées est assurée par la substitution aux terres excavées d'une boue benthonique dans la tranchée, au fur et à mesure du creusement de celle-ci. Ce fluide forme sur les parois de l'excavation un dépôt étanche qui, en s'opposant à la percolation dans le terrain, permet d'appliquer la pression hydrostatique aux parois, en empêchant ainsi l'éboulement.

Une fois l'excavation d'un panneau achevée, la cage d'armatures est mise en place dans la tranchée remplie de boue. Le bétonnage est ensuite effectué à partir du fond à l'aide d'un tube plongeur. En remontant, le béton chasse la boue benthonique, qui est évacuée par pompage au fur et à mesure.

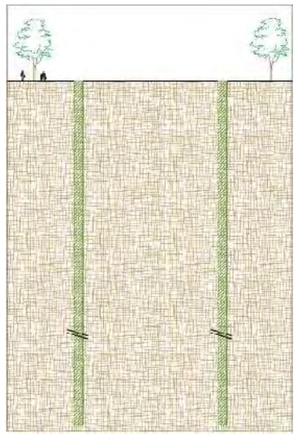
Etapes de réalisation des parois moulées



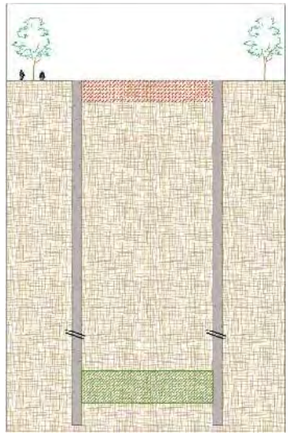
Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte à ciel ouvert (radier premier) (Source : Société du Grand Paris)



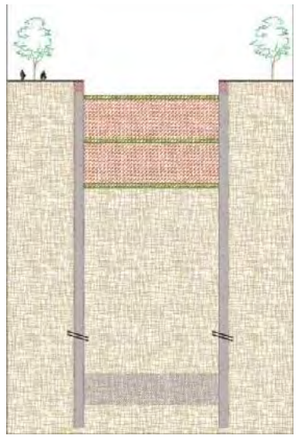
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



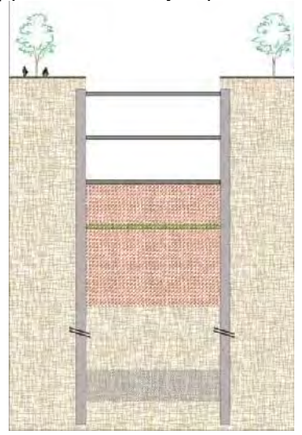
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des premiers terrassements



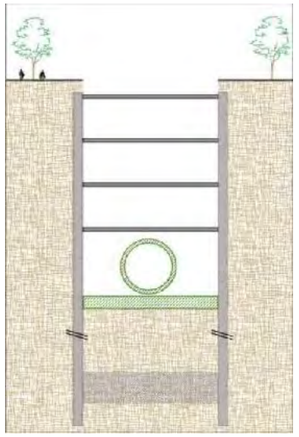
Phase 3 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert, butonnage à ciel ouvert et recépage des parois moulées



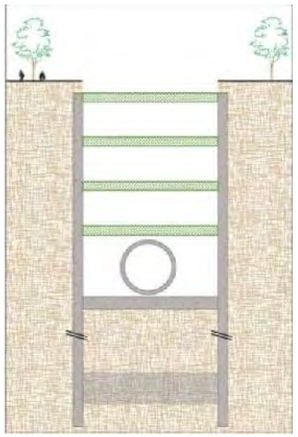
Phase 4 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert et mise en place de lits de butons supplémentaires, jusqu'au radier



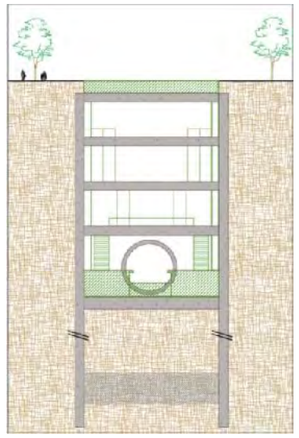
Phase 5 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



Phase 6 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement de butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture

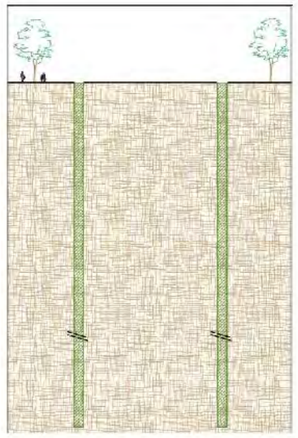


Phase 7 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare, remblai et réfection de voirie

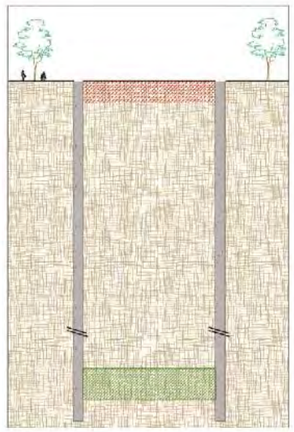


Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte, réalisation en partie sous couverture (couverture première) (Source : Société du Grand Paris)

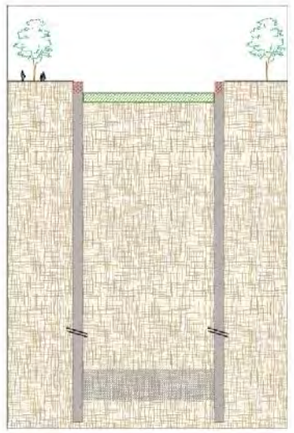
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



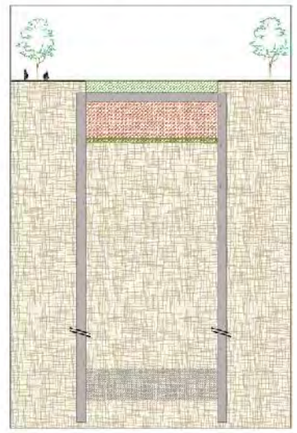
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



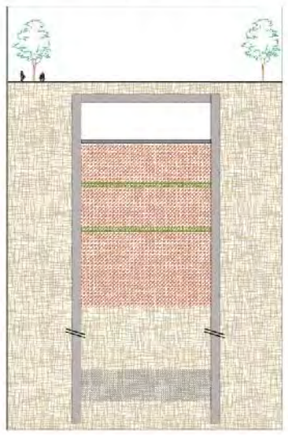
Phase 3 : Réalisation de la dalle de couverture et recépage des parois moulées



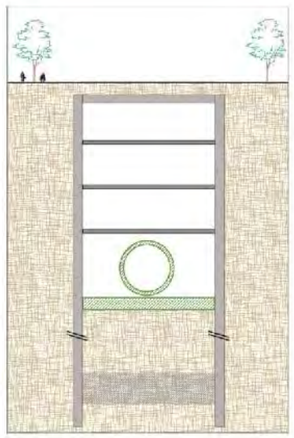
Phase 4 : Première phase de terrassement en sous-œuvre, mise en place des premiers butons provisoires et reconstitution de la voirie existante



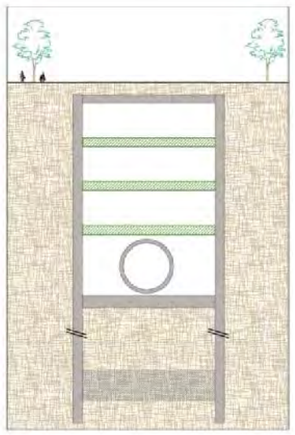
Phase 5 : Poursuite des terrassements en sous-œuvre jusqu'au radier et mise en place de lits de butons provisoires supplémentaires par palier, selon la profondeur de la gare



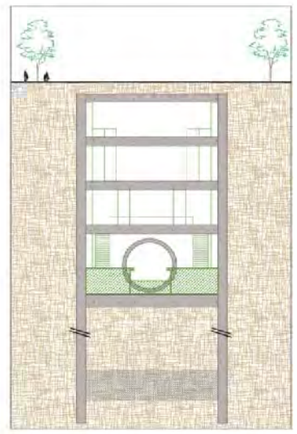
Phase 6 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



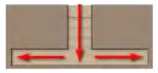
Phase 7 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture



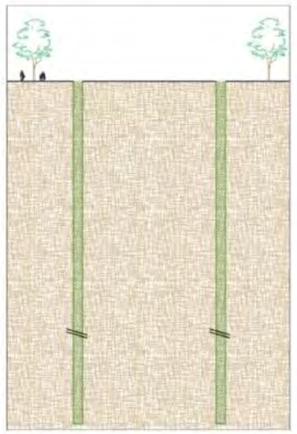
Phase 8 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare



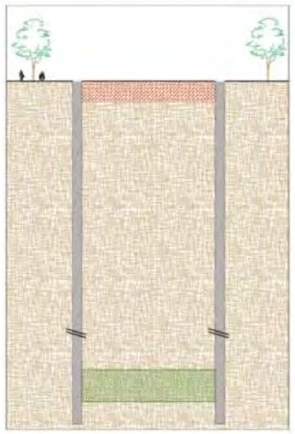
Méthode de réalisation d'une gare en souterrain (Source : Société du Grand Paris)



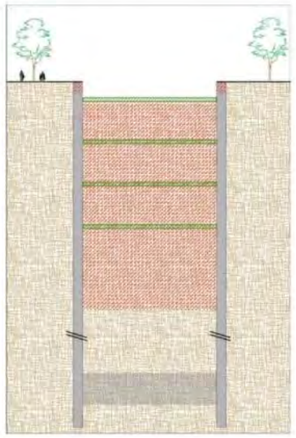
Phase 1 : Réalisation des parois moulées du puits principal



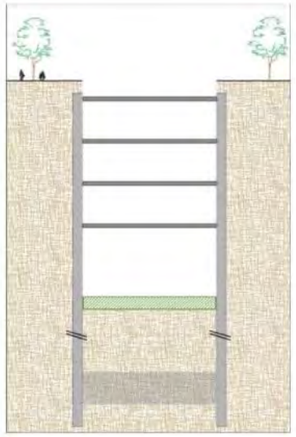
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



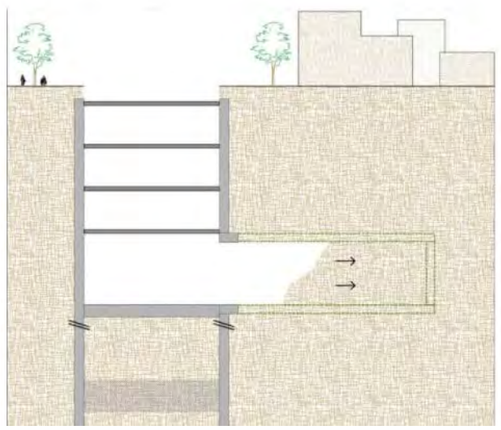
Phase 3 : Recépage des parois moulées, terrassement à ciel ouvert et pose progressive des butons provisoires



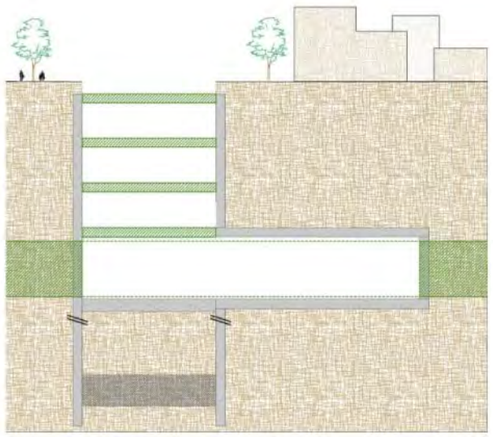
Phase 4 : Réalisation du radier



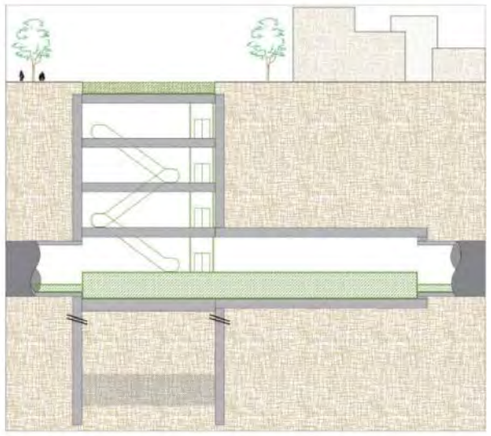
Phase 5 : terrassements de la partie de la gare réalisée en souterrain, avec mise en œuvre du radier, du soutènement provisoire et/ou du revêtement définitif à l'avancement du creusement



Phase 6 : Passage du tunnelier puis réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires



Phase 7 : Reconstruction de la voirie existante. Réalisation des ouvrages intérieurs dans l'ensemble de la gare



4.1.4 Les ouvrages annexes

4.1.4.1 Définition

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après. Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et, par exemple, être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

4.1.4.2 Accès de secours

Les accès de secours doivent permettre une intervention rapide et efficace des pompiers et services de secours, en n'importe quel endroit, en cas de sinistre. Pour les tunnels, des puits d'accès de secours sont disposés avec un intervalle maximum de 800 mètres, et à moins de 800 mètres d'une gare, conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport publics guidés urbains de personnes. Compte tenu des contraintes de tracé, plusieurs de ces puits ont une profondeur supérieure à 30 m, ce qui impose de les équiper d'ascenseurs permettant le transport d'un brancard.

4.1.4.3 Ventilation / désenfumage

La ventilation du tunnel assure plusieurs fonctions essentielles :

- d'une part, elle permet de maintenir une température de confort dans l'ouvrage en évacuant l'air chaud issu de l'échauffement du tunnel ;
- d'autre part, elle permet le renouvellement de l'air ;
- enfin, elle permet le balayage et l'évacuation de la fumée en cas d'incendie dans le tunnel, cette dernière fonction s'avérant dimensionnante.

Les caractéristiques des ouvrages et performances des équipements sont conformes à la réglementation, en particulier l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes. Les ouvrages de ventilation / désenfumage sont équipés de ventilateurs permettant l'extraction ou l'insufflation d'air dans le tunnel. L'air est extrait vers la surface via des gaines de ventilation et des grilles de rejet. Celles-ci ont une surface de l'ordre de 30 à 40 m2 en cas de circulation possible, 20 m2 lorsqu'elles sont protégées et inaccessibles au public.

Généralement, les ouvrages de ventilation / désenfumage sont mutualisés avec les ouvrages d'accès pompiers. Ces ouvrages, généralement souterrains, seront mutualisés et implantés en fonction du programme technique de la ligne, mais aussi en fonction du contexte urbain dans lequel ils s'insèrent, afin de limiter toute nuisance sur leur environnement immédiat.

4.1.4.4 Décompression

Pour réduire les phénomènes liés aux effets de pression dus à la circulation des trains en tunnel à des vitesses élevées, des ouvrages de décompression sont prévus dans l'ensemble des gares du projet.

Sous cette configuration :

- les pressions ressenties dans les trains par les passagers lors de l'entrée en tunnel et lors du croisement des trains sont acceptables ;
- les pressions sur les équipements en tunnel sont également à des niveaux acceptables.

4.1.4.5 Épuisement

Les ouvrages d'épuisement sont destinés à recevoir les eaux d'infiltration et de ruissellement du tunnel, en vue de les recueillir à un point bas du tunnel puis les rejeter au moyen d'une pompe dans le réseau d'assainissement local.

Ils sont autant que possible mutualisés avec les puits d'accès des secours. Ces derniers sont alors implantés aux points bas du tracé.

4.1.4.6 Postes de redressement et postes éclairage force

Les postes de redressement permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en courant continu de 1 500 volts, utilisé par les trains de la ligne 15. En règle générale, ils sont intégrés dans les espaces des gares. Lorsque les espaces en gare ne le permettent pas, ils sont localisés à des emplacements mutualisés avec des puits d'accès de secours, dans des locaux d'environ 150 m² préférentiellement situés en surface au niveau rez-de-chaussée.

Les postes éclairage force permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en énergie électrique basse tension alternative (230/400 V), destinée à alimenter les installations électriques dans les gares et dans les ouvrages annexes. Ils sont intégrés aux emprises souterraines de ces ouvrages.

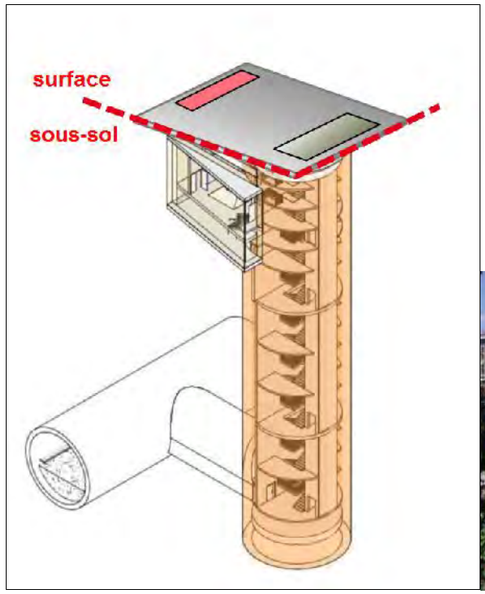






Schéma type d'un ouvrage annexe et visuel en surface
(Illustration donnée à titre indicatif)

4.1.5 Les sites de maintenance (SMI et SMR)

La Ligne 15 Sud comprend l'implantation de deux sites de maintenance, un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) au niveau de Champigny-sur-Marne, et un site de maintenance des infrastructures (SMI) au niveau de Vitry-sur-Seine.

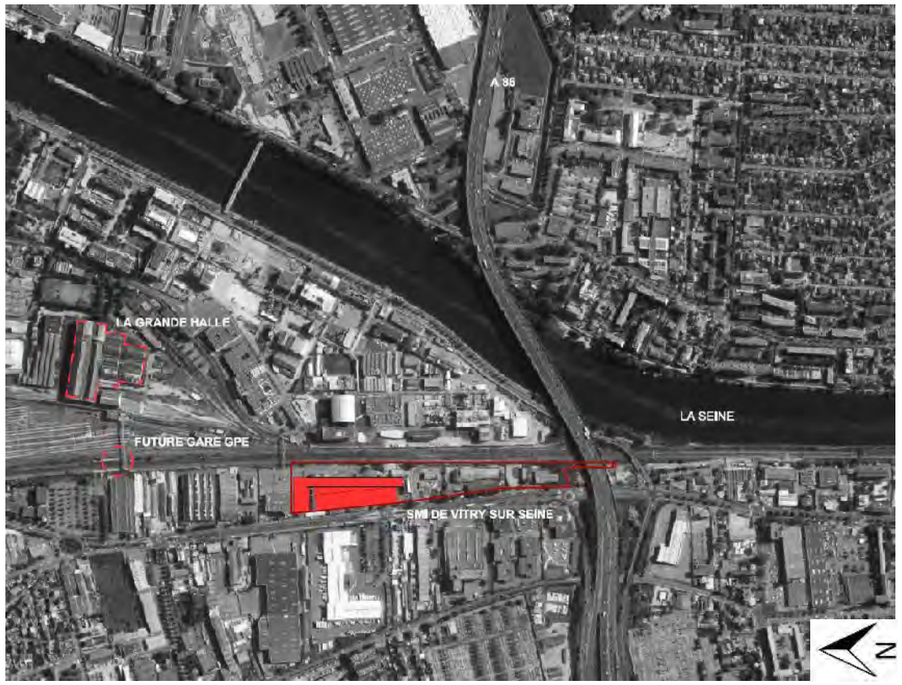
4.1.5.1 Site de Maintenance des Infrastructures (SMI)

Le site de maintenance des infrastructures (SMI) assure la maintenance des voies et des équipements fixes du système de transport : traction, basse tension, signalisation, automatismes de conduite, courants faibles, équipements électromécaniques.

Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry est situé au sud de la gare Grand Paris Les Ardoines, sur le territoire de la commune de Vitry-sur-Seine. La superficie du site est d'environ 4,9 hectares.

Le SMI de Vitry a pour fonction de garantir l'ensemble des conditions de maintenance industrielle des infrastructures, des systèmes et des équipements de la liaison en métro automatique entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs. A terme, il permettra d'assurer les mêmes fonctionnalités pour toute la moitié sud de la ligne rouge du réseau de transport public du Grand Paris. Les équipements associés au SMI permettent de garantir la maintenance des voies, caténaires, ouvrages d'art et équipements liés à l'énergie, la signalisation et les télécommunications.

Le Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry-sur-Seine est relié à la ligne 15Sud par un tunnel d'une longueur de 1,3 km. La voie de raccordement effectue une boucle au nord du tunnel principal avant de se connecter au SMI, de façon à avoir assez de longueur pour pouvoir remonter les 25 mètres qui la séparent de la surface.



Insertion du SMI de Vitry

4.1.5.2 Site de Maintenance et de Remisage (SMR)

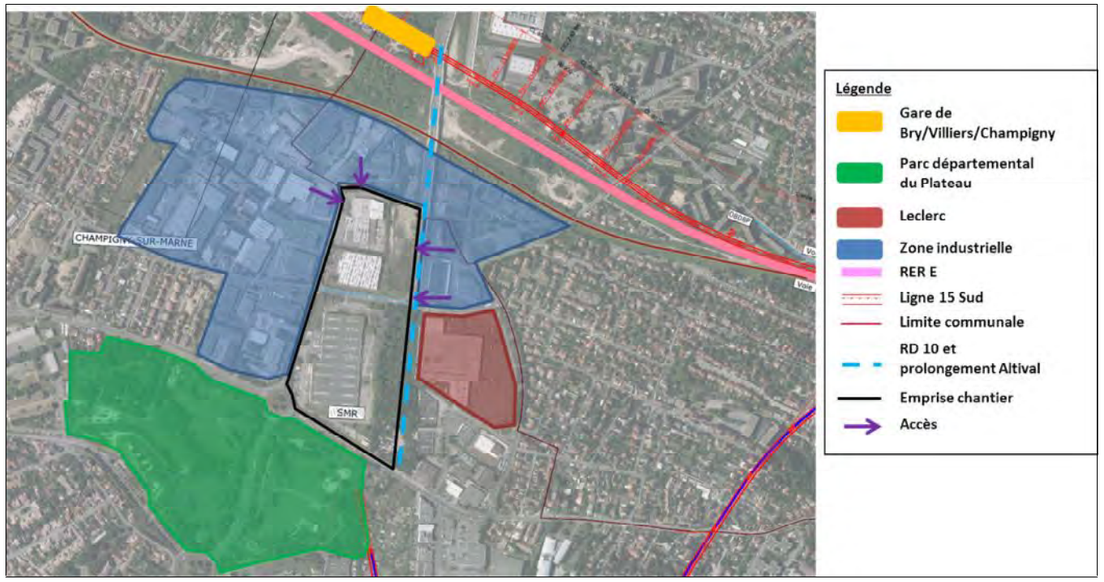
Le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) assure la maintenance en atelier du matériel roulant (dépannage, entretien, remplacement) ainsi que le lavage et le remisage des trains. Il accueille également des fonctions d'exploitation des lignes (poste de commandement centralisé, encadrement opérationnel de la ligne…).

L'emprise du projet se situe à l'est de Paris, au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, en limite de Villiers-sur-Marne, au sud de Bry-sur-Marne et de la future gare de Bry–Villiers–Champigny du réseau du Grand Paris. La superficie du site est d'environ 7,5 hectares.

Le SMR de Champigny accueillera à terme 60% du parc de matériel roulant de la ligne qui pourra être réparé, entretenu et remisé. Il comprend également le Poste de Commandement Centralisé (PCC), véritable centre névralgique du système, par lequel transitent toutes les informations relatives à l'exploitation et à la supervision de la ligne. Le site de Champigny commande ainsi la circulation de l'ensemble des trains de la ligne ; il centralise par ailleurs toutes les remontées d'information ayant trait aux gares, aux systèmes d'exploitation et à l'énergie.

Le site de Champigny joue également un rôle crucial dans la mise en service de la ligne, puisqu'il accueille la livraison des rames de matériel roulant.

Le SMR de Champigny-sur-Marne est relié à la ligne par un tunnel de raccordement d'une longueur de 2,4 km, composé de deux voies.



Insertion du SMR de Champigny

4.1.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport.

La stratégie de gestion s'articule autour de cinq orientations principales :

- Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré) et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais en limitant le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- Développer la synergie entre les acteurs et le territoire afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes, notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;
- Organiser le suivi opérationnel des chantiers en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

4.1.6.1 Le recours au fleuve

En application de cette stratégie, et du fait de la présence de voies d'eau à proximité du projet, la Société du Grand Paris prévoit l'implantation de plates-formes fluviales pour assurer l'apport de matériaux de construction, et l'évacuation des déblais liés aux phases de creusement du tunnel. Ce choix permet ainsi de réduire de manière très importante les déplacements de camions sur le territoire.

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit l'implantation de 3 plates-formes fluviales :

- Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur l'Ile de Monsieur : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais du creusement ;
- Au niveau de la gare de Pont de Sèvres située à Boulogne-Billancourt : apport de matériaux de construction de la gare, et évacuation des déblais liés au creusement de la gare ;
- Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur la friche Arrighi dans le secteur des Ardoines : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais de creusement.

L'implantation des plates-formes fluviales de la Société du Grand Paris s'appuie sur les ouvrages déjà existants, notamment des Ducs d'Albe au niveau de l'Ile de Monsieur, et de la friche Arrighi. Ces ouvrages pourront faire l'objet d'opération de renforcement pour assurer la rotation fréquente de barges fluviales pour les chantiers.



Duc d'Able au niveau de la friche Arrighi (Source : Google Maps)

Au niveau du secteur d'implantation de la gare de Pont de Sèvres, la mise en place temporaire d'une estacade chantier permettra d'assurer le stationnement de barges fluviales, leur chargement et leur déchargement. La mise en place de cette estacade nécessite une légère modification du chenal de navigation sur ce bras de la Seine. Cette opération fait l'objet d'une procédure spécifique avec Voies Navigables de France (VNF).

Pour éviter et réduire les impacts potentiels liés au fonctionnement de ces plates-formes fluviales, des mesures sont retenues et présentées dans l'étude d'impact jointe à ce document. Il s'agit notamment de dispositifs de chargement des barges qui permettent d'éviter toute chute de matériaux dans la Seine, ou la prise en compte des enjeux écologiques présents au niveau des berges.

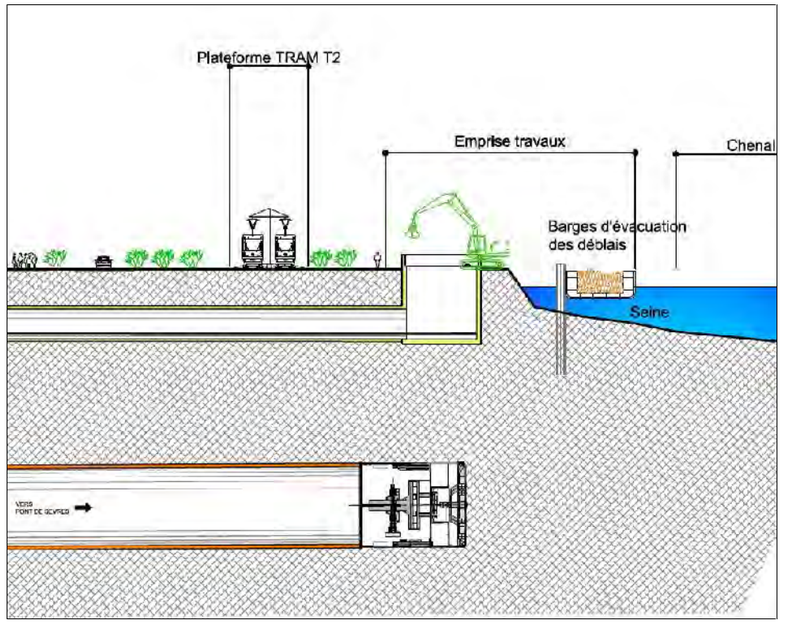


Schéma de principe de la plate-forme fluviale prévue au niveau de l'Ile de Monsieur pour l'évacuation des déblais issus du creusement du tunnel (Source : Société du Grand Paris)

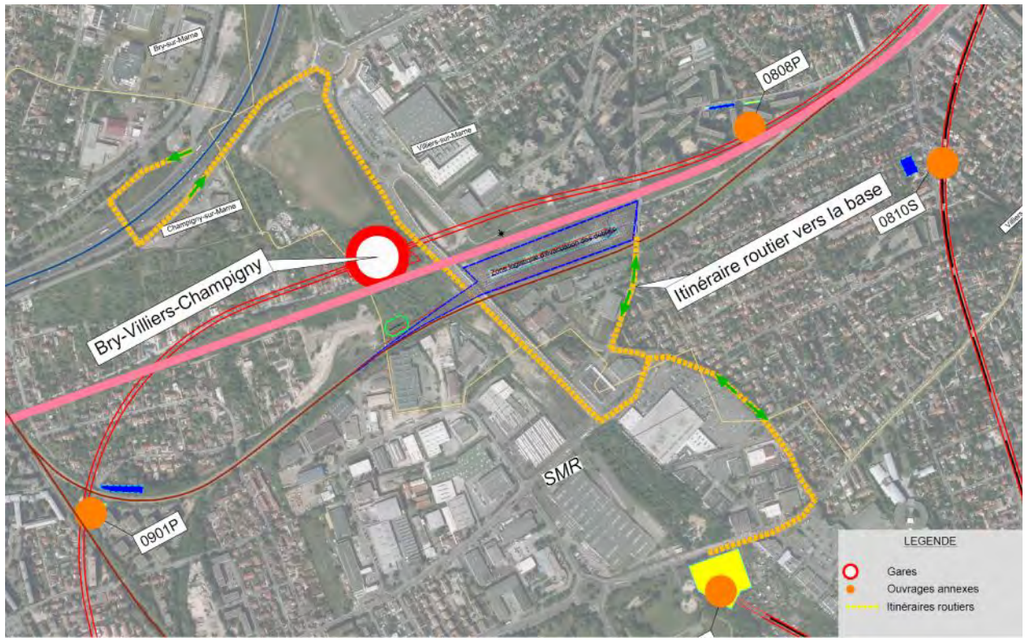
S'il s'agit bien d'ouvrages temporaires, au vu des délais de chantier nécessaires pour réaliser les ouvrages prévus (gares, tunnel…), il n'est pas sollicité pour les plates-formes fluviales d'autorisations temporaires (durée limitée à un an pour une autorisation temporaire).

4.1.6.2 L'utilisation de la voie ferrée

Au vu contexte concerné par la Ligne 15 Sud, une évacuation des déblais par la voie ferrée est possible au niveau Bry-Villiers-Champigny. La gestion des matériaux excavés et leur chargement sur des trains nécessite l'implantation d'un base ferroviaire.

Elle a pour fonction l'évacuation des déblais sur la période allant de mi-2016 à mi-2019, en alternative au mode routier dans le but d'éviter la saturation du secteur. La base ferroviaire est implantée dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny, secteur qui offre des dispositions ferroviaires particulièrement favorables de par sa mitoyenneté directe au Sud avec l'infrastructure de Grande Ceinture, axe de fret ferroviaire majeur par lequel il est possible de rejoindre l'ensemble des lignes principales au réseau ferré national.

L'emprise mise à disposition est donc positionnée au droit de la future gare d'interconnexion Bry-Villiers-Champigny sur des terrains en friche enclavés entre les voies du réseau SNCF Francilien (lignes RER E et P) et celles de la ligne de Grande Ceinture.



Base ferroviaire (encadré bleu) (Source : Société du Grand Paris)

La base logistique ferroviaire est constituée d'un faisceau de voies (pour le stockage des rames et le chargement), d'une voie de desserte et de manœuvre (liaison à la grande Ceinture) et d'une zone de stockage de déblais. Ces 2 dernières zones sont séparées par une aire de circulation des engins de chargement. La zone de stockage des déblais à prévoir sur cette base devra permettre d'accueillir les besoins correspondants à 5 jours de production journalière.

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée depuis la base chantier de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, localisée au niveau de la gare de fret de Clamart. Cette logistique d'évacuation par voie ferroviaire étant intégrée sur le site de la base chantier de la gare, elle ne nécessite pas la mise en œuvre d'une base ferroviaire spécifique.

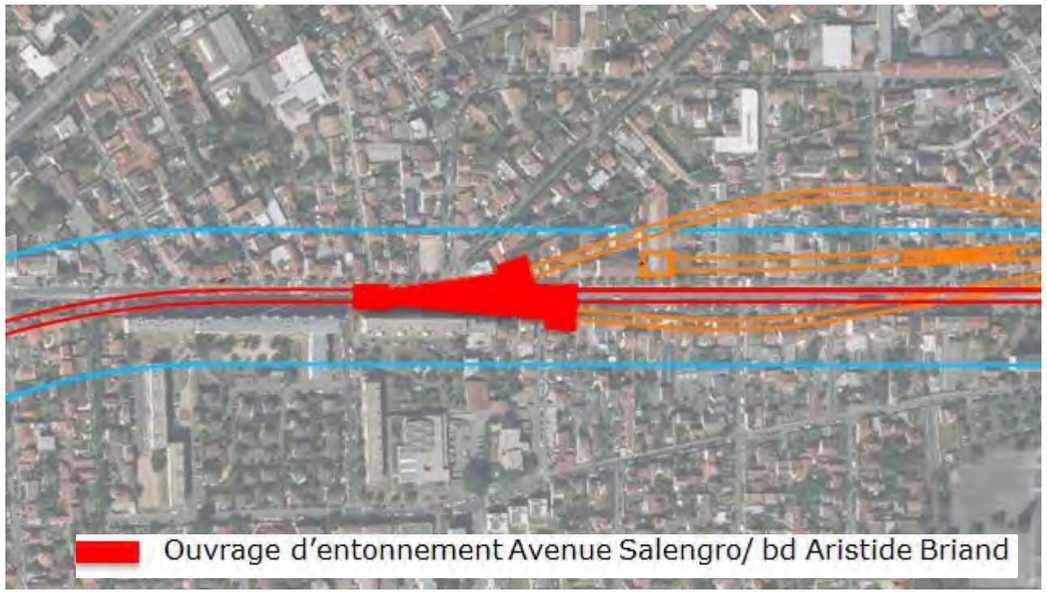
4.1.7 Les ouvrages spéciaux (entonnement, débranchement…)

La Ligne 15 Sud nécessite quelques ouvrages spécifiques pour assurer son bon fonctionnement. Il s'agit notamment d'ouvrages de raccordement aux sites de maintenance, ou d'ouvrages permettant d'assurer la connexion avec la ligne 15 Est du Grand Paris Express. Ces ouvrages sont mutualisés avec des ouvrages annexes.

4.1.7.1 L'ouvrage permettant l'intermodalité entre la Ligne 15 Sud (rouge) et la ligne 15 Est (orange)

L'ouvrage d'entonnement de Champigny est situé sur la commune de Champigny-sur-Marne sur l'Avenue Roger Salengro, au niveau de l'intersection avec le boulevard Aristide Briand. Cet ouvrage, réalisé en parois moulées et certaines parties en parois coulis dans des phases travaux, permet le raccordement entre les Lignes 15 Sud (rouge) et Ligne 15 Est (orange). En phase travaux de la ligne orange il est utilisé comme puits de sortie de deux tunneliers. En phase d'exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours.

Cet ouvrage est mutualisé avec l'ouvrage annexe « OA 1001P - Avenue Roger Salengro».

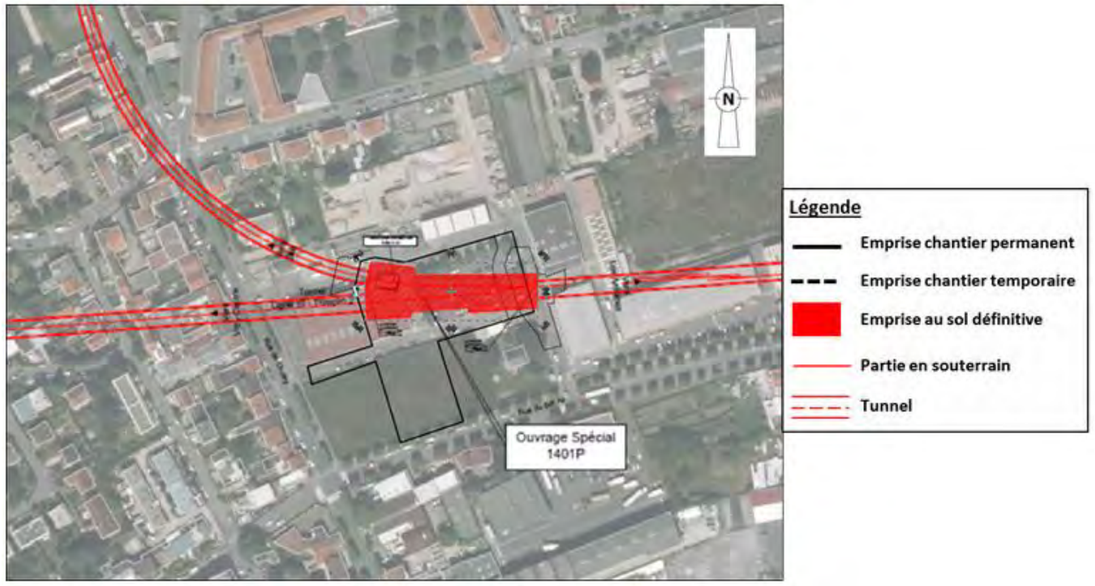


Présentation de l'ouvrage d'entonnement pour assurer la connexion entre la Ligne 15 Sud (Rouge) et la ligne 15 Est (Orange) (OA 1001P - Avenue Roger Salengro)

4.1.7.2 Les ouvrages de débranchement vers les sites de maintenance

Les ouvrages de débranchement permettent d'assurer la liaison entre le tunnel de la ligne principale Ligne 15 Sud, et le tunnel desservant un site de maintenance. Pour cette ligne qui comporte deux sites de maintenances, le site de maintenance des infrastructures (SMI) à Vitry-sur-Seine et le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) à Champigny-sur-Marne, deux ouvrages d'entonnement sont nécessaires. Ils sont mutualisés à terme avec des ouvrages annexes pour limiter le nombre de travaux en surface.

Le débranchement vers le SMI est situé au niveau de l'OA 1401P - Centre technique municipal à Vitry-sur-Seine. Il sert en phase travaux comme puits de sortie du tunnelier du tunnel du SMI. En phase exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure les fonctions de ventilation, de désenfumage de décompression et d'accès de secours.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMI au niveau de l'ouvrage annexe OA 1401P - Centre technique municipal

Le débranchement vers le SMR est situé au niveau de l' OA 0807P - Sentier des Marins situé sur la commune de Villiers-sur-Marne. L'ouvrage comporte une plateforme d'accès pour la réalisation d'une partie du tunnel par la méthode traditionnelle. En phase d'exploitation (opérationnelle) de la ligne, cet ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours, il est équipé d'un poste de redressement double implanté au niveau N-1.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMR au niveau de l'ouvrage annexe OA 0807P - Sentier des Marins

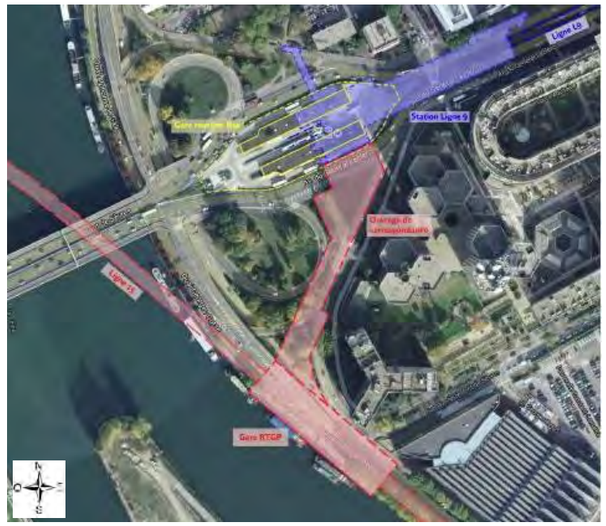
4.1.8 Les projets d'interconnexions

Le réseau du Grand Paris Express vise notamment à proposer une offre de transport en commun pour les déplacements de banlieue à banlieue. Il vient renforcer le maillage du réseau existant.

A ce titre, la ligne 15 Sud propose pour 80% des gares, une correspondance avec les lignes existantes, du Transilien, du métro et du RER.

Pour assurer les correspondances, le projet nécessite la réalisation d'ouvrages d'interconnexions avec les gares existantes. Il peut s'agir de couloirs de correspondance, de la réalisation de nouveaux espaces publics ou de réaménagement des quais existants pour accueillir les nouveaux usagers.

Ces ouvrages d'interconnexions sont portés le plus souvent avec les maîtres d'ouvrages concernés, la RATP en ce qui concerne les correspondances avec le métro et certains RER, et la SNCF pour les lignes de Transilien, et les autres RER. Ces ouvrages font l'objet d'une présentation détaillée dans le cadre du présent document, à la rubrique 3.2 de la pièce B.2 relative aux ouvrages d'interconnexions.



Exemple de la gare de Pont de Sèvres
Insertion de la nouvelle gare (en rouge) et gare existante L9 (en bleu) (Source : RATP)

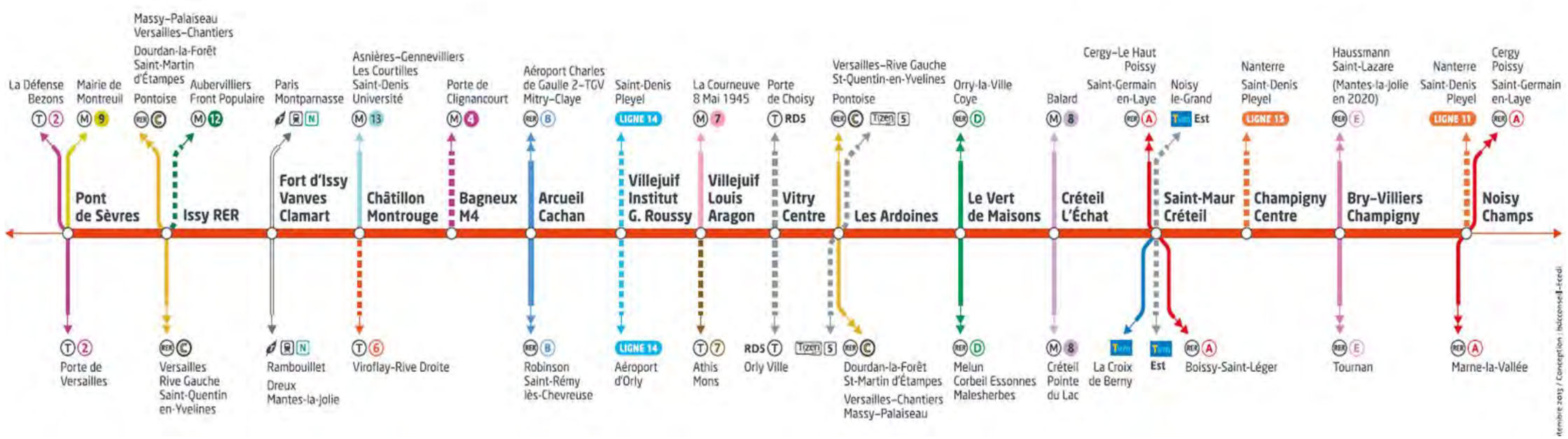


Schéma des interconnexions avec les lignes de transport existantes

4.1.9 Les projets connexes

Parallèlement à la conception du réseau de transport public du Grand Paris, la SGP a conduit en lien avec les collectivités, des études sur les conditions techniques permettant le développement futur de projets immobiliers à proximité des gares du Grand Paris.

En effet, la SGP souhaite contribuer à la dynamique urbaine rendue possible par l'implantation des gares, en mettant son patrimoine foncier au service des projets urbains envisagés par les collectivités. Ainsi, sur les parcelles directement concernées par l'implantation de l'infrastructure de transport, à proximité immédiate ou en surplomb des gares, ont été étudiées dans le cadre des études de maitrise d'œuvre de la Ligne 15 Sud, les conditions permettant la réalisation future de ces projets.

Les objectifs de réalisation de ces projets immobiliers, dit « projets connexes » car situés en surplomb ou à proximité immédiate des gares du Grand Paris, sont multiples et visent notamment à accompagner ou renforcer le processus de renouvellement urbain des quartiers riverains ; à assurer l'insertion urbaine de la gare dans un contexte futur plus ou moins dense ; et à contribuer à l'échelle des parcelles concernées par ces projets immobiliers, à la création de logements en Ile-de-France.

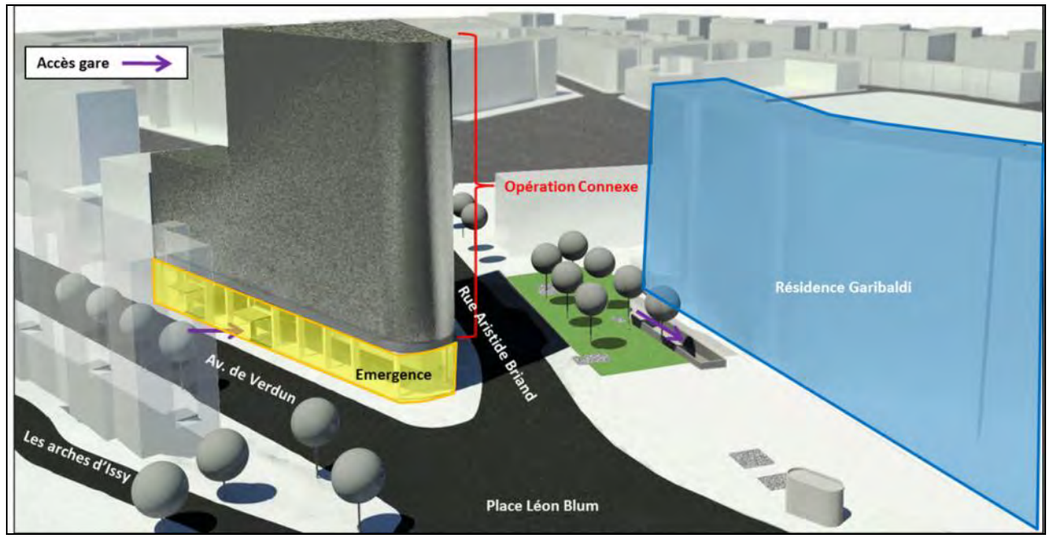
Dans tous les cas, la réalisation des projets immobiliers connexes aux gares ne pourra intervenir qu'après la réalisation de l'infrastructure de transport, celle-ci constituant le plus souvent le socle de ces projets immobiliers futurs.

La définition de ces projets immobiliers potentiels dépend de chaque contexte urbain, et s'effectue en application des dispositions des plans locaux d'urbanisme en vigueur. Ainsi, la programmation comme la volumétrie de ces projets immobiliers est définie au regard de chaque site, en cohérence avec les orientations urbaines souhaitées par la collectivité.

Ces projets connexes ne constituent pas des projets sous maitrise d'ouvrage de la SGP, et leur réalisation relève d'opérateurs économiques tiers, qui auront à leur charge l'ensemble des demandes d'autorisations nécessaires à ces projets immobiliers. A ce titre, les projets connexes potentiels ne sont pas concernés par la présente procédure de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau.

Pour assurer une bonne information du public, l'étude d'impact présente toutefois :

- Les intentions urbaines prévisionnelles des projets connexes, afin de pouvoir visualiser l'insertion urbaine indicative des gares dans leur environnement à terme ;
- Les différents scénarios de gares étudiés, présentant les scénarios de gare avec et sans projets connexes : scénarios qui ont été étudiés afin d'établir les conditions permettant la mise en œuvre éventuelle de ces projets sans remettre en cause le bon fonctionnement du réseau de transport sous maitrise d'ouvrage de la SGP ;
- L'analyse des effets cumulés avec ces projets immobiliers connexes potentiels, et le cas échéant, les interfaces avec les ouvrages du réseau de transport objet de l'étude d'impact au tire de la Loi sur l'Eau.



Vue à titre indicatif du projet connexe possible au niveau de la gare d'Issy RER (Source : Société du Grand Paris)

5. Les rubriques de la nomenclature Loi sur l'Eau et le projet de la Ligne 15 Sud

5.1 Les rubriques de la nomenclature concernées

La nomenclature des Installations, Ouvrages, Travaux, Aménagements (IOTA) relevant de la réglementation sur l'eau est codifiée à l'article R.214-1 du code de l'environnement. Elle est composée de rubriques présentant chacune un libellé précis, un ou plusieurs niveaux de seuils et le type de procédure associée.

Le tableau ci-dessous reprend les éléments de cette nomenclature concernés par le projet et expose, dans la colonne projet, les éléments du projet ou de sa construction concernés par chaque rubrique.

Rubrique	Intitulé	Critère	Régime	Eléments du projet soumis à la rubrique	Niveau de procédure pour l'ensemble de la Ligne 15 Sud
Titre 1 : Prélèvements					
1.1.1.0	Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau	-	Déclaration	Les ouvrages de prélèvement des eaux souterraines en phase de construction des ouvrages (vidange des fouilles) relèvent de cette rubrique. Les piézomètres du programme de suivi également.	DECLARATION
1.1.2.0	Prélèvements permanents ou temporaires issus d'un forage, puits ou ouvrage souterrain dans un système aquifère, à l'exclusion de nappes d'accompagnement de cours d'eau, par pompage, drainage, dérivation ou tout autre procédé, le volume total prélevé étant :	1° Supérieur ou égal à 200 000 m³/an ;	Autorisation	Tout prélèvement relatif aux ouvrages entre la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et l'ouvrage annexe P23/1501P (rue du génie) inclus ainsi qu'entre l'ouvrage annexe P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny) inclu et l'extrémité est de la Ligne 15 Sud. Les principales nappes concernées sont l'Oligocène, l' l'Eocène moyen et inférieur ainsi que l'Eocène supérieur. Les volumes prélevés en phase chantier sont les principaux concernés car ils sont significatifs et supérieurs au seuil de déclaration. La somme des volumes prélevés dépasse le seuil d'autorisation. En phase d'exploitation : aucun prélèvement n'est nécessaire.	AUTORISATION
		2° Supérieur à 10 000 m³/an mais inférieur à 200 000 m³/an.	Déclaration		
1.2.2.0	A l'exception des prélèvements faisant l'objet d'une convention avec l'attributaire du débit affecté prévu par l'article L. 214-9, prélèvements et installations et ouvrages permettant le prélèvement, dans un cours d'eau, sa nappe d'accompagnement ou un plan d'eau ou canal alimenté par ce cours d'eau ou cette nappe, lorsque le débit du cours d'eau en période d'étiage résulte, pour plus de moitié, d'une réalimentation artificielle. Toutefois, en ce qui concerne la Seine, la Loire, la Marne et l'Yonne, il n'y a lieu à autorisation que lorsque la capacité du prélèvement est supérieure à 80 m³/h.	-	Autorisation	Ouvrages en nappe d'accompagnement de la Seine et de la Marne. Tout prélèvement relatif aux ouvrages entre le puits d'attaque tunnelier de l'Ile Monsieur et la gare d'Issy RER inclue et entre les gares de Vitry Centre et Champigny Centre inclues.. Le niveau d'autorisation est dépassé pour les gares de Vitry Centre, les Ardoines, Vert-de-Maisons, Créteil L'Echat, Saint-Maur-Créteil ainsi que pour les ouvrages annexes P19/1302P Puits tunnelier Arrighi et P18/1301P (rue de Rome).	AUTORISATION

Rubrique	Intitulé	Critère	Régime	Eléments du projet soumis à la rubrique	Niveau de procédure pour l'ensemble de la Ligne 15 Sud
Titre 2 : Rejets					
2.1.5.0	Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :	1° Supérieure ou égale à 20 ha	Autorisation	Tous les ouvrages et toutes les bases chantier dont la gestion des eaux pluviales comporte une part d'infiltration ou de rejet au cours d'eau. Le rejet au réseau ne répond pas au libellé de la rubrique. Seuls les ouvrages annexes en phase d'exploitation sont concernés par l'infiltration. Le SMR Champigny également. La surface totale gérée par rejet au milieu naturel ne dépasse pas 20 ha, y compris le SMR.	DECLARATION
		2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha	Déclaration		
2.2.1.0	Rejet dans les eaux douces superficielles susceptible de modifier le régime des eaux, à l'exclusion des rejets visés à la rubrique 2.1.5.0 ainsi que des rejets des ouvrages visés aux rubriques 2.1.1.0 et 2.1.2.0, la capacité totale de rejet de l'ouvrage étant :	1° Supérieure ou égale à 10 000 m3/j ou à 25% du débit moyen interannuel du cours d'eau	Autorisation	Le rejet d'eaux d'exhaure au milieu naturel (Seine) est envisagé uniquement pour la gare Pont de Sèvre et l'ouvrage annexe P19/1302P – Puits tunnelier Arrighi.	DECLARATION
		2° Supérieure à 2 000 m3/j ou à 5% du débit moyen interannuel du cours d'eau mais inférieurs à 10 000 m3/j ou à 25% du débit moyen interannuel du cours d'eau	Déclaration		
2.2.3.0	Rejet dans les eaux de surface à l'exclusion des rejets visés aux rubriques 4.1.3.0, 2.1.1.0, 2.1.2.0 et 2.1.5.0 :	1° Le flux total de pollution brute étant :		Le rejet d'eaux d'exhaure au milieu naturel (Seine) est envisagé uniquement pour la gare Pont de Sèvre et l'ouvrage annexe P19/1302P – Puits tunnelier Arrighi.	AUTORISATION
		a) Supérieur ou égal au niveau de référence R2 pour l'un au moins des paramètres qui y figurent	Autorisation		
		b) Compris entre les niveaux de référence R1 et R2 pour l'un au moins des paramètres qui y figurent	Déclaration		
		2° Le produit de la concentration maximale d'E. Coli, par le débit moyen journalier du rejet situé à moins d'un kilomètre d'une zone conchylicole ou de culture marine, d'une prise d'eau potable ou d'une zone de baignade, au sens des articles D.1332-1 et D.1332-16 du Code de la Santé Publique étant :			
		a) Supérieur ou égal à 1011 E. Col/j	Autorisation		
		b) Compris entre 1010 et 1011 E. Coli/j	Déclaration		

Rubrique	Intitulé	Critère	Régime	Eléments du projet soumis à la rubrique	Niveau de procédure pour l'ensemble de la Ligne 15 Sud
Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique					
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	1° Un obstacle à l'écoulement des crues	Autorisation	Gare de Pont de Sèvres : remblai en lit mineur et estacade Friche Arrighi et Ile Monsieur : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe	AUTORISATION
		2° Un obstacle à la continuité écologique :			
		a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Autorisation	Non concerné – Pas d'obstacle à la continuité écologique (piscicole et sédimentaire)	PAS DE PROCEDURE
		b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Déclaration	Non concerné – Pas d'obstacle à la continuité écologique (piscicole et sédimentaire)	PAS DE PROCEDURE
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m	Autorisation	Gare de Pont de Sèvres : remblai en lit mineur et estacade Friche Arrighi et Ile Monsieur : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe et dragages La longueur est chaque fois supérieure à 100 m.	AUTORISATION
		2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m	Déclaration		
3.1.3.0	Installations ou ouvrages ayant un impact sensible sur la luminosité nécessaire au maintien de la vie et de la circulation aquatique dans un cours d'eau sur une longueur :	1° Supérieure ou égale à 100m	Autorisation	Gare de Pont de Sèvres : estacade en phase travaux – longueur supérieure à 100 m	AUTORISATION
		2° Supérieure ou égale à 10 m et inférieure à 100 m	Déclaration		
3.1.4.0	Consolidation ou protection des berges, à l'exclusion des canaux artificiels, par des techniques autres que végétales vivantes :	1° Sur une longueur supérieure ou égale à 200 m	Autorisation	Gare de Pont de Sèvres : remblai en lit mineur et estacade La longueur de la gare, donc de la berge réaménagée, est inférieure à 200 m	DECLARATION
		2° Sur une longueur supérieure ou égale à 20 m mais inférieure à 200 m	Déclaration		
3.1.50	Installations, ouvrages, travaux ou activités, dans le lit mineur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères, les zones de croissance ou les zones d'alimentation de la faune piscicole, des crustacés et des batraciens " , ou dans le lit majeur d'un cours d'eau, étant de nature à détruire les frayères de brochet " :	1° Destruction de plus de 200 m² de frayères	Autorisation	Destruction de frayères : Gare de Pont de Sèvres : remblai en lit mineur et estacade Friche Arrighi et Ile Monsieur : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe La surface totale de frayères détruite est supérieure à 200 m², la plus grande destruction ayant lieu à Pont de Sèvres et restant sous le seuil des 200 m².	AUTORISATION
		2° Dans les autres cas	Déclaration		

Rubrique	Intitulé	Critère	Régime	Eléments du projet soumis à la rubrique	Niveau de procédure pour l'ensemble de la Ligne 15 Sud
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien visé à l'article L. 215-14 réalisé par le propriétaire riverain, des dragages visés à la rubrique 4.1.3.0 et de l'entretien des ouvrages visés à la rubrique 2.1.5.0, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année. L'autorisation est valable pour une durée qui ne peut être supérieure à dix ans. L'autorisation prend également en compte les éventuels sous-produits et leur devenir.	1° Supérieur à 2 000 m3	Autorisation	Dragages envisagés à Ile de Monsieur et Friche Arrighi : Les données utilisées pour évaluer les volumes extraits et la qualité des sédiments conduisent aux positions suivantes (voir ci-dessous) : - la somme des volumes extraits sur les 2 sites est susceptible de dépasser le seuil de 2000 m^3. - Pour le dragage d'entretien, le volume annuel sera inférieur à 2000 m^3. - La qualité des sédiments extraits est également susceptible de dépasser le seuil S1.	AUTORISATION
		2° Inférieur ou égal à 2 000 m3 dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1	Autorisation		
		3° Inférieur ou égal à 2 000 m3 dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1	Déclaration		
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m²	Autorisation	Deux zones concernées pour tous ouvrages : - Ile Monsieur – Issy RER (exclue) : lit majeur de la Seine - Ardoines – Saint Maur Créteil (exclue) : lit majeur de la Seine et lit majeur de la Marne Pour chaque gare, la surface soustraite à la crue dépasse 400 m². La surface cumulée de tous les ouvrages dépasse 10 000 m². Le SMI Vitry dépasse à lui seul 10 000 m².	AUTORISATION
		2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m²	Déclaration		
3.3.1.0	Assèchement, mise en eau, imperméabilisation, remblais de zones humides ou de marais, la zone asséchée ou mise en eau étant :	1° Supérieure ou égale à 1 ha	Autorisation	La surface impactée hors SMR est de 0,06 ha. Donc en dessous du seuil de procédure. La surface impactée par le SMR en zone humide sera prise en compte dans le DDAE de la procédure ICPE.	PAS DE PROCEDURE
		2° Supérieure à 0,1 ha, mais inférieure à 1 ha	Déclaration		

Les éléments ci-dessous permettent de justifier certains éléments du tableau ci-dessus :

- Rubriques 2.2.1.0 et 2.2.3.0 : ces rubriques de la nomenclatures ont été visées dans le tableau pour les raisons suivantes :
  - Ces rubriques sont nécessaires pour les rejets d'eaux d'exheure au milieu naturel, la Seine en particulier,
  - D'une manière générale, le rejet au milieu naturel au droit de chaque base chantier et de chaque ouvrage en phase exploitation n'est pas envisageable pour des raisons tenant à l'éloignemùent des potentiels cours d'eau récepteurs. Cependant, ce type de rejet est envisageable pour quelques ouvrages très proches de la Seine, la gare de Pont de Sèvres et la Friche Arrighi,
  - L'organisation des chantiers au sein de chaque base n'est définie que dans les grandes lignes, celles qui ont un impact direct sur le processus de construction de l'ouvrage (implantation des parois moulées, définition des principales zones de stockage, voiries temporaire pour le maintien de la circulation, etc. Les éléments restant à définir sont susceptibles d'avoir une incidence directe sur la possibilité ou non de rejeter les eaux d'exhaure au milieu naturel,
  - La qualité des eaux souterraines pompées est connue de façon très partielle : les données de qualité disponibles sont rares et ponctuelles. Les données issues des camagnes de mesures faites par la SGP le sont également. De plus, ces données ne permettent pas d'appréhender le facteur durée de pompage. Il est donc difficile actuellement de définir la position exacte de ces eaux vis-à_vis des niveaux R1 et R2 de façon précise, donc un traitement le cas échéant,
  - La Société du Grand Paris, Maître d'ouvrage, souhaite avoir l'opportunité de pouvoir effectivement rejeter les eaux d'exhaure en Seine pour les 2 ouvrages concernés lorsque les données seront disponibles.
- Rubrique 3.2.1.0 : cette rubrique est nécessaire pour les opérations de dragage d'amélioration du tirant d'eau des postes d'accostage à L'Ile de Monsieur et à la Friche Arrghi et d'entretien de ces postes d'accostage.
  - La rubrique a un critère volume de sédiments prélevé. L'estimation faite sur chaque site est d'environ 900 m3 par site pour le dragage initial, soit 1800 m3 au total. Cette estimation est cependant grevée d'incertitude, la bathymétrie utilisée pour le Friche Arrighi étant peu précise et pas récente. La probablilité que le total dépasse 2000 m3 est très faible mais pas nulle, d'où le visa de l'autorisation. Les dragages d'entretien ne concerneront que de très faibles volumes, sauf conditions hydrologiques exceptionnelles conduisant à un fort transport solide.
  - Elle a égalemetn un critère de qualité de sédiment pour certaines classes de volume de sédiment. Les données disponibles sur la qualité des sédiments (provenant en particulier des études faites en 2013 par VNF pour la demande d'autorisation des drgaages d'entretien de la Seine) montrent que pour le tronçon de la Seine dans Paris et dans le voisinage proche (les deux zones du projet sont incluses dans ce tronçon) la qualité des sédiments dépasse le seuil S1 pour 70 % des analyses. Il convient alors, par mesure de précaution, de se placer dans le cas défavorable, donc de viser l'autorisation.

5.2 Les rubriques de la nomenclature concernées – Synthèse par ouvrage

Ce tableau, réparti sur plusieurs pages, présente pour chaque ouvrage les rubriques concernées par l'ouvrage et les travaux de construction. Le tableau reprend l'organisation de la nomenclature de l'article R.214-1 du code de l'environnement et indique le niveau de procédure « individuel » de l'ouvrage.

Point de vigilance :

Le Site de Maintenance et de Remisage des trains (SMR) prévu au niveau de la commune de Champigny est soumis, en application des dispositions liées la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), à une procédure d'autorisation d'exploiter.

Par suite, et en application des dispositions de l'article L. 214-1 du code de l'environnement, cet ouvrage n'est pas inclus dans le périmètre de la présente demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau. Le SMR, qui fera l'objet d'une demande d'autorisation au titre des ICPE dans le courant de l'année 2015, sera soumis à enquête publique dédiée sur le territoire concerné.

5.2.1 Section Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				2301P		PDS	2203P	2201P	ISS
Nom ouvrage				Ile de Monsieur	Plateforme portuaire associée à l'Ile de Monsieur	Pont de Sèvres	ZAC SAEM	Place de la Résistance	Issy RER
type d'ouvrage				Puits d'attaque tunnelier et ouvrage annexe à terme	Plateforme portuaire	Gare	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration		Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure						
		1.2.2.0	Rubrique applicable	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Sous seuil		Autorisation	Sous seuil	Sous seuil	Sous seuil
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable	Oui	Intégré Ile de Monsieur	Oui	Oui	Non	Non
			Niveau de procédure	Sous seuil		Sous seuil	Sous seuil		
		2.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure			Déclaration			
		2.2.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure						
	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure	Autorisation	Autorisation	Autorisation			
		3.1.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				2301P		PDS	2203P	2201P	ISS
Nom ouvrage				Ile de Monsieur	Plateforme portuaire associée à l'Ile de Monsieur	Pont de Sèvres	ZAC SAEM	Place de la Résistance	Issy RER
type d'ouvrage				Puits d'attaque tunnelier et ouvrage annexe à terme	Plateforme portuaire	Gare	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique		Niveau de procédure	Autorisation	Autorisation	Autorisation			
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure			Autorisation			
		3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure			Déclaration			
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Autorisation			
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Oui	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure		Déclaration				
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Autorisation	Déclaration	Déclaration	
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure						

5.2.2 Section Issy RER à Arcueil-Cachan

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				2101P	FIC	2002P	2001P	CHM	1902P	1901P	BAG	1801P	ACA
Nom ouvrage				Parc Henri Barbusse	Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Square Malleret Joinville	Fort de Vanves	Châtillon-Montrouge	Cimetière parisien de Bagneux	Pierre Plate	Bagneux	Parc Robespierre	Arcueil-Cachan
type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Puits d'attaque de tunnelier et gare à terme	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Puits d'attaque tunnelier et ouvrage annexe à terme	Gare
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Autorisation	Déclaration
		1.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable	Oui	Non	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non
			Niveau de procédure	Sous seuil		Sous seuil			Sous seuil	Sous seuil	Sous seuil		
		2.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		2.2.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
	le milieu aquatique ou la	3.1.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				2101P	FIC	2002P	2001P	CHM	1902P	1901P	BAG	1801P	ACA
Nom ouvrage				Parc Henri Barbusse	Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Square Malleret Joinville	Fort de Vanves	Châtillon-Montrouge	Cimetière parisien de Bagneux	Pierre Plate	Bagneux	Parc Robespierre	Arcueil-Cachan
type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Puits d'attaque de tunnelier et gare à terme	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Puits d'attaque tunnelier et ouvrage annexe à terme	Gare
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										

5.2.3 Section Arcueil Cachan à Vitry Centre

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				1702P	1701P	IGR	1601P	VLA	1501P	VIC
Nom ouvrage				Square du Général de Gaulle	Jardin Panoramique	Villejuif IGR	J. Joffrin	Villejuif Louis Aragon	Rue du Génie	Vitry Centre
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Ouvrage annexe	Gare	Ouvrage annexe	Gare
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Non
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	
		1.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui
			Niveau de procédure							Autorisation
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non	Oui
			Niveau de procédure	Sous seuil	Sous seuil	Déclaration				Sous seuil
		2.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		2.2.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
	sur le milieu aquatique ou la	3.1.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				1702P	1701P	IGR	1601P	VLA	1501P	VIC
Nom ouvrage				Square du Général de Gaulle	Jardin Panoramique	Villejuif IGR	J. Joffrin	Villejuif Louis Aragon	Rue du Génie	Vitry Centre
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Ouvrage annexe	Gare	Ouvrage annexe	Gare
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non (ICPE)	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							

5.2.4 Section Vitry Centre à Champigny Centre - Partie 1/2

Ligne					L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP					1402P	1401P	1403R	SMIV	ARD	1302P		1301P	VDM
Nom ouvrage					Rue Louis Marchandise et Avenue A.Thomas	Centre technique municipal	Raccordement SMI	SMI Vitry	Les Ardoines	Friche Arrighi	Plateforme portuaire associée à la Friche Arrighi	Rue de Rome	Le Vert de Maisons
Type d'ouvrage					Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Site de maintenance	Gare et ouvrages associés	Puits attaque tunnelier devenant Ouvrage annexe	Plateforme portuaire	Ouvrage annexe	Gare et ouvrages associés
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable		Oui	Oui	Oui	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Oui
			Niveau de procédure		Déclaration	Déclaration	Déclaration		Déclaration	Déclaration	Déclaration		Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable		Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		1.2.2.0	Rubrique applicable		Oui	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Non	Oui	Oui
			Niveau de procédure		Déclaration	Déclaration			Autorisation	Autorisation		Autorisation	Autorisation
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable		Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							Sous seuil			
		2.2.1.0	Rubrique applicable		Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure							Déclaration			
		2.2.3.0	Rubrique applicable		Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
	Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité	3.1.1.0	Rubrique applicable		Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
			Niveau de procédure								Autorisation		
		3.1.2.0	Rubrique applicable		Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				1402P	1401P	1403R	SMIV	ARD	1302P		1301P	VDM
Nom ouvrage				Rue Louis Marchandise et Avenue A.Thomas	Centre technique municipal	Raccordement SMI	SMI Vitry	Les Ardoines	Friche Arrighi	Plateforme portuaire associée à la Friche Arrighi	Rue de Rome	Le Vert de Maisons
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Site de maintenance	Gare et ouvrages associés	Puits attaque tunnelier devenant Ouvrage annexe	Plateforme portuaire	Ouvrage annexe	Gare et ouvrages associés
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique		Niveau de procédure						Autorisation			
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure									
		3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure									
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure						Sous seuil			
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Non	Non
			Niveau de procédure							Déclaration		
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure									

5.2.5 Section Vitry Centre à Champigny Centre - Partie 2/2

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				1201P	CLE	1103P	1102P	1101P	SMC	1003P	1002P	1001P	CHC
Nom ouvrage				Université de Créteil	Créteil l'Echât	Stade F. Desmont	Avenue Ceinture	Rue du Port	Saint-Maur Créteil	Impasse de l'Abbaye	Rue Charles Floquet	Avenue Roger Salengro	Champigny Centre
Type d'ouvrage				Ouvrages annexe	Gare et ouvrages associés	Puits d'accès tunnelier devenant ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare et ouvrages associés	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		1.2.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Autorisation	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Autorisation	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		2.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		2.2.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
	sur le milieu aquatique ou la	3.1.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				1201P	CLE	1103P	1102P	1101P	SMC	1003P	1002P	1001P	CHC
Nom ouvrage				Université de Créteil	Créteil l'Echât	Stade F. Desmont	Avenue Ceinture	Rue du Port	Saint-Maur Créteil	Impasse de l'Abbaye	Rue Charles Floquet	Avenue Roger Salengro	Champigny Centre
Type d'ouvrage				Ouvrages annexe	Gare et ouvrages associés	Puits d'accès tunnelier devenant ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare et ouvrages associés	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration								
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure										

5.2.6 Section Champigny Centre – Noisy-Champs - Partie 1/2

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				0902P	0901P	BVC	SMRC	0813S	0811S	0810S	0808P
Nom ouvrage				Rond Point du Colonel Grancey	Clos du Pré de l'Etang	Bry-Villiers-Champigny	SMR Champigny	Puits d'entrée tunnelier SMR	Av. M. Thorez	Rue Général Leclerc	Av. H. Dunant
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Site de maintenance et de remisage	Puits attaque tunnelier devenant Puits accès	Tunnel accès SMR - Ouvrage annexe	Tunnel accès SMR - Ouvrage annexe	Tunnel accès SMR - Ouvrage annexe
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Non	Non	Non
			Niveau de procédure			Déclaration	Déclaration	Sous seuil			
		2.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		2.2.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				0902P	0901P	BVC	SMRC	0813S	0811S	0810S	0808P
Nom ouvrage				Rond Point du Colonel Grancey	Clos du Pré de l'Etang	Bry-Villiers-Champigny	SMR Champigny	Puits d'entrée tunnelier SMR	Av. M. Thorez	Rue Général Leclerc	Av. H. Dunant
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Gare	Site de maintenance et de remisage	Puits attaque tunnelier devenant Puits accès	Tunnel accès SMR - Ouvrage annexe	Tunnel accès SMR - Ouvrage annexe	Tunnel accès SMR - Ouvrage annexe
			Niveau de procédure								
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								

5.2.7 Section Champigny Centre – Noisy-Champs - Partie 2/2

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				0807P	0806P	0805P	0804P	0803P	0802P	NCH	0801P
Nom ouvrage				Sentier des Marins	Rue Mozart	Av. Médéric	Place des Yvris	Rue du Ballon	Bd du Ru de Nesles	Noisy-Champs	Bd du Champ de Nesles
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Puits d'accès tunnelier devenant ouvrage annexe	Gare et ouvrages associés	Ouvrage annexe
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 1 : Prélèvements	1.1.1.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.1.2.0	Rubrique applicable	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
			Niveau de procédure	Autorisation	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration	Déclaration
		1.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
	Titre 2 : Rejets	2.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		2.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		2.2.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
	Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité	3.1.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								

Ligne				L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud	L15 Sud
Code Ouvrage SGP				0807P	0806P	0805P	0804P	0803P	0802P	NCH	0801P
Nom ouvrage				Sentier des Marins	Rue Mozart	Av. Médéric	Place des Yvris	Rue du Ballon	Bd du Ru de Nesles	Noisy-Champs	Bd du Champ de Nesles
Type d'ouvrage				Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Ouvrage annexe	Puits d'accès tunnelier devenant ouvrage annexe	Gare et ouvrages associés	Ouvrage annexe
Rubriques Article R.214-1 du code de l'environnement	Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique	3.1.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.1.3.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.1.4.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.1.5.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.2.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.2.2.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								
		3.3.1.0	Rubrique applicable	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Non
			Niveau de procédure								

5.3 Les rubriques de la nomenclature concernées par les ouvrages d'interconnexion RATP - SNCF

La réalisation de la ligne 15 Sud permettra d'assurer un maillage avec le réseau de transport existant. Environ 80% des gares de la nouvelle ligne assureront une correspondance avec les lignes ferrées actuelles, que ce soit avec le métro, le RER ou le Transilien.

Pour assurer ces correspondances, il est nécessaire dans certains cas, de réaliser des ouvrages dits d'interconnexion. Selon le contexte, ces ouvrages peuvent prendre des formes différentes. Le lecteur est invité à prendre connaissance de la pièce B.2 du présent dossier pour une présentation détaillée de chaque ouvrage d'interconnexion. Certains ouvrages peuvent présenter un enjeu sur l'eau, qu'il convient de prendre en compte dans le cadre de cette demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau, ceci en application des dispositions de l'article R.214-43 du code de l'environnement.

5.3.1 Analyse des interconnexions avec la RATP

L'analyse détaillée menée entre la Société du Grand Paris (SGP) et la Régie Autonome des Transports Parisiens (RATP) a permis, sur la base des données d'Avant-Projet respectifs à ces deux Maîtres d'Ouvrage, de déterminer les incidences potentielles suivantes des ouvrages sur la ressource en eau :

RATP - Analyse des incidences potentielles sur la ressource en eau

Gares	Ouvrages concernés	Eaux souterraines	Eaux superficielles
Pont de Sèvres	Ouvrages souterrains d'interconnexion	Ouvrage hors nappe (sauf en cas de crue centennale)	Ouvrage hors zones PPRI
Châtillon-Montrouge	Passerelle et quai	Ouvrage hors nappe	Ouvrage hors zones PPRI
Bagneux	Ouvrages de correspondance intégrés à la gare SGP	Pompage de fonds de fouille intégré à celui de la gare SGP	Ouvrage hors zones PPRI
Arcueil-Cachan	Ouvrages souterrains d'interconnexion	Ouvrage hors nappe	Ouvrage hors zones PPRI
Villejuif Louis Aragon	Ouvrages souterrains d'interconnexion	Ouvrage sous nappe (nappe du Calcaire de Brie)	Ouvrage hors zones PPRI
Créteil l'Echât	Ouvrages souterrains d'interconnexion et nouvelle sortie	Ouvrage hors nappe (sauf en cas de crue cinquantennale)	Ouvrage en limite de zone PPRI (rampe et lien de ville à priori concerné)
Saint-Maur Créteil	Ouvrages souterrains d'interconnexion et nouvelle sortie	Ouvrage hors nappe	Ouvrage hors zones PPRI
Noisy-Champs	Ouvrages souterrains d'interconnexion	Ouvrage sous nappe (nappe du Calcaire de Brie)	Ouvrage hors zones PPRI

Ainsi, les ouvrages des interconnexions RATP pouvant engendrer de potentiels impacts sur la ressource en eau sont les suivants :

- Gare de Pont de Sèvres – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Bagneux – Ouvrages d'interconnexion (intégrés dans le périmètre d'aménagement SGP),
- Gare de Villejuif Louis Aragon – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Créteil l'Echat – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Noisy-Champs – Ouvrages d'interconnexion (intégrés dans le périmètre d'aménagement SGP).

Une fois cette première analyse menée, une étude plus approfondie a permis de déterminer les incidences spécifiques par ouvrages, réparties en fonction des deux types de ressources en eau (souterraine et superficielle).

Le tableau de synthèse suivant explicite les impacts avérés :

RATP - Détails des incidences avérées sur la ressource en eau

Gares	Eaux souterraines	Eaux superficielles
Pont de Sèvres	Phase chantier : En cas de crue centennale, la fouille sera ennoyée et les travaux arrêté. Une fois la crue terminée, un pompage de fond de fouille (cas exceptionnel) sera fait pour la reprise des travaux Phase exploitation : Absence de pompage	Sans objet
Châtillon-Montrouge	Sans objet	Sans objet
Bagneux	Pompage de fonds de fouille intégré à celui de la gare SGP	Sans objet
Arcueil-Cachan	Sans objet	Sans objet
Villejuif Louis Aragon	Phase chantier : Epuisement de l'eau contenue dans la « boite » étanche, sans réalimentation par le fond de fouille. En l'absence de données fiables, il est difficile de calculer le débit attendu mais il peut être raisonnablement estimé inférieur à 10 000 m3/an Phase exploitation : Absence de pompage	Sans objet

Gares	Eaux souterraines	Eaux superficielles
Créteil l'Echât	Phase chantier : Pour le lien de ville, en cas de crue cinquantennale, la fouille sera ennoyée et les travaux arrêté. Une fois la crue terminée, un pompage de fond de fouille (cas exceptionnel) sera fait pour la reprise des travaux Phase exploitation : Absence de pompage	La rampe d'accès représente une zone soustraite au champ d'expansion des crues, inférieure à 400 m2
Saint-Maur Créteil	Sans objet	Sans objet
Noisy-Champs	Phase chantier : Epuisement de l'eau contenue dans la « boite » étanche, sans réalimentation par le fond de fouille. En l'absence de données fiables, il est difficile de calculer le débit attendu mais il peut être raisonnablement estimé inférieur à 10 000 m3/an Phase exploitation : Absence de pompage	Sans objet

In fine, les ouvrages des interconnexions RATP ayant des incidences sur la ressource en eau (impliquant la vérification de l'application des rubriques de l'article R214-1 du Code de l'Environnement) sont les suivants :

- Gare de Villejuif Louis Aragon – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Créteil l'Echat – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Noisy-Champs – Ouvrages d'interconnexion.

5.3.2 Analyse des interconnexions avec la SNCF

L'analyse détaillée menée entre la Société du Grand Paris (SGP) et la Société Nationale des Chemins de Fer français (SNCF) a permis, sur la base des données d'Avant-Projet respectifs à ces deux Maîtres d'Ouvrage, de déterminer les incidences potentielles suivantes des ouvrages sur la ressource en Eau :

SNCF - Analyse des incidences potentielles sur la ressource en eau

Gares	Ouvrages concernés	Eaux souterraines	Eaux superficielles
Issy RER	Parvis, couverture de quais, …	Ouvrage hors nappe	Ouvrage hors zones PPRI + Rejets d'eaux pluviales potentiels
Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Ouvrage souterrain d'interconnexion	Ouvrage hors nappe	Ouvrage hors zones PPRI
Les Ardoines	Ouvrages souterrains et surfaciques d'interconnexion Extension de quais	Phase chantier : Création d'enceintes étanches sur tout le pourtour des zones d'intervention situées sous le niveau des eaux permettant d'éviter le rabattement de nappe et la mise en œuvre d'un simple dispositif d'assainissement de fond de fouilles Phase exploitation : Absence de pompage	Ouvrage en zones PPRI
Le Vert de Maisons	Ouvrage souterrain d'interconnexion	Phase chantier : Création d'enceintes étanches sur tout le pourtour des zones d'intervention situées sous le niveau des eaux permettant d'éviter le rabattement de nappe et la mise en œuvre d'un simple dispositif d'assainissement de fond de fouilles Phase exploitation : Absence de pompage	Ouvrage en zones PPRI

Ainsi, les ouvrages des interconnexions SNCF pouvant engendrer de potentiels impacts sur la ressource en eau sont les suivants :

- Gare d'Issy – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare des Ardoines – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Vert de Maison – Ouvrages d'interconnexion.

Une fois cette première analyse menée, une étude plus approfondie a permis de déterminer les incidences spécifiques par ouvrages, réparties en fonction des deux types de ressources en eau (souterraine et superficielle).

Le tableau de synthèse suivant explicite les impacts avérés :

SNCF - Détails des incidences avérées sur la ressource en eau

Gares	Eaux souterraines	Eaux superficielles
Issy RER	Sans objet	Rejets d'eaux pluviales potentiels au milieu naturel ou au réseau (surface de ruissellement concernée de l'ordre de 3 000 m2)
Les Ardoines	Phase chantier : Pompage de fond de fouille estimé à 30 m3/h (avec rejet des eaux d'exhaure en réseaux) Phase exploitation : Absence de pompage	L'extension des quais concerne une emprise de 3000 m2 en zone inondable (soit 2 000 m3)
Le Vert de Maisons	Phase chantier : Pompage de fond de fouille estimé à 30 m3/h (avec rejet des eaux d'exhaure en réseaux) Phase exploitation : Absence de pompage	Il s'agit de la création d'un cheminement de correspondance en souterrain. Le pompage nécessaire à la réalisation des travaux est intégré dans le calcul global du chantier de la SGP.

In fine, les ouvrages des interconnexions RATP ayant des incidences sur la ressource en eau (impliquant la vérification de l'application des rubriques de l'article R214-1 du Code de l'Environnement) sont les suivants :

- Gare d'Issy – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare des Ardoines – Ouvrages d'interconnexion,
- Gare de Vert de Maison – Ouvrages d'interconnexion.

5.3.3 Synthèse des rubriques « Loi sur l'Eau » applicables aux interconnexions

Le tableau de synthèse suivant synthétise les rubriques du Code de l'Environnement (article R214-1) applicables aux ouvrages d'interconnexions entre les aménagements SGP et RATP, sous Maîtrise d'Ouvrage RATP :

Interconnexions RATP – Tableau de synthèse des rubriques applicables

Gares	Aménagements concernés	Rubriques	Justification
Villejuif Louis Aragon	Dispositif d'assainissement de fond de fouilles (pour les zones d'intervention situées sous le niveau des eaux)	1.1.2.0	Pompage - Sans objet : Débit de pompage, en phase travaux, inférieur à 10 000 m3/an (inférieure au seuil de déclaration) + Absence de pompage en phase exploitation
Créteil l'Echât	Réalisation d'ouvrages d'interconnexion (dont nouvelle sortie) situés en limite de zone inondable	3.2.2.0	Zones inondables - Sans objet : Rampe d'accès représentant une zone soustraite au champ d'expansion des crues, inférieure à 400 m2 (inférieure au seuil de déclaration)
Noisy-Champs	Dispositif d'assainissement de fond de fouilles (pour les zones d'intervention situées sous le niveau des eaux)	1.1.2.0	Pompage - Sans objet : Débit de pompage, en phase travaux, inférieur à 10 000 m3/an (inférieure au seuil de déclaration) + Absence de pompage en phase exploitation

In fine, au vu des caractéristiques des ouvrages (en phases travaux et exploitation) aucun seuil des rubriques potentiellement concernées ne sont atteints.

Les ouvrages d'interconnexion SGP-RATP, sous Maîtrise d'Ouvrage RATP ne sont donc soumis à aucune rubrique « Loi sur l'Eau » (Article R214-1 du Code de l'Environnement).

Le tableau de synthèse suivant synthétise les rubriques du Code de l'Environnement (article R214-1) applicables aux ouvrages d'interconnexions entre les aménagements SGP et SNCF, sous Maîtrise d'Ouvrage SNCF :

Interconnexions SNCF – Tableau de synthèse des rubriques applicables

Gares	Aménagements concernés	Rubriques	Justification
Issy RER	Surfaces imperméabilisées (parvis, couverture de quais, …)	2.1.5.0 (Application si rejet en milieu naturel)	<u>Rejets d'eaux pluviales - Sans objet :</u> Surface de ruissellement concernée de l'ordre de 3 000 m2 (inférieure au seuil de déclaration)
Les Ardoines	Dispositif d'assainissement de fond de fouilles (pour les zones d'intervention situées sous le niveau des eaux) Extension de quais situés en zone inondable	1.2.2.0 3.2.2.0	<u>Pompage – Sans objet :</u> Pompage de fond de fouille estimé à 30 m3/h (inférieur au seuil de la rubrique) + Absence de pompage en phase exploitation <u>Zones inondables – Déclaration :</u> Emprise de la création de quais en zone inondable sur une surface de l'ordre de 3000 m2 (volume concerné de 2 000 m3)
Le Vert de Maisons	Dispositif d'assainissement de fond de fouilles (pour les zones d'intervention situées sous le niveau des eaux) Aménagements de la gare situés en zone inondable	1.2.2.0	<u>Pompage – Sans objet :</u> Pompage de fond de fouille estimé à 30 m3/h (inférieur au seuil de la rubrique) + Absence de pompage en phase exploitation

In fine, au vu des caractéristiques des ouvrages (en phases travaux et exploitation) seule la rubrique 3.2.2.0 (« Emprise en zone inondable ») est concernée par les aménagements d'interconnexion de la SNCF.

L'ouvrage d'interconnexion SGP-SNCF, sous Maîtrise d'Ouvrage SNCF pour la gare des Ardoines est donc soumis à la rubrique 3.2.2.0 « Loi sur l'Eau » (Article R214-1 du Code de l'Environnement).

Les prescriptions réglementaires concernées (compensations volumiques des emprises au champ d'expansion des crues notamment) seront donc appliquées à ces ouvrages ; celles-ci font l'objet d'une analyse spécifique au sein du présent dossier Etude d'impact/Loi sur l'Eau relatif à la Ligne 15 Sud, dans la pièce B.3.

6. Notice d’incidences au titre de la Loi sur l’Eau

6.1 Contenu de l'étude d'impact et exigences de la Loi sur l'Eau

En application des dispositions de l'article R.214-6 du code de l'environnement, le dossier de demande d'autorisation doit contenir un dossier d'incidences sur l'eau contenant les éléments suivants :

Correspondance entre les exigences d'une notice d'incidences Loi sur l'Eau et le contenu de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud (rouge)

Contenu du document d'incidences Loi sur l'Eau défini à l'article R.214-6 du code de l'environnement	Présence de ces éléments dans l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud
a) Indiquant les incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes, du projet sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou affectées et compte tenu des variations saisonnières et climatiques ;	L'analyse des impacts directs, indirects, temporaires et permanents sont présentés dans la pièce B.3 du présent dossier : " Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées ". Les enjeux sont traités dans les rubriques relatives à l'eau, l'hydrogéologie, les eaux pluviales, les inondations, les frayères, les zones humides…
b) Comportant l'évaluation des incidences du projet sur un ou plusieurs sites Natura 2000, au regard des objectifs de conservation de ces sites. Le contenu de l'évaluation d'incidence Natura 2000 est défini à l'article R. 414-23 et peut se limiter à la présentation et à l'exposé définis au I de l'article R. 414-23, dès lors que cette première analyse conclut à l'absence d'incidence significative sur tout site Natura 2000 ;	L'étude des incidences du projet sur les sites Natura 2000 les plus proches est présentée dans la pièce B.3 "Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées", dans la rubrique « 1.12 Natura 2000 ».
c) Justifiant, le cas échéant, de la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L. 566-7 et de sa contribution à la réalisation des objectifs visés à l'article L. 211-1 ainsi que des objectifs de qualité des eaux prévus par l'article D. 211-10 ;	L'analyse de la compatibilité du projet avec les orientations du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Eau Seine Normandie est présentée dans la pièce B.3 "Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées", dans la rubrique « 5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau ». Des focus spécifiques sont également proposés dans la pièce B.3, au niveau des rubriques spécifiques à l'eau : eaux pluviales, inondations, frayères, hydrogéologie...
d) Précisant s'il y a lieu les mesures correctives ou compensatoires envisagées ;	Pour faciliter la lecture de l'étude d'impact, les mesures proposées par la Société du Grand Paris pour éviter, réduire ou le cas échéant compenser les impacts du projet sont présentées au niveau de chaque thématique en lien direct avec l'impact à traiter. Cette démarche permet de s'assurer du bon traitement de tous les impacts potentiels identifiés.
e) Les raisons pour lesquelles le projet a été retenu parmi les alternatives ainsi qu'un résumé non technique.	L'analyse des variantes d'aménagement pour les ouvrages du projet est présentée dans la pièce B.2 du présent dossier : " Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Description du projet ", dans la rubrique « 4. Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu. »
5° Les moyens de surveillance prévus et, si l'opération présente un danger, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ;	Pour faciliter la lecture de l'étude d'impact, les mesures proposées par la Société du Grand Paris pour assurer la surveillance en cas d'incident ou d'accident sont présentées au niveau des thématiques concernées. Il convient de se référer aux rubriques de la pièce B.3, comme inondations, eaux pluviales…
6° Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier, notamment de celles mentionnées aux 3° et 4°.	Pour faciliter la lecture de l'étude d'impact, les éléments graphiques sont insérés dans les différentes pièces du document en lien avec les informations et les éléments d'analyses présentés.

Le e) de l'article R.214-6 du code de l'environnement prévoit que « Lorsqu'une étude d'impact est exigée en application des articles R.122-2 et R.122-3, elle est jointe à ce document, qu'elle remplace si elle contient les informations demandées ».

Les raisons conduisant à la nécessité d'élaborer une étude d'impact pour ce projet sont présentées au paragraphe 1.3 de la présente pièce.

L'étude d'impact élaborée dans le cadre de la présente demande comporte l'ensemble des éléments demandés par la réglementation relative à une demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau. Elle peut donc remplacer le dossier d'incidences Loi sur l'Eau.

Il convient de noter que cette étude d'impact vise également à repondre aux exigences des autres procédures nécessaires au démarrage des travaux de la ligne 15 Sud (rouge). Cette étude d'impact comprend à ce titre des éléments concernant les boisements (procédure de demande d'autorisation de défrichement), et concernant les effets potentiels liés aux gares (procédures de demande de permis de construire pour ces ouvrages).

6.2 Organisation de l'étude d'impact

L'étude d'impact de la Ligne 15 Sud valant dossier d'incidences est organisée de la manière suivante :

- Pièce B.1 : Etat initial. Ce document contient notamment :
  - Le contexte du projet et le cadre réglementaire
  - La présentation des auteurs de l'étude d'impact
  - Un état initial sur l'ensemble des thématiques environnementales. Ce diagnostic a été réalisé sur la base de deux aires d'études selon le sujet étudié. S'agissant des enjeux locaux, l'état initial porte sur un périmètre de 500 mètres de part et d'autre du tracé préférentiel retenu.
  - Une évaluation des enjeux environnementaux à l'échelle du programme du Grand Paris Express qui comporte d'autres futures lignes de métro

- Pièce B.2 : Description du projet. Ce document contient notamment :
  - Une présentation des différents types d'ouvrages nécessaires à la future ligne de métro : gares, ouvrages de sécurité, tunnel, sites de maintenance, plates-formes fluviales pour l'évacuation des déblais et l'apport de matériaux de construction…
  - Une présentation détaillée de chaque gare et de chaque ouvrage de sécurité avec une description du site d'implantation, des caractéristiques de l'ouvrage et des méthodes constructives retenues
  - Une présentation des variantes d'aménagement, et les raisons ayant conduit la Société du Grand Paris à retenir le projet présenté

- Pièce B.3 : Analyse des impacts et présentation des mesures associées. Ce document contient notamment :
  - L'analyse des impacts potentiels du projet sur l'environnement. Les différents sujets sont traités en application du principe de proportionnalité selon le niveau d'enjeux identifiés dans l'état initial. Les impacts directs, indirects, temporaires ou permanents sont étudiés.
  - La proposition de mesures spécifiques pour éviter, réduire, ou le cas échéant compenser les impacts identifiés. Pour faciliter la lecture du dossier, les mesures sont présentées de manière associée avec les impacts qu'elles concernent.
  - Une évaluation des impacts à l'échelle du programme est proposée.

- Pièce B.4 : Résumé non technique. Ce document reprend les principales informations et conclusions de l'étude d'impact, notamment :
  - Les enjeux environnementaux identifiés dans l'aire d'étude du projet, ou à une échelle plus large.
  - La description des ouvrages du projet
  - Les principaux impacts du projet et les mesures prévues pour éviter, réduire ou compenser ces effets.

- Pièce B.5 : Annexes. Pour faciliter la lecture, certains éléments considérés comme techniques n'ont pas été intégrés dans leur totalité dans l'étude d'impact. Ils sont présentés dans ces annexes :
  - Annexe 1 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Marne du pont de l'A4 à l'Ile d'Amour et du Port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort
  - Annexe 2 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais
  - Annexe 3 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont du Garigliano à la passerelle de l'Avre
  - Annexe 4 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique de la boucle de Boulogne-Billancourt (92)
  - Annexe 5 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique du territoire traversé par ligne 15 sud entre les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre
  - Annexe 6 : Fiches de résultats détaillés des campagnes de mesures des niveaux de bruit réalisées au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud
  - Annexe 7 : Charte environnement des chantiers
  - Annexe 8 : Politique Qualité Sécurité Environnement
  - Annexe 9 : Fiches sondages zones humides

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION
(CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

PIÈCE **B.1**

Étude d'impact de la ligne 15 Sud (rouge)

État initial

Sommaire

1. Introduction 7
1.1 Objet de la présente étude d'impact 9
1.1.1 Présentation générale du Grand Paris Express 9
1.1.2 Présentation des acteurs : Société du Grand Paris, STIF, RATP 12
1.1.3 Caractéristiques de la Ligne 15 Sud 13
1.2 Contexte réglementaire de l'étude d'impact 14
1.2.1 Code de l'Environnement 14
1.2.2 Loi « Grenelle 2 » 14
1.3 Auteurs des études 14
1.4 Constitution du dossier d'étude d'impact de la Ligne 15 Sud 16
1.5 Présentation des aires d'études 20

2. Etat initial de l'environnement 27
2.1 Climatologie 29
2.1.1 Climat local 29
2.1.2 Pluviométrie 29
2.1.3 Températures 29
2.1.4 Vents 30
2.1.5 Evapotranspiration 30
2.1.6 Niveau kéraunique 30
2.2 Relief – Topographie 31
2.2.1 Analyse du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud 31
2.2.2 Synthèse des enjeux liés à la géomorphologie et la topographie 33
2.3 Eaux superficielles et risques associés 34
2.3.1 Présentation du réseau hydrographique, des documents de planification et des masses d'eau 34
2.3.2 Hydrologie 44
2.3.3 Qualité des eaux superficielles 46
2.3.4 Usages liés aux eaux superficielles 52
2.3.5 Risques d'inondation liés aux débordements de cours d'eau 55
2.3.6 Autres risques associés aux eaux superficielles 67
2.3.7 Synthèse des enjeux liés aux eaux superficielles et aux risques associés 70
2.4 Géologie 71
2.4.1 Méthodologie d'étude 71
2.4.2 Déroulement du projet et données utilisées pour la description du milieu 71
2.4.3 Campagnes de sondages réalisées 72
2.4.4 Séquence lithologique complète en Ile-de-France 78
2.4.5 Géologie détaillée au niveau de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud 78
2.4.6 Contraintes mécaniques des couches géologiques traversées 87
2.5 Risques géologiques 88
2.5.1 Risques associés à la sismicité 88
2.5.2 Risques associés à la présence d'anciennes carrières 89
2.5.3 Risques associés à la présence de Gypse dans le sous-sol 102
2.5.4 Risques associés au phénomène de retrait-gonflement des argiles en surface 117
2.5.5 Risques associés à la présence d'argiles dans le sous-sol 121
2.5.6 Risques associés aux autres aléas géologiques 125
2.5.7 Synthèse des enjeux liés à la géologie et aux risques associés 126
2.6 Hydrogéologie 127
2.6.1 Généralités 127
2.6.2 Méthodologie retenue par la Société du Grand Paris 130
2.6.3 Déroulement du projet et données utilisées pour la description du milieu 130
2.6.4 Aquifères rencontrés dans l'aire d'étude 137
2.6.5 Fluctuations de la nappe 160
2.6.6 Relations nappe-rivière 171
2.6.7 Usages des eaux souterraines 173
2.6.8 Qualité des eaux souterraines 182
2.7 Risques hydrogéologiques 190
2.7.1 Risques associés à l'effet barrage 190
2.7.2 Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine 191
2.7.3 Risques associés au rejet des eaux souterraines 192
2.7.4 Risques associés à la mise en communication de nappes 193
2.7.5 Synthèse des enjeux liés à l'hydrogéologie et aux risques associés 195
2.8 Occupation du sous-sol 196

2.8.1 Réseaux et ouvrages souterrains 196
2.8.2 Bâti et niveaux de sous-sol 219
2.8.3 Synthèse des enjeux liés à l'occupation du sous-sol 254
2.9 Gestion des terres et milieux pollués 256
2.9.1 Gestion des déblais 256
2.9.2 Risques pyrotechniques 271
2.9.3 Pollution du milieu souterrain 272
2.9.4 Synthèse des enjeux liés à la gestion des terres et des milieux pollués 291
2.10 Vibrations 292
2.10.1 Notions sur les vibrations 292
2.10.2 Sensibilité potentielle du territoire aux vibrations 293
2.10.3 Démarche sur l'étude des vibrations 301
2.10.4 Synthèse des enjeux liés aux vibrations 301
2.11 Milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000 304
2.11.1 Généralités 304
2.11.2 Recensement des zonages du patrimoine naturel 304
2.11.3 Zoom sur le réseau Natura 2000 aux abords du fuseau d'étude 317
2.11.4 Approche écologique des milieux naturels, espèces et habitats d'espèces 321
2.11.5 Habitats naturels et semi-naturels 326
2.11.6 Flore 337
2.11.7 Oiseaux 343
2.11.8 Amphibiens 348
2.11.9 Reptiles 352
2.11.10 Insectes 352
2.11.11 Chauves-souris 359
2.11.12 Mammifères (hors chauves-souris) 361
2.11.13 Faune piscicole 362
2.11.14 Espèces invasives 364
2.11.15 Fonctionnalité et continuités écologiques du fuseau d'étude 365
2.11.16 Synthèse des enjeux liés aux milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000 371
2.12 Boisements au sens du Code forestier 374
2.12.1 Rappel méthodologique 374
2.12.2 Contexte forestier à l'échelle du fuseau d'étude 374
2.12.3 Localisation des boisements 376
2.12.4 Types de peuplements forestiers 376
2.12.5 Espèces forestières et fonctionnalité écologique 376
2.12.6 Caractérisation des boisements 382
2.12.7 Synthèse des enjeux liés aux boisements 386
2.13 Zones humides 388
2.13.1 Généralités 388
2.13.2 Cadrage réglementaire 388
2.13.3 Outil de planification 389
2.13.4 Méthodologie d'identification des zones humides potentielles 392
2.13.5 Synthèse des secteurs d'aménagement identifiés à enjeux pour la thématique « zones humides » 395
2.13.6 Méthode de délimitation réglementaire appliquée sur les secteurs d'aménagement des ouvrages émergents 396
2.13.7 Résultats de la délimitation sur le critère « habitats naturels » 399
2.13.8 Résultats de la délimitation sur le critère « pédologie » 414
2.13.9 Synthèse relative à la délimitation des zones humides 425
2.13.10 Faune et flore associées aux zones considérées comme humides 430
2.13.11 Fonctionnalité des zones humides identifiées 437
2.13.1 Synthèse des enjeux liés aux zones humides 442
2.14 Frayères 444
2.14.1 Contexte et présentation des secteurs d'aménagement concernés 444
2.14.2 Cadrage réglementaire 444
2.14.3 Outil de planification à l'échelle régionale 445
2.14.4 Rappel méthodologique 449
2.14.5 Etat initial sur la faune piscicole et les frayères 450
2.14.6 Synthèse des enjeux liés aux frayères 466
2.15 Agriculture et pédologie 468
2.15.1 Occupation agricole du sol 468
2.15.2 Caractéristiques des exploitations agricoles et des jardins familiaux 468
2.15.3 Dispositifs en place en faveur de l'agriculture 469
2.15.4 Pédologie 469
2.15.5 Synthèse des enjeux liés l'agriculture et la pédologie 472
2.16 Paysage, patrimoine architectural et archéologie 473
2.16.1 Patrimoine culturel protégé 473

2.16.2 Paysage 501
2.16.3 Patrimoine archéologique 507
2.16.4 Synthèse des enjeux liés au paysage, au patrimoine culturel et archéologique 510
2.17 Population, emploi et occupation du sol 511
2.17.1 Croissance démographique et crise du logement 511
2.17.2 Emploi et déséquilibres habitat/emploi 514
2.17.3 Densification des espaces urbanisés 516
2.17.4 Inégalités sociales et territoriales 538
2.17.5 Synthèse des enjeux en termes de population d'emploi et d'occupation du sol 538
2.18 Urbanisme réglementaire 540
2.18.1 Organisation territoriale 540
2.18.2 Outils de structuration de l'espace 542
2.18.3 Opérations d'Intérêt National (OIN) 543
2.18.4 Contrats de Développement Territorial (CDT) 546
2.18.5 Documents d'urbanisme 550
2.18.6 Synthèse des enjeux liés à l'urbanisme 561
2.19 Risques technologiques 562
2.19.1 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement 563
2.19.2 Canalisations de gaz 565
2.19.3 Etablissements Seveso 565
2.19.4 Risques pyrotechniques 575
2.19.5 Risque lié au transport de matières dangereuses (TMD) 575
2.19.6 Synthèse des enjeux liés aux risques technologiques 576
2.20 Mobilité 577
2.20.1 L'offre en transports 577
2.20.2 Les déplacements 577
2.20.3 La charge et la saturation des réseaux 586
2.20.4 La mobilité à proximité des futures gares 587
2.20.5 Synthèse des enjeux liés à la mobilité 604
2.21 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre 606
2.21.1 Energie 606
2.21.2 Gaz à effet de serre 611
2.21.3 Synthèse des enjeux liés à l'énergie et aux gaz à effet de serre 617
2.22 Environnement sonore 618
2.22.1 Notions préalables 618
2.22.2 Cadre réglementaire 619
2.22.3 Méthodologie d'analyse de l'environnement sonore 623
2.22.4 Etat initial du bruit à l'échelle du fuseau d'étude 624
2.22.5 Etat initial du bruit à l'échelle des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents 636
2.22.6 Synthèse des enjeux liés à l'environnement sonore 658
2.23 Ondes électromagnétiques 664
2.23.1 Généralités 664
2.23.2 Principes d'analyse des ondes électromagnétiques 664
2.23.3 Valeurs limites recommandées 665
2.23.4 Etat des lieux des ondes électromagnétiques 665
2.23.5 Mesures de champs électromagnétiques 666
2.23.6 Mesures de champs magnétiques à la fréquence 50 Hz 670
2.23.7 Synthèse des enjeux liés aux ondes électromagnétiques 671
2.24 Santé et sécurité 672
2.24.1 Indicateurs généraux de la santé des Franciliens 672
2.24.2 Qualité de l'air 673
2.24.3 Effets du bruit sur la santé 683
2.24.4 Sécurité routière 685
2.24.5 Sécurité des personnes et sureté des gares 689
2.24.6 Synthèse des enjeux liés à la santé et la sécurité 691

3. Enjeux identifiés à l'issue de l'état initial 693

4. Évaluation des enjeux à l'échelle du programme du Grand Paris Express 705
4.1 Répartition territoriale et étalement urbain à l'échelle Francilienne 707
4.2 Mobilité 707
4.3 Environnement sonore 707
4.4 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre 707
4.5 Qualité de l'air 708
4.6 Archéologie 708
4.7 Milieux naturels, faune, flore, Natura 2000 et continuités écologiques 708
4.8 Eaux superficielles et souterraines 709
4.9 Gestion des déblais 710

1. Introduction

1.1 Objet de la présente étude d'impact

La présente étude d'impact correspond à l'étude du métro automatique Ligne 15 Sud du Grand Paris Express, sur le linéaire compris entre la gare de Pont de Sèvres (incluse) et la gare de Noisy-Champs (incluse).

Ce tronçon comprend en outre une section complémentaire sur le linéaire entre la gare de Pont de Sèvres et l'Ile de Monsieur, nécessaire à la réalisation des travaux et à l'exploitation de la Ligne 15 Sud.

1.1.1 Présentation générale du Grand Paris Express

Le programme constituant le « réseau Grand Paris Express » est composé :

- du réseau de transport public du Grand Paris comprenant des liaisons en rocade parcourant les territoires de proche et moyenne couronnes (« ligne rouge » et « ligne verte ») complétées par une liaison radiale (« ligne bleue ») : les caractéristiques principales de ces infrastructures de transports en commun nouvelles sont décrites dans le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, approuvé par le décret n° 2011-1011 du 24 août 2011 ;

- du réseau complémentaire structurant (« ligne orange »), dont la réalisation est recommandée par le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, en tant que projet susceptible d'offrir la meilleure complémentarité avec les lignes rouge, verte et bleue.

Ce nouveau réseau de métro automatique a pour ambition de relier entre eux, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne, les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France.

Le 6 mars 2013, le Gouvernement a présenté ses orientations concernant la définition des projets de transport en commun en Ile-de-France (relevant à la fois du Grand Paris Express ainsi que de la modernisation et de l'extension du réseau existant), leur calendrier, leur financement et leur mise en œuvre, dans le cadre du « Nouveau Grand Paris des transports ».

Ce projet global réaffirme les enjeux relatifs au réseau de transport en commun francilien actuel, en mettant l'accent sur les objectifs d'amélioration à court terme du service offert (information voyageurs, fiabilité et régularité des lignes) et sur les opérations de modernisation et d'extension du réseau existant prévues au Plan de mobilisation pour les transports. En ce qui concerne le réseau Grand Paris Express, les orientations retenues visent à définir un projet optimisé et performant, consistant notamment à adapter la capacité de transport envisagée sur certains tronçons aux besoins de mobilité et aux trafics prévisionnels attendus. La traduction de ces orientations en termes de schéma d'exploitation prévisionnel et de dimensionnement de l'offre de transport conduit à définir, à partir du réseau de transport public du Grand Paris et du réseau complémentaire structurant, trois ensembles de projets constitutifs du Grand Paris Express :

- une liaison de rocade, la ligne 15, regroupant les tronçons les plus chargés des lignes rouge et orange et assurant tout particulièrement la désaturation des réseaux de transport en commun en cœur d'agglomération ;

- des métros automatiques à capacité adaptée pour la desserte des territoires en développement, concernant les tronçons nord-est et est de la ligne rouge (les lignes 16 et 17 entre Saint-Denis Pleyel, Noisy-Champs et Le Mesnil-Amelot) ainsi que la ligne verte (ligne 18) entre Orly et Versailles ;

- des prolongements de lignes de métro existantes lorsque cela apparaît pertinent tant fonctionnellement que du point de vue de la rapidité de mise en œuvre : sont concernés le prolongement de la ligne 14 au nord jusqu'à Saint-Denis Pleyel et au sud jusqu'à Orly (soit la ligne bleue du schéma d'ensemble), ainsi que le prolongement de la ligne 11 jusqu'à Noisy-Champs via Rosny Bois-Perrier (qui reprend l'un des tronçons constitutifs de la ligne orange, la prise en compte de cette option ayant été confirmée à l'occasion de l'approbation par le Conseil du STIF en décembre 2013 du bilan de la concertation réalisée sur la ligne orange).

Conformément à la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, les infrastructures constituant le réseau de transport public du Grand Paris sont sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris. Le 16 février 2015, le Conseil de surveillance de la Société du Grand Paris a approuvé la conclusion d'une convention de co-maîtrise d'ouvrage avec la RATP pour la réalisation du prolongement Sud de la ligne 14 (ligne bleue du réseau de transport public du Grand Paris) entre Paris et Orly.

Par ailleurs, le 11 février 2015, le Conseil du STIF a désigné la Société du Grand Paris maître d'ouvrage de la « Ligne 15 Est », qui correspond au tronçon du réseau complémentaire structurant intégré à la liaison de rocade de la ligne 15. Le Conseil de surveillance de la Société du Grand Paris a approuvé la convention relative à l'exercice de cette maîtrise d'ouvrage le 16 février 2015. Cette convention vise à assurer une meilleure cohérence entre les différents tronçons qui constituent la rocade de la ligne 15, réunis sous la responsabilité d'un même maître d'ouvrage.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs de la ligne rouge correspond à la partie Sud de la ligne 15, dans le schéma d'exploitation présenté par le Gouvernement en mars 2013. À ce titre, le projet est également désigné sous l'appellation « Ligne 15 Sud » dans la présente étude d'impact.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a fait l'objet d'une enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique du 7 octobre au 18 novembre 2013. L'étude d'impact accompagnant le dossier d'enquête publique a notamment fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) le 10 juillet 2013.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a été déclaré d'utilité publique par le décret n° 2014-1607 du 24 décembre 2014.

Schéma d'ensemble du transport public du Grand Paris – Décret en Conseil d'Etat du 24 août 2011

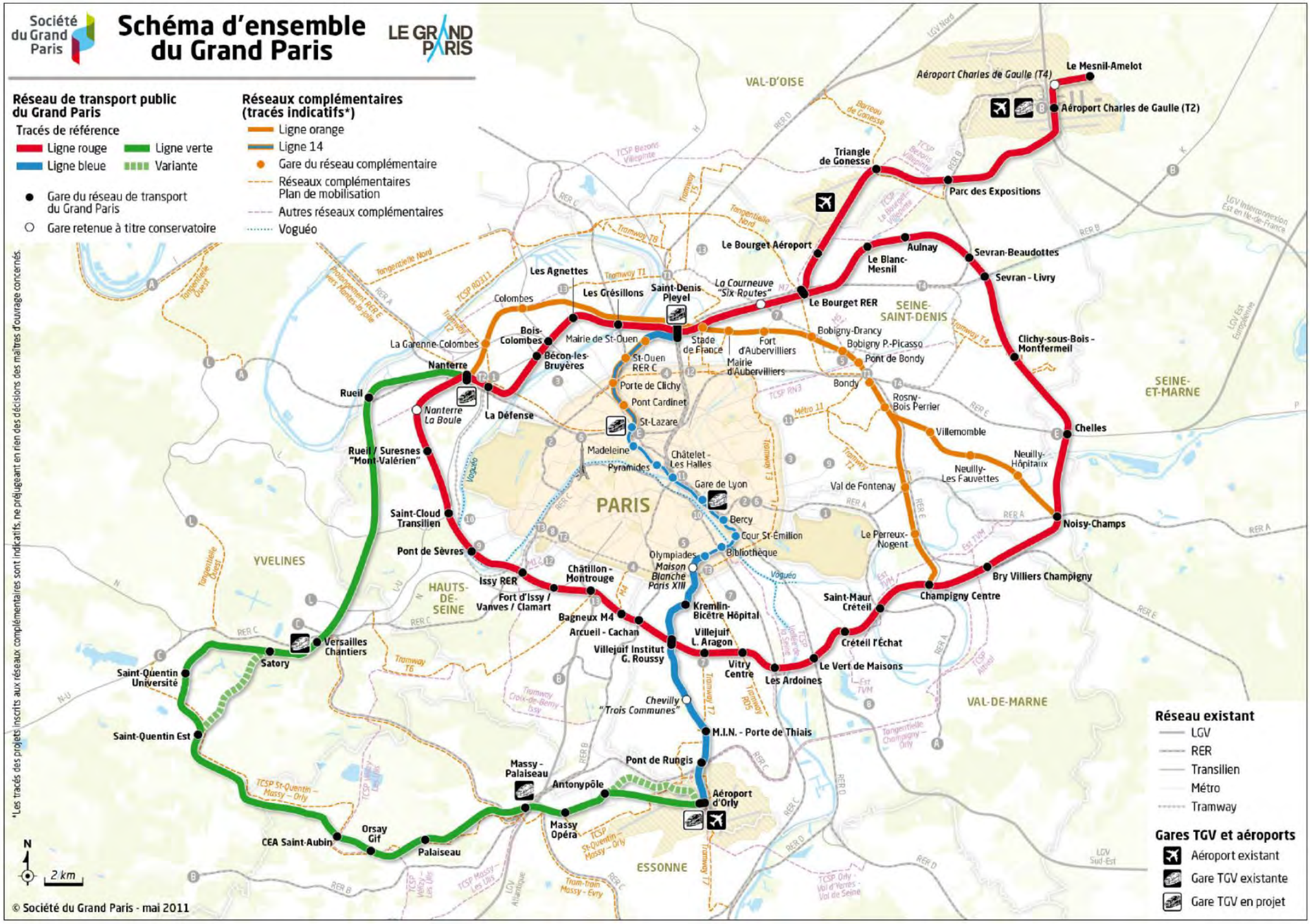
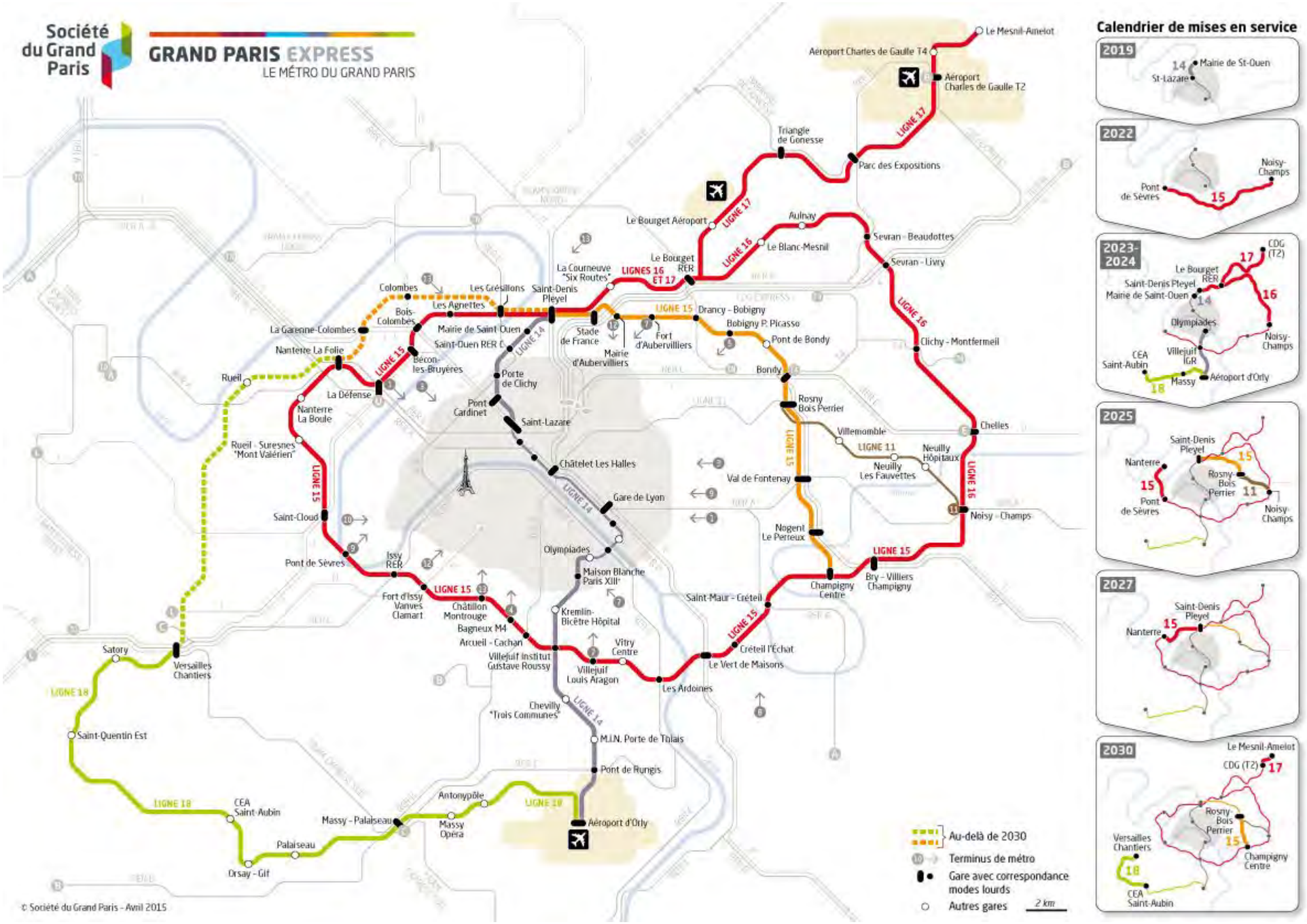


Schéma d'ensemble et horizons de mise en service suite aux annonces du Premier ministre le 9 juillet 2014



1.1.2 Présentation des acteurs : Société du Grand Paris, STIF, RATP

Le maître d'ouvrage est la personne, morale ou physique, pour le compte de laquelle est réalisé un projet. En vertu de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, la Société du Grand Paris (SGP) est le maître d'ouvrage du projet faisant l'objet du présent dossier.

Cet établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial a été créé par l'article 7 de ladite loi. La Société du Grand Paris a pour mission principale de concevoir et d'élaborer le schéma d'ensemble et les projets d'infrastructures composant le réseau de transport public du Grand Paris et d'en assurer la réalisation, qui comprend la construction des lignes, ouvrages et installations fixes, la construction et l'aménagement des gares, y compris d'interconnexion, ainsi que l'acquisition des matériels roulants conçus pour parcourir ces infrastructures.

Les infrastructures correspondant au réseau de transport public du Grand Paris définissent le périmètre du programme dont la maîtrise d'ouvrage est confiée à la Société du Grand Paris par la loi relative au Grand Paris.

Dans le cadre du programme du réseau Grand Paris Express, la Société du Grand Paris travaille en étroite collaboration avec le Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF).

Le STIF est l'autorité organisatrice de la mobilité en Ile-de-France. A ce titre, il est chargé d'organiser, de coordonner et de financer les transports publics de voyageurs de la région. Ses principales prérogatives sont les suivantes :

- création des conditions générales d'exploitation, création des titres de transport et fixation de leurs tarifs ;
- définition de l'offre de transport et du niveau de qualité des services dans le cadre de contrats signés avec les transporteurs ;
- coordination de la modernisation du système de transports publics francilien et cofinancement de la modernisation ou la création d'équipements nécessaires à l'amélioration de la qualité de service ;
- évaluation et révision du plan de déplacements urbains d'Ile-de-France.

Une coordination entre le STIF et la Société du Grand Paris s'avère nécessaire à plusieurs titres :

- Le réseau de transport public du Grand Paris, sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, est conçu comme étant en connexion avec le reste du réseau de transport public (existant ou futur), dont le STIF a la responsabilité.
- L'exploitation des lignes, ouvrages et installations conçus et réalisés par la Société du Grand Paris sera effectuée sous la responsabilité du STIF, qui désignera l'exploitant.
- Après avoir été acquis par la Société du Grand Paris, le matériel roulant sera transféré en pleine propriété au STIF qui le mettra à la disposition des exploitants.

Ainsi, la Société du Grand Paris et le STIF sont associés dans la mise en œuvre du Grand Paris Express afin que ces nouveaux transports collectifs structurants soient parfaitement articulés aux autres modes de transport, selon les principes généraux suivants :

- Les deux entités s'accordent sur les modalités d'information réciproque de leurs projets au travers d'instances de coordination régulières et transversales.
- Le STIF participe aux différents comités de pilotage locaux mis en place à l'initiative de la Société du Grand Paris.
- Des travaux partenariaux sont menés entre la Société du Grand Paris et le STIF sur tous les sujets nécessitant une validation, ou préparant une décision future, de la part de l'autorité organisatrice : en particulier, le STIF est étroitement associé à la définition du service en gare et en ligne.
- Conformément à l'article 15 de la loi n° 2010-597 relative au Grand Paris, modifié par l'article 21 de la loi n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles, le STIF est associé à l'élaboration de l'ensemble des documents établis par la Société du Grand Paris pour la réalisation des opérations d'investissement concernant la réalisation des infrastructures du réseau de transport public du Grand Paris, qui lui sont soumis pour approbation préalable jusqu'à la décision de la Société du Grand Paris d'engager les travaux.

La RATP (Régie autonome des transports parisiens) est un établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial exploitant une partie des réseaux de transports publics d'Ile-de-France. En particulier, la RATP est exploitante jusqu'en 2039 des lignes actuelles du métropolitain. La RATP assurera ainsi l'exploitation de la ligne 14 prolongée au nord à Saint-Denis Pleyel et au sud à l'aéroport d'Orly dans le cadre du Grand Paris Express[1].

Par ailleurs, la RATP exerce, conjointement avec le STIF, la maîtrise d'ouvrage du prolongement de la ligne 14 compris entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen, en application de l'article L. 1241-4 du code des transports.

Enfin, conformément à l'article L.2142-3 du code des transports, la RATP est gestionnaire de l'infrastructure du réseau de métropolitain affecté au transport public urbain de voyageurs en Ile-de-France, dans la limite des compétences reconnues à Réseau Ferré de France ; à ce titre, elle est responsable de l'aménagement, de l'entretien et du renouvellement de l'infrastructure, ainsi que de la gestion des systèmes de contrôle, de régulation et de sécurité des lignes. En application de l'article 20 de la loi n° 2010-597 relative au Grand Paris, la RATP sera également gestionnaire de l'infrastructure composant le réseau de transport public du Grand Paris.

[1] Les exploitants des lignes de métro nouvelles créées dans le cadre du Grand Paris Express (c'est-à-dire les lignes 15, 16, 17 et 18, qui ne constituent pas des prolongements de lignes existantes) seront quant à eux choisis au terme d'une mise en concurrence organisée par le STIF. Le STIF sera chargé de coordonner l'ensemble des exploitants du réseau, sachant qu'il ne peut y avoir qu'un seul exploitant par ligne.

1.1.3 Caractéristiques de la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une partie de la rocade prévue dans le cadre du Grand Paris Express d'une longueur à terme de 75 kilomètres.

La rocade est constituée de 3 projets dont les mises en service s'échelonnent dans le temps :

- La Ligne 15 Sud (environ 33km) qui relie Pont de Sèvres et Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022) ;
- La Ligne 15 Ouest (environ 21km) qui relie Pont de Sèvres à Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027) ;
- La Ligne 15 Est (environ 24km), qui relie Saint-Denis Pleyel à Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030).

La Ligne 15 Sud, objet du présent dossier, correspond à la première section mise en service de la rocade. Son ouverture est prévue à l'horizon 2022.

La Ligne 15 Sud reliera les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs sur un linéaire de 33 kilomètres, parcouru en 35 minutes.

Elle desservira 16 gares, la plupart en correspondance avec le transport en commun existant, que ce soit RER, Transilien, Métro, tramway, bus en site propre. Les réseaux de bus actuels seront réorganisés pour assurer la bonne desserte des nouvelles gares.

La Ligne 15 Sud comporte également deux sites de maintenances, pour les trains et pour les infrastructures, de la ligne mais également d'autres lignes du Grand Paris Express. Pour assurer la sécurité des usagers, et en application de la réglementation, la Ligne 15 Sud comporte également 38 ouvrages de sécurité.

La Ligne 15 Sud et traverse le territoire de 22 communes en souterrain, minimisant ainsi l'impact sur les territoires traversés.

La réalisation de la Ligne 15 Sud permettra notamment de:

- Relier des territoires stratégiques connaissant une forte dynamique d'aménagement (futur pôle culturel international de l'île Seguin, projet de ZAC « Campus Grand Parc » autour de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, Opération d'Intérêt National Orly-Rungis / Seine Amont (intégrant notamment la reconversion de la zone industrielle des Ardoines à Vitry-sur-Seine) ;
- Desservir des secteurs d'enseignement, de recherche et d'innovation de pointe, à l'image de la Vallée Scientifique de la Bièvre et de la Cité Descartes. La plupart de ces « territoires de projet » font l'objet de réflexions en vue de l'élaboration de contrats ou de schémas de développement territorial, associant l'Etat et les collectivités locales ;
- Desservir le secteur de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux dont la densité d'emploi et d'habitat est particulièrement élevée ;
- Présenter une alternative à la voiture particulière pour les déplacements de banlieue à banlieue ;
- Contribuer à l'allègement des lignes de transport en commun traversant la zone centrale de l'agglomération ;
- Améliorer la desserte de secteurs denses de proche couronne ne bénéficiant pas d'une offre de transport en commun structurante et favoriser l'égalité des territoires ;
- Faire bénéficier d'une amélioration du réseau de transport les territoires plus éloignés, par le biais d'un maillage systématique avec l'ensemble des lignes interceptées ;
- Contribuer à répondre aux enjeux environnementaux, en favorisant un report de l'utilisation de la voiture particulière vers les transports en commun et en limitant l'étalement urbain.



Réseau de Transport Public du Grand Paris / Ligne 15 Sud (rouge)

1.2 Contexte réglementaire de l'étude d'impact

Les projets de réseau de transport public du Grand Paris constituent des infrastructures de transport au sens réglementaire du terme.

Conformément aux dispositions du code de l'environnement, notamment ses articles L122-1, R122-1 et R122-5, le réseau de transport du Grand Paris doit faire l'objet d'une étude d'impact pour chacune des lignes étudiées. Aussi, la Ligne 15 Sud fait l'objet d'une étude d'impact au sens des articles précités.

Or, pour des raisons « d'utilité publique », chaque ligne étudiée dans la cadre du Grand Paris Express fait l'objet d'un dossier d'enquête publique, dit « dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'Utilité Publique » (dossier DUP) au sens de l'article R112-4 du Code de l'Expropriation pour cause d'Utilité Publique. Ce dernier permet en outre au Maître d'Ouvrage de s'assurer des disponibilités foncières nécessaires à la réalisation des différents ouvrages du projet.

1.2.1 Code de l'Environnement

L'article L122-1 du Code de l'Environnement dispose que « lorsque ces projets concourent à la réalisation d'un même programme de travaux, d'aménagements ou d'ouvrages et lorsque ces projets sont réalisés de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacun des projets doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du programme. »

1.2.2 Loi « Grenelle 2 »

La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010, portant engagement national pour l'environnement et dite « Grenelle 2 », a modifié certaines dispositions relatives à l'étude d'impact des projets, dans le sens d'un renforcement des exigences.

Conformément à ladite loi (et à l'article L122-1 du Code de l'environnement), tout projet doit être précédé d'une étude d'impact dès lors qu'il est susceptible par sa nature, ses dimensions ou sa localisation, d'avoir des incidences notables sur l'environnement. L'étude d'impact doit également intégrer une étude des incidences du projet sur la santé humaine ainsi qu'une étude des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus sur le secteur ; enfin, les modalités de suivi des mesures prises et du suivi de leurs effets sur l'environnement doivent être présentées.

En conséquence, chaque dossier d'enquête publique comprendra une évaluation environnementale au titre des projets (étude d'impact), conforme aux obligations réglementaires en vigueur.

L'étude d'impact en question proposera une analyse des effets du projet ainsi qu'une appréciation des impacts de l'ensemble du programme.

1.3 Auteurs des études

Les contributeurs à la réalisation de l'étude d'impact sont présentés ci-dessous.

BURGEAP – Agence Ile-de-France – 27 rue de Vanves 92772 BOULOGNE-BILLANCOURT cedex

Équipe projet BURGEAP – mandataire du groupement

BURGEAP	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu physique – surface du sol : Climatologie, Géomorphologie et topographie, Eaux superficielles Milieu physique – sous-sol : Pédologie, Géologie, Risques géologiques, Hydrogéologie, Occupation du sous-sol, Gestion des terres Milieu humain : Urbanisme réglementaire, Risques technologiques
Directeur d'étude	Hugues THOMAS
Chef de Projet	Hugues THOMAS
Hydrogéologues	Laurent PYOT / Claire MEILLON / François AUMOND / Didier VANDENBERGHE
Sols pollués	Caroline ABID / Alix BENHAMOU / Muriel PROST
Eaux superficielles	Romain LABORDE / Anthonin GUILLON / Louis CHARLERY / Hugues THOMAS
Risques technologiques	Jean Paul LENGLET / Nicolas ALMOSNI
Infrastructures Bâtiment	Nicolas ALMOSNI
Urbanisme réglementaire	Nicolas ALMOSNI
Cartographe	Marion MIGLIORETTI
Relecteur qualité	Jean François KALCK

BIOTOPE – Agence Bassin Parisien – 25 impasse Mousset 75012 PARIS

Équipe projet BIOTOPE

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Naturel et Paysager : Faune-Flore et milieux naturels, Milieux agricoles, Paysage, Patrimoine Architectural et archéologique
Directrice d'étude – coordination	Claire POINSOT
Chef de projets	Céline BRUN, Émeline FAVE
Chef de projets adjoint	Charlène PAGES
Faunistes	Franck LETERME, Julien TRANCHARD, Antonin DHELLEMME, Marion JAOUEN, Etienne BRAURE, Yann CARASCO, Michel-Ange BOUCHET, Etienne HUBERT
Botaniste	Solenne LEJEUNE, Sabine BEUTIN, Antoine RAVARY, Damien AVRIL
Ingénieur forestier	Raquel RODRIGUEZ
Cartographes – SIGistes	Marine DUMAS / Raquel RODRIGUEZ
Paysagistes	Nathalie MENARD, Sébastien DUROT
Relecteurs qualité	Claire POINSOT, Céline BRUN

STRATEC – Avenue Adolphe Lacomblé 69-71 boîte 8 – 1030 Bruxelles – Belgique

Équipe projet STRATEC

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Humain : Population, emploi et urbanisme, Mobilité, Énergie et gaz à effet de serre, Environnement sonore, Santé et sécurité
Directeur d'étude	Hugues DUCHATEAU
Chef de projets	Pierre-Yves ANCION
Mobilité	Louis DUVIGNEAUD, Antoine MARTIN
Démographie, population, emploi	Éléonore BARANGER, Lara MERTENS
Air, Énergie, Climat, Santé	Pierre-Yves ANCION, Luc GUYMARE
Bruit	Naïma GAMBLIN, Pierre LEROUX (ASM Acoustics)

SOLDATA ACOUSTIC – 66 Bd Niels Bohr BP 52132 – 69603 VILLEURBANNE CEDEX

Équipe projet SOLDATA

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Humain : Environnement vibratoire
Directeur d'étude	Frédéric DELAFOSSE
Chef de projet	Amandine MOULIN
Ingénieur Modélisation	Giovanni FAROTTO
Relecteur qualité	Alexis BOGOT

EMITECH – 66 Bd Niels Bohr BP 52132 – 69603 VILLEURBANNE CEDEX

Équipe projet EMITECH

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Humain : Ondes électromagnétiques
Directeur d'étude	Jean Charles BOGA
Chef de projet	Adrien DORIDANT
Techicienne	Alexandra BERNARD

AGENCE BABYLONE – 56 rue de Paradis – 75010 PARIS

Équipe projet AGENCE BABYLONE

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier Milieu Naturel et Paysager : Paysage, patrimoine
Directeur d'étude	Adrien FOURES

1.4 Constitution du dossier d'étude d'impact de la Ligne 15 Sud

Le contenu du dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau prend en compte l'ensemble des dispositions indiquées à l'article R.214-6 du code de l'environnement.

Conformément aux dispositions des articles L.122-1, R.122-1 et suivants du code de l'environnement, du fait de la nature des travaux projetés, sa localisation et ses dimensions, le Grand Paris Express est susceptible de présenter des incidences sur l'environnement, et est donc soumis à l'élaboration d'une étude d'impact.

Pour faciliter la mise en œuvre de ce grand projet, le réseau du futur métro est divisé en plusieurs sections. La Ligne 15 Sud représente la première section mise en service de la future rocade prévue autour de Paris. Elle desservira les territoires des Hauts-de-Seine et du Val de Marne, entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs.

Le Grand Paris Express et donc la Ligne 15 Sud relève de plusieurs rubriques du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement, notamment la rubrique 8° :

Catégories d'aménagements, d'ouvrages et de travaux	PROJETS soumis à étude d'impact	Projets soumis à la procédure de "cas par cas" en application de l'annexe III de la directive 85/337/CE
8° Transports guidés de personnes	Tramways, métros aériens et souterrains, lignes suspendues ou lignes analogues de type particulier servant exclusivement ou principalement au transport des personnes.	Toutes modifications ou extensions.

Extrait du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement

A ce titre, chaque ligne du Grand Paris Express, dont la Ligne 15 Sud, est soumise à l'élaboration d'une étude d'impact au titre du code de l'environnement.

D'autres rubriques de l'annexe de l'article R.122-2 du code de l'environnement peuvent concernées également le projet et ses ouvrages :

Catégories d'aménagements, d'ouvrages et de travaux	PROJETS soumis à étude d'impact	Projets soumis à la procédure de "cas par cas" en application de l'annexe III de la directive 85/337/CE
7° Ouvrages d'art.	a) Ponts d'une longueur supérieure à 100 mètres. b) Tunnels et tranchées couvertes d'une longueur supérieure à 300 mètres.	a) Ponts d'une longueur inférieure à 100 mètres. b) Tunnels et tranchées couvertes d'une longueur inférieure à 300 mètres.
36° Travaux ou constructions soumis à permis de construire, sur le territoire d'une commune dotée, à la date du dépôt de la demande, d'un PLU ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu ou d'une carte communale n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation environnementale.	Travaux ou constructions, réalisés en une ou plusieurs phases, lorsque l'opération crée une SHON supérieure ou égale à 40 000 mètres carrés.	Travaux ou constructions réalisés en une ou plusieurs phases, lorsque l'opération crée une SHON supérieure ou égale à 10 000 mètres carrés et inférieure à 40 000 mètres carrés.

Cette étude d'impact sera présentée dans le cadre de différentes procédures administratives nécessaires au démarrage des travaux :

- Dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau au titre du code de l'environnement (présent dossier) ;
- Dossier de demande de permis de construire au titre du code de l'urbanisme pour les gares de la Ligne 15 Sud ;
- Dossier de demande d'autorisation de défrichement pour les ouvrages situés en zones boisées au titre du code forestier.

1.4.1.1 Contenu de l'étude d'impact pour la procédure de demande au titre de la loi sur l'eau

En application des dispositions de l'article R.214-6 du code de l'environnement, le dossier de demande d'autorisation doit contenir un dossier d'incidences sur l'eau contenant les éléments suivants :

Correspondance entre les exigences d'une notice d'incidences Loi sur l'Eau et le contenu de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud (rouge)

Contenu du document d'incidences Loi sur l'Eau défini à l'article R.214-6 du code de l'environnement	Présence de ces éléments dans l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud
a) Indiquant les incidences directes et indirectes, temporaires et permanentes, du projet sur la ressource en eau, le milieu aquatique, l'écoulement, le niveau et la qualité des eaux, y compris de ruissellement, en fonction des procédés mis en œuvre, des modalités d'exécution des travaux ou de l'activité, du fonctionnement des ouvrages ou installations, de la nature, de l'origine et du volume des eaux utilisées ou affectées et compte tenu des variations saisonnières et climatiques ;	L'analyse des impacts directs, indirects, temporaires et permanents sont présentés dans la pièce B.3 du présent dossier : " Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées ". Les enjeux sont traités dans les rubriques relatives à l'eau, l'hydrogéologie, les eaux pluviales, les inondations, les frayères, les zones humides…
b) Comportant l'évaluation des incidences du projet sur un ou plusieurs sites Natura 2000, au regard des objectifs de conservation de ces sites. Le contenu de l'évaluation d'incidence Natura 2000 est défini à l'article R. 414-23 et peut se limiter à la présentation et à l'exposé définis au I de l'article R. 414-23, dès lors que cette première analyse conclut à l'absence d'incidence significative sur tout site Natura 2000 ;	L'étude des incidences du projet sur les sites Natura 2000 les plus proches est présentée dans la pièce B.3 "Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées", dans la rubrique « 1.12 Natura 2000 ».
c) Justifiant, le cas échéant, de la compatibilité du projet avec le schéma directeur ou le schéma d'aménagement et de gestion des eaux et avec les dispositions du plan de gestion des risques d'inondation mentionné à l'article L. 566-7 et de sa contribution à la réalisation des objectifs visés à l'article L. 211-1 ainsi que des objectifs de qualité des eaux prévus par l'article D. 211-10 ;	L'analyse de la compatibilité du projet avec les orientations du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Eau Seine Normandie est présentée dans la pièce B.3 "Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées", dans la rubrique « 5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau ». Des focus spécifiques sont également proposés dans la pièce B.3, au niveau des rubriques spécifiques à l'eau : eaux pluviales, inondations, frayères, hydrogéologie...
d) Précisant s'il y a lieu les mesures correctives ou compensatoires envisagées ;	Pour faciliter la lecture de l'étude d'impact, les mesures proposées par la Société du Grand Paris pour éviter, réduire ou le cas échéant compenser les impacts du projet sont présentées au niveau de chaque thématique en lien direct avec l'impact à traiter. Cette démarche permet de s'assurer du bon traitement de tous les impacts potentiels identifiés.
e) Les raisons pour lesquelles le projet a été retenu parmi les alternatives ainsi qu'un résumé non technique.	L'analyse des variantes d'aménagement pour les ouvrages du projet est présentée dans la pièce B.2 du présent dossier : " Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Description du projet ", dans la rubrique « 4. Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu. »
5° Les moyens de surveillance prévus et, si l'opération présente un danger, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ;	Pour faciliter la lecture de l'étude d'impact, les mesures proposées par la Société du Grand Paris pour assurer la surveillance en cas d'incident ou d'accident sont présentées au niveau des thématiques concernées. Il convient de se référer aux rubriques de la pièce B.3, comme inondations, eaux pluviales…
6° Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier, notamment de celles mentionnées aux 3° et 4°.	Pour faciliter la lecture de l'étude d'impact, les éléments graphiques sont insérés dans les différentes pièces du document en lien avec les informations et les éléments d'analyses présentés.

L'ensemble de ces éléments sont repris dans le résumé non technique de l'étude d'impact, pièce B.4.

L'étude d'impact élaborée dans le cadre de la présente demande comporte l'ensemble des éléments demandés par la réglementation relative à une demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau. Elle peut donc remplacer le dossier d'incidences Loi sur l'Eau.

1.4.1.2 Contenu de l'étude d'impact pour les procédures de demande de permis de construire

En application des dispositions de l'article R.122-5 du Code de l'environnement, et de l'article L.128-4 du Code de l'urbanisme, l'étude d'impact doit traiter de l'ensemble des thématiques environnementales pour les différentes gares de la ligne 15 Sud :

Sujet et thématiques environnementales	Gare concernée	Pièce et chapitre de l'étude d'impact
Etat initial des secteurs de gare	Toutes les gares	Pièce B.1 : Il convient de se référer à chaque chapitre traitant d'une thématique environnementale
Description des gares	Toutes les gares	Pièce B.2 - Chapitre 3.1 "Présentation des gares de la Ligne 15 Sud"
Prise en compte du risque inondation pour les gares concernées	Gare de Pont de Sèvres Gare des Ardoines Gare de Vert de Maisons Gare de Créteil l'Echat	Pièce B.3 - Chapitre "1.3.4 Analyse détaillée par ouvrage ou groupe d'ouvrages"
Gestion des eaux pluviales de chaque gare	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.4.4 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour chaque gare de la Ligne 15 Sud"
Enjeux géologiques et risques naturels associés	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.5 Géologie et risques associés"
Enjeux et effets hydrogéologiques des gares	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.6 Hydrogéologie"
Présence de réseaux et de canalisations au niveau de chaque gare	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.7 Occupation du sous-sol"
Gestion de la pollution pour chaque gare	Toutes les gares	Chapitre "1.8.3.9 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation des gares et des sites de maintenance"
Evaluation des enjeux liés aux vibrations	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.9 Vibrations"
Effets des gares sur la biodiversité, les boisements, Natura 2000, les zones humides, les frayères…	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitres de 1.9 à 1.14
Prise en compte des protections du patrimoine	Toutes les gares situées dans ou proches de périmètres de protection	Pièce B.3 - Chapitre "1.17.1 Impacts et mesures sur Patrimoine protégé"
Insertion paysagère et architecturale des gares	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.17.2 Impacts et mesures sur le paysage"
Prise en compte des risques technologiques pour les gares concernées	Gare des Ardoines Gare de Créteil l'Echat Autres gares pour des enjeux faibles	Pièce B.3 - Chapitre "1.20 Risques technologiques"
Effets des gares sur la mobilité des territoires, accès pendant la phase chantier et d'exploitation	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.21.3 Impacts et mesures à proximité des gares et des ouvrages annexes"
Potentiel en énergies renouvelables de chaque gare	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.22.2 Energie renouvelable »
Evaluation du contexte sonore	Toutes les gares	Pièce B.3 - Chapitre "1.23.11 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des gares et des sites de maintenance"

L'ensemble de ces éléments sont repris dans le résumé non technique de l'étude d'impact, pièce B.4.

La présente étude d'impact comporte l'ensemble des éléments demandés par la réglementation relative à une demande de permis de construire pour un ouvrage nécessitant l'insertion d'une étude d'impact. Cette étude d'impact peut donc être jointe aux différentes demandes de permis de construire des gares de la ligne 15 Sud.

1.4.1.3 Contenu de l'étude d'impact pour la procédure de demande de défrichement

En application des dispositions de l'article R.122-5 du Code de l'environnement, et de l'article R.341-1 du Code forestier, l'étude d'impact doit contenir tous les éléments relatifs aux boisements présents, et aux impacts liés à la réalisation du projet.

L'étude d'impact comprend en pièce B.1 – chapitre 2.12, les éléments de diagnostic pour la caractérisation des boisements présents dans l'aire d'étude de la ligne 15 Sud.

L'étude comprend en pièce B.2 – chapitre , les éléments relatifs à l'analyse des effets du projet sur les boisements actuels. L'ensemble des impacts liés à l'implantation des ouvrages émergents de la ligne feront l'objet de compensation.

L'ensemble de ces éléments sont repris dans le résumé non technique de l'étude d'impact, pièce B.4.

L'étude d'impact comprend l'ensemble des éléments attendus dans le cadre d'une étude d'impact nécessaire à une demande d'autorisation de défrichement.

1.4.1.4 Organisation de l'étude d'impact

L'étude d'impact de la Ligne 15 Sud est organisée de la manière suivante :

- Pièce B.1 : Etat initial. Ce document contient notamment :
  - Le contexte du projet et le cadre réglementaire
  - La présentation des auteurs de l'étude d'impact
  - Un état initial sur l'ensemble des thématiques environnementales. Ce diagnostic a été réalisé sur la base de deux aires d'études selon le sujet étudié. S'agissant des enjeux locaux, l'état initial porte sur un périmètre de 500 mètres de part et d'autre du tracé préférentiel retenu.
  - Une évaluation des enjeux environnementaux à l'échelle du programme du Grand Paris Express qui comporte d'autres futures lignes de métro

- Pièce B.2 : Description du projet. Ce document contient notamment :
  - Une présentation des différents types d'ouvrages nécessaires à la future ligne de métro : gares, ouvrages de sécurité, tunnel, sites de maintenance, plates-formes fluviales pour l'évacuation des déblais et l'apport de matériaux de construction…
  - Une présentation détaillée de chaque gare et de chaque ouvrage de sécurité avec une description du site d'implantation, des caractéristiques de l'ouvrage et des méthodes constructives retenues
  - Une présentation des variantes d'aménagement, et les raisons ayant conduit la Société du Grand Paris à retenir le projet présenté

- Pièce B.3 : Analyse des impacts et présentation des mesures associées. Ce document contient notamment :
  - L'analyse des impacts potentiels du projet sur l'environnement. Les différents sujets sont traités en application du principe de proportionnalité selon le niveau d'enjeux identifiés dans l'état initial. Les impacts directs, indirects, temporaires ou permanents sont étudiés.
  - La proposition de mesures spécifiques pour éviter, réduire, ou le cas échéant compenser les impacts identifiés. Pour faciliter la lecture du dossier, les mesures sont présentées de manière associée avec les impacts qu'elles concernent.
  - Une évaluation des impacts à l'échelle du programme est proposée.

- Pièce B.4 : Résumé non technique. Ce document reprend les principales informations et conclusions de l'étude d'impact, notamment :
  - Les enjeux environnementaux identifiés dans l'aire d'étude du projet, ou à une échelle plus large.
  - La description des ouvrages du projet
  - Les principaux impacts du projet et les mesures prévues pour éviter, réduire ou compenser ces effets.

- Pièce B.5 : Annexes. Pour faciliter la lecture, certains éléments considérés comme techniques n'ont pas été intégrés dans leur totalité dans l'étude d'impact. Ils sont présentés dans ces annexes :
  - Annexe 1 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Marne du pont de l'A4 à l'Ile d'Amour et du Port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort
  - Annexe 2 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais
  - Annexe 3 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont du Garigliano à la passerelle de l'Avre
  - Annexe 4 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique de la boucle de Boulogne-Billancourt (92)
  - Annexe 5 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique du territoire traversé par ligne 15 sud entre les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre
  - Annexe 6 : Fiches de résultats détaillés des campagnes de mesures des niveaux de bruit réalisées au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud
  - Annexe 7 : Charte environnement des chantiers
  - Annexe 8 : Politique Qualité Sécurité Environnement
  - Annexe 9 : Fiches sondages zones humides

1.5 Présentation des aires d'études

Pour l'élaboration de l'étude d'impact, les études se sont appuyées, selon les thématiques environnementales, sur deux aires d'études :

- Une aire d'étude locale dite de base ou fuseau d'étude qui correspond à un fuseau de 500 mètres de part et d'autre du projet retenu. L'aire d'étude comprend également les périmètres étudiés dans le cadre de la procédure de DUP des premières variantes d'implantation des ouvrages. Cela explique les zones supplémentaires comprises dans l'aire d'étude dite de base.

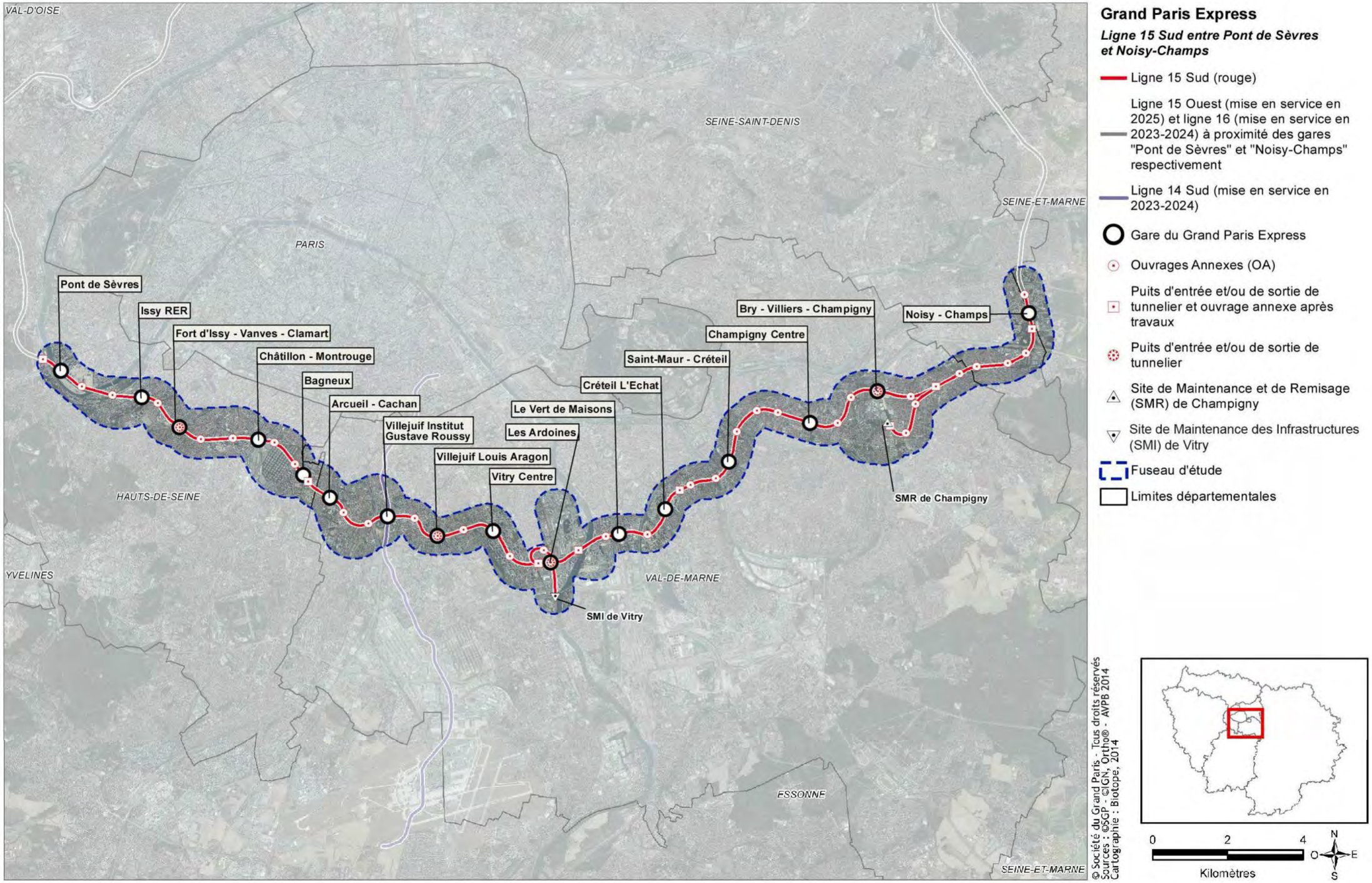
  Cette aire d'étude est utilisée pour la majorité des thématiques environnementales traitées.

  Des zooms à l'échelle d'ouvrages spécifiques sont également réalisés pour des analyses détaillées d'impacts du projet sur l'environnement.

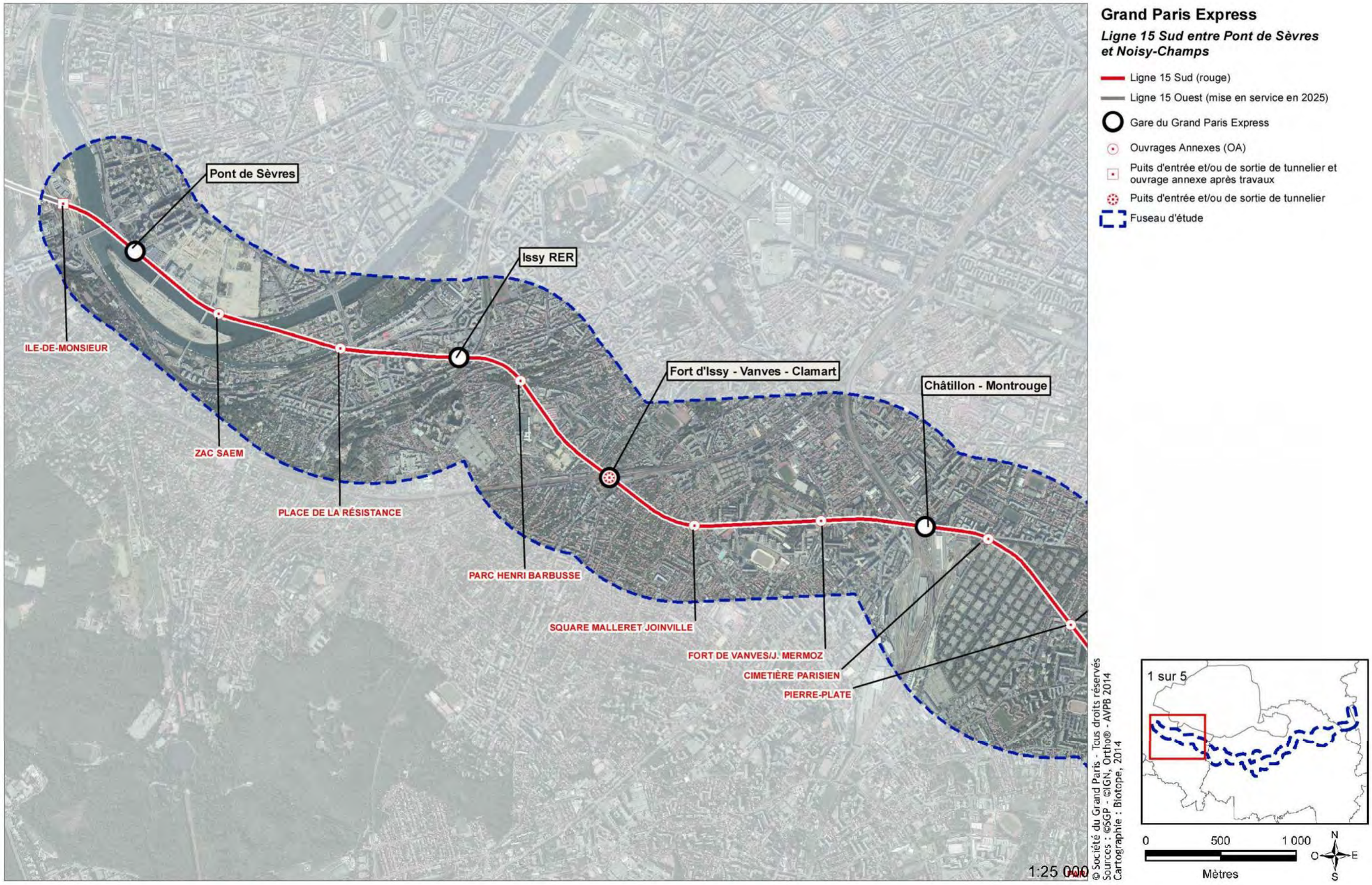
- Une échelle plus large, à l'échelle du Grand Paris Express et de la région. Cette échelle est nécessaire pour l'étude de certaines thématiques où une approche trop locale n'est pas pertinente. Il s'agit notamment des questions liées à l'énergie, à la qualité de l'air, aux déplacements des franciliens, au fonctionnement hydrogéologique.

Le fuseau d'étude local est présenté sur les cartes ci-dessous.

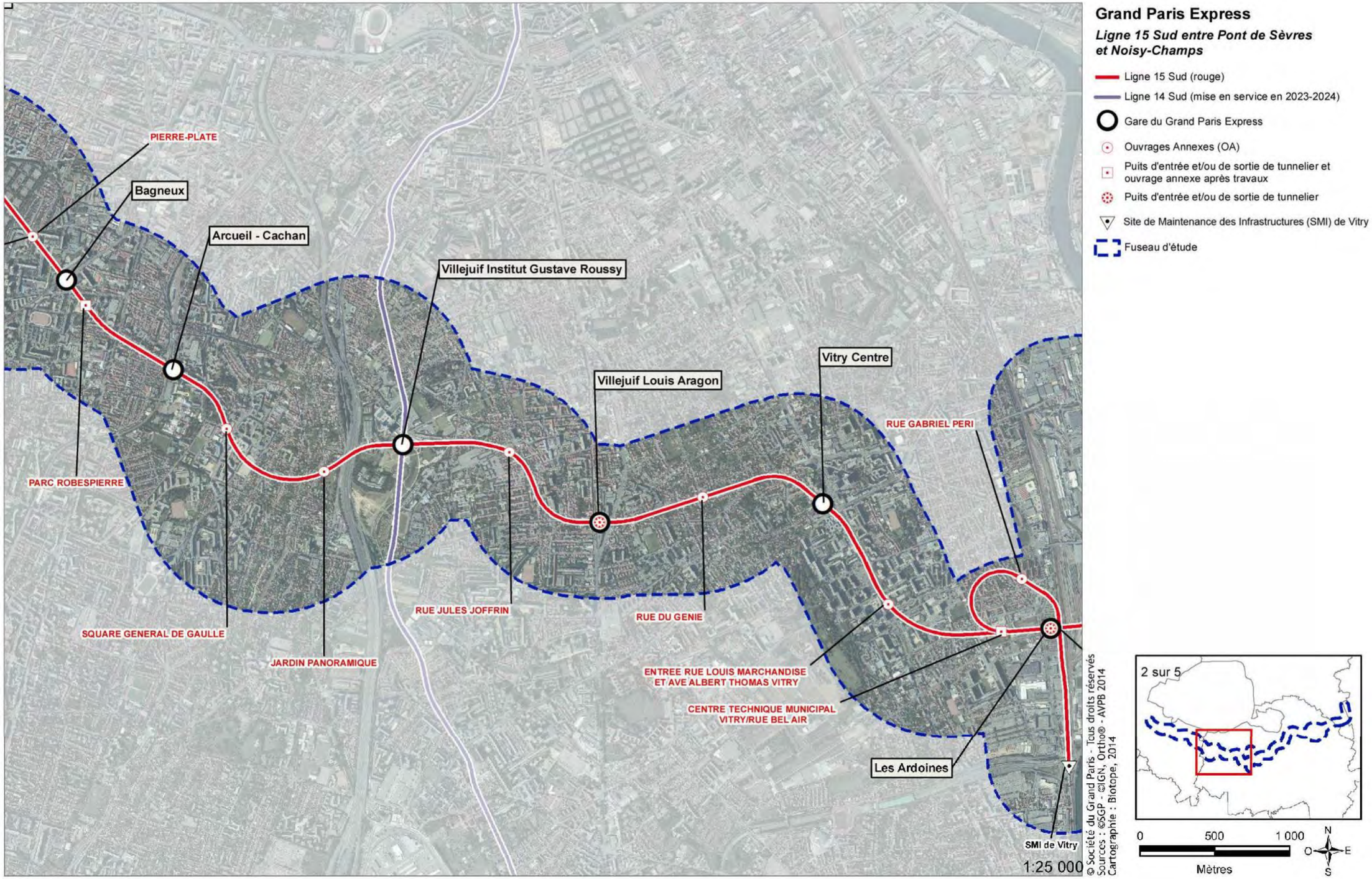
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Vue d'ensemble



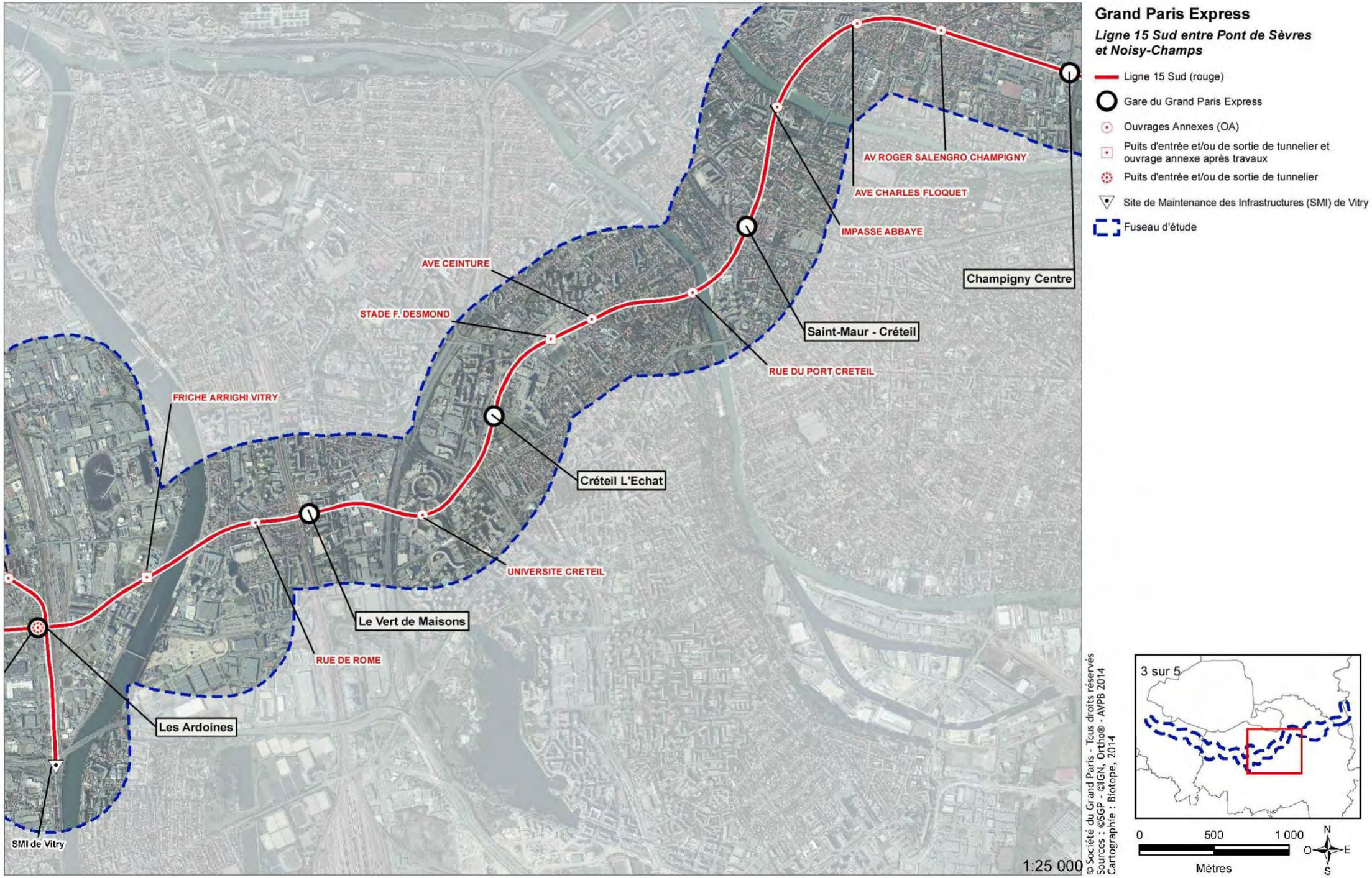
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Ile de Monsieur – Châtillon-Montrouge



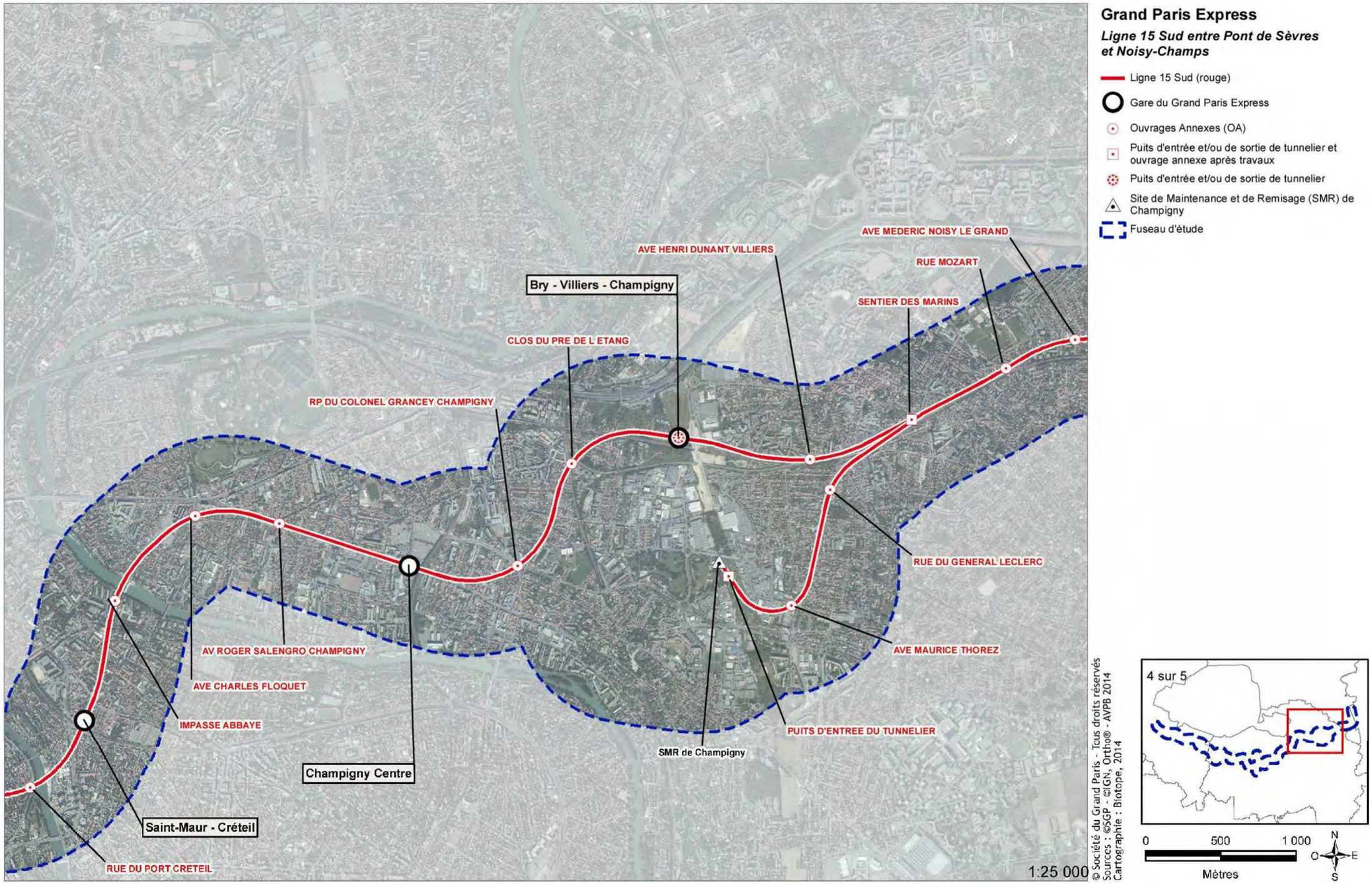
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Bagneux – Les Ardoines



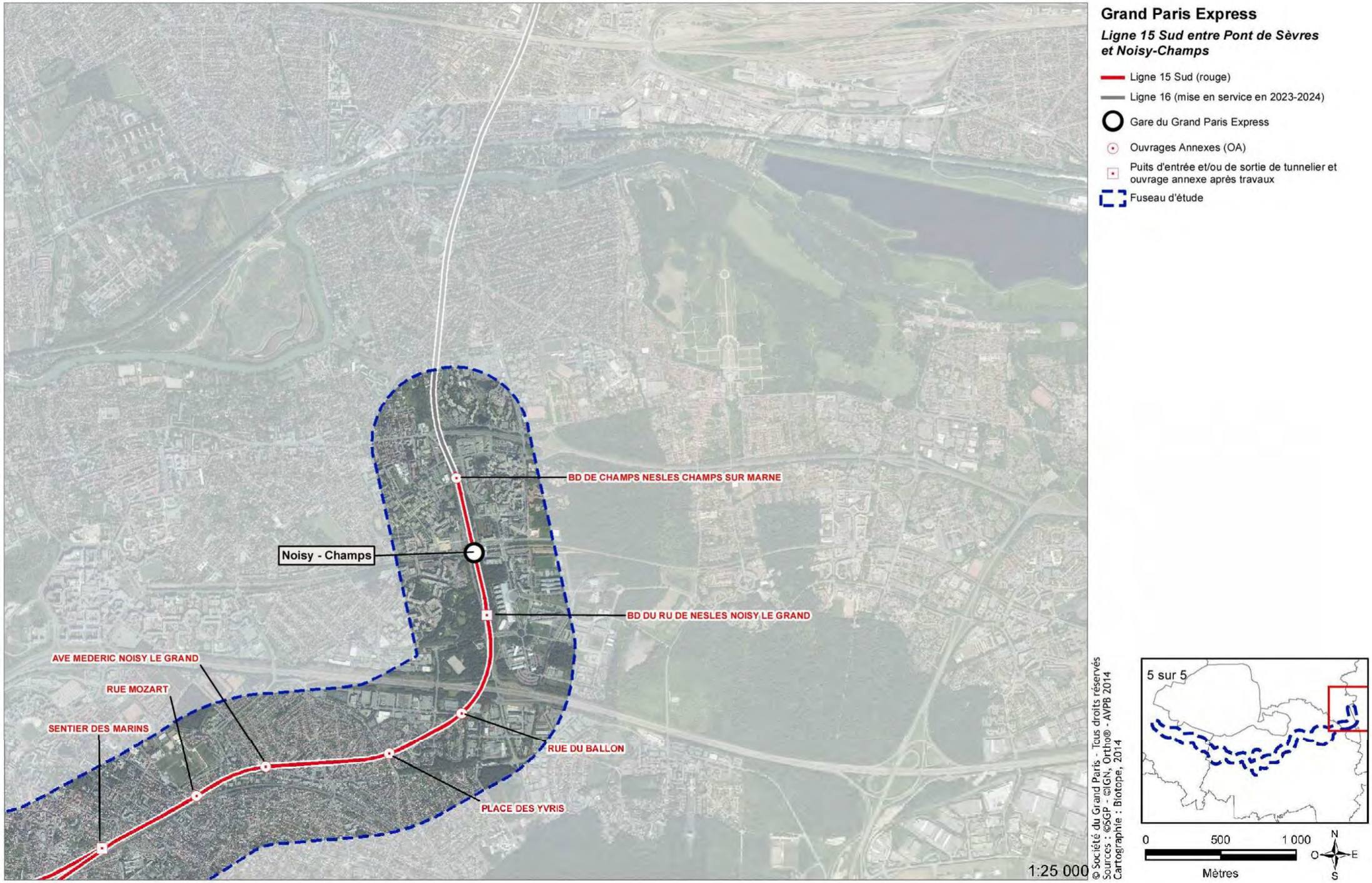
Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Les Ardoines – Champigny Centre



Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Saint-Maur Créteil – Bry-Villiers-Champigny



Présentation de la zone d'étude, du tracé de référence et des gares – Section Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs



2. Etat initial de l’environnement

2.1 Climatologie

2.1.1 Climat local

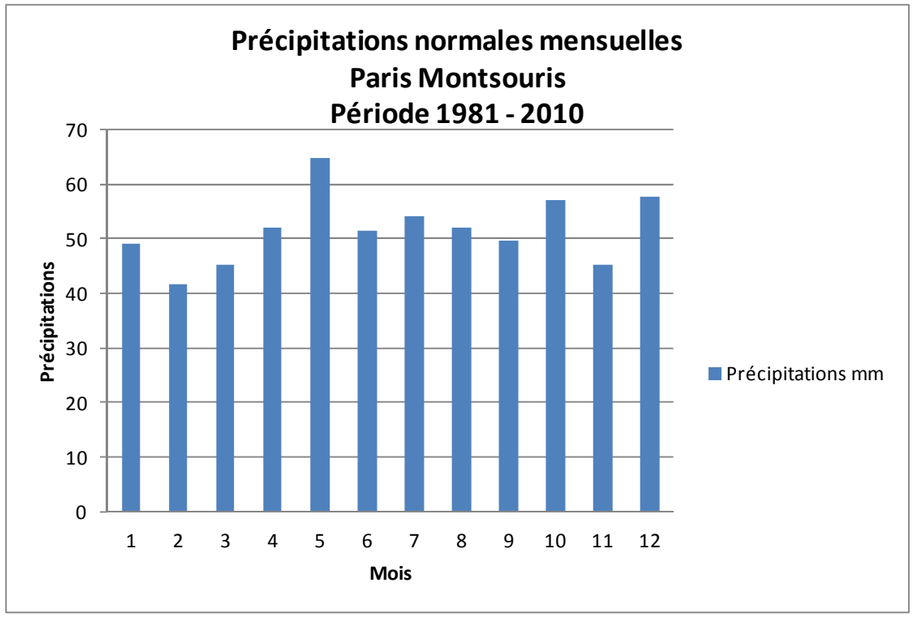
La région Île-de-France bénéficie d'un climat tempéré, modéré par des influences océaniques. L'Ile-de-France se trouve en effet en limite des influences océaniques à l'Ouest et continentales à l'Est. Selon la position géographique du site étudié, les deux types de climat existent mais l'influence océanique est toujours significative. Dans la région, la température moyenne annuelle s'élève à 11°C et les précipitations moyennes annuelles à 600mm.

2.1.2 Pluviométrie

Des données pluviométriques existent pour chaque département d'Ile-de-France excepté en Seine-Saint-Denis (93) et en Val-de-Marne (94).

Dans cette étude Ligne 15 Sud, sont développées les données pluviométriques de la station de Paris Montsouris (75), station la plus géographiquement pertinente, implantée au sud de Paris dans le Parc Montsouris depuis 1883.

Les précipitations sont fréquentes mais généralement faibles : le nombre moyen de jours de précipitation annuel s'élève à 111 jours. Ces précipitations sont réparties de manière homogène sur l'ensemble de l'année et les quantités moyennes annuelles de précipitation sont de 650 mm.



Précipitations moyennes mensuelles (Source : Météo-France – Station Paris Montsouris - 75)

Les moyennes mensuelles oscillent entre 43 et 65 mm, les mois secs étant février et novembre, les mois humides mai, octobre et décembre.

Il y a en moyenne 15,9 jours par an où la pluviométrie dépasse 10mm et 43,3 jours par an où elle dépasse 5mm. Les fortes pluies sont donc rares. Elles sont cependant réparties sur l'ensemble de l'année de façon relativement homogène.

Le nombre moyen de jours avec orage est de 18,0 par an. Les orages sont donc à l'origine d'une grande partie des pluies fortes dans ce secteur.

Le maximum journalier observé est de 68,2mm le 31 mai 1992. Cela correspond à environ l'équivalent d'un mois de précipitations en 24h.

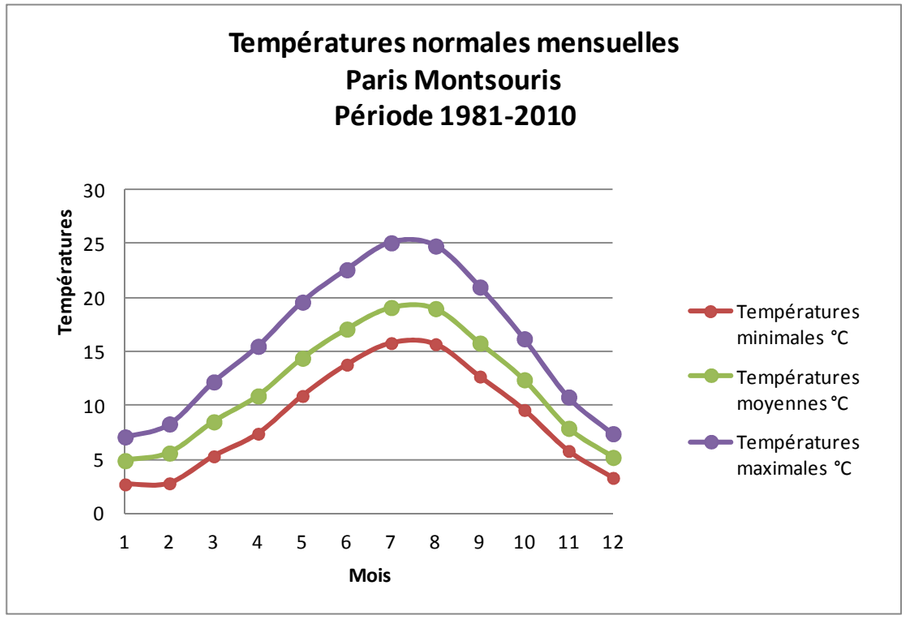
2.1.3 Températures

Les données disponibles sont identiques à celles de la pluviométrie. Ainsi, les températures sont plutôt douces avec des écarts moyens entre l'été et l'hiver de l'ordre de 15° à 16°C.

À Paris, la température annuelle moyenne est de 12°C.

Le nombre de jours moyen annuel de fortes températures (plus de 30 °C) est de 8,8. Pour un seuil de 25°C, ce nombre passe à 43,0. Les fortes températures sont donc rares et se produisent entre avril et octobre.

Le nombre moyen annuel de jours de gel (moins de 0°C) est de 28. Ce nombre est faible et ces jours se répartissent sur la période entre octobre et avril.



Températures moyennes mensuelles (Source : Météo-France – Station Paris Montsouris - 75)

Les fortes gelées (en dessous de -5°C) sont très rares, le nombre moyen annuel étant de 3,4 jours sur la période de novembre à mars. Les très fortes gelées(en dessous de -10°C) sont encore plus rares, le nombre moyen annuel étant de 0,4 jour réparti sur janvier et février.

2.1.4 Vents

La figure ci-dessous présente la rose des vents de la station Paris-Montsouris (75).

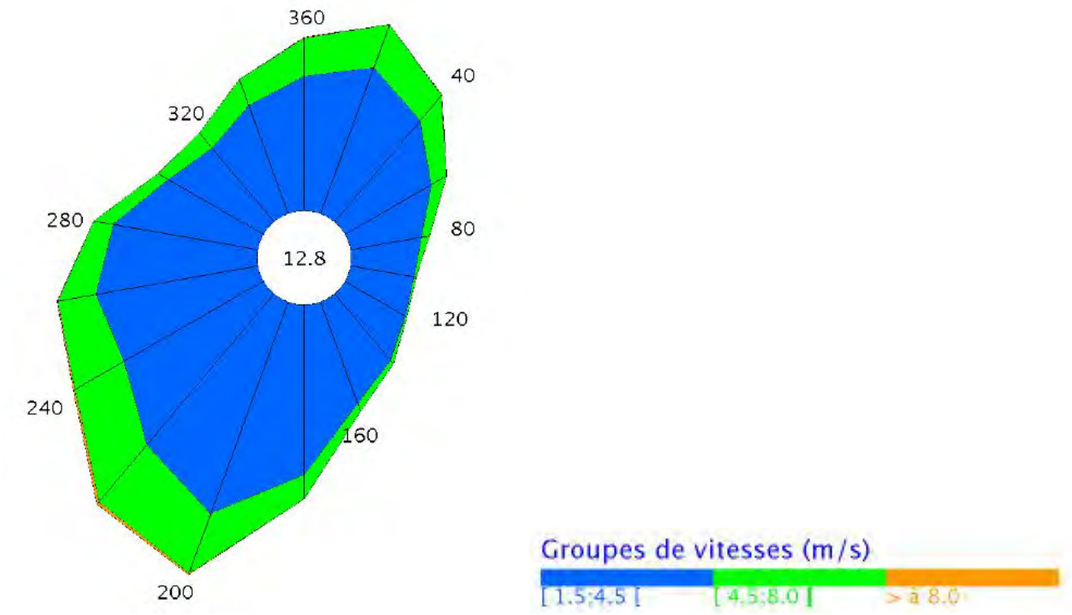
Les données météorologiques, issues de la station Météo-France de Paris-Montsouris montrent que, sur cette station, les vents de sud-ouest et les vents de nord-est dont la vitesse est inférieure à 4,5m/s sont dominants.

Les vents dont la vitesse est supérieure à 8m/s sont quasiment absents et sont orientés sud-sud-ouest.

La période hivernale est la plus risquée en termes de vitesse du vent : le maximal mensuel du mois de décembre atteint 47m/s, soit 8m/s de plus qu'en mars et entre 10 et 15m/s de plus que les autres mois.

Les vents dont la vitesse de rafale est de plus de 28m/s se produisent en moyenne 0,7 jour par an, tous les mois étant concernés sauf d'avril, mai, juin, août et septembre, plus cléments.

Les vents dont la vitesse de rafale est de plus de 16 m/s se produisent en moyenne 46,9 jours par an. Tous les mois sont concernés, particulièrement les mois hivernaux : de décembre à mars (plus de 5 jours par mois avec des rafales de plus de 16m/s).



Rose des vents décennale 1997-2007 (Source : Météo-France - Station Paris-Montsouris - 75)

2.1.5 Evapotranspiration

Cette donnée traduit le potentiel d'évaporation d'un secteur donné en prenant en compte l'évaporation elle-même due à l'effet du soleil et la transpiration des plantes par les feuilles.

Cette donnée est mesurée à la station de Paris-Montsouris. La moyenne annuelle est de 816,2mm. Les moyennes mensuelles s'étagent entre 13,2mm en décembre et 138,0 en juillet.

Sur l'année l'évapotranspiration est globalement supérieure à la pluviométrie annuelle. Mensuellement, l'évapotranspiration est inférieure à la pluviométrie d'octobre à février et supérieure pour les mois de mars à septembre.

D'octobre à février, la pluviométrie est excédentaire et peut contribuer à alimenter les nappes souterraines et les cours d'eau.

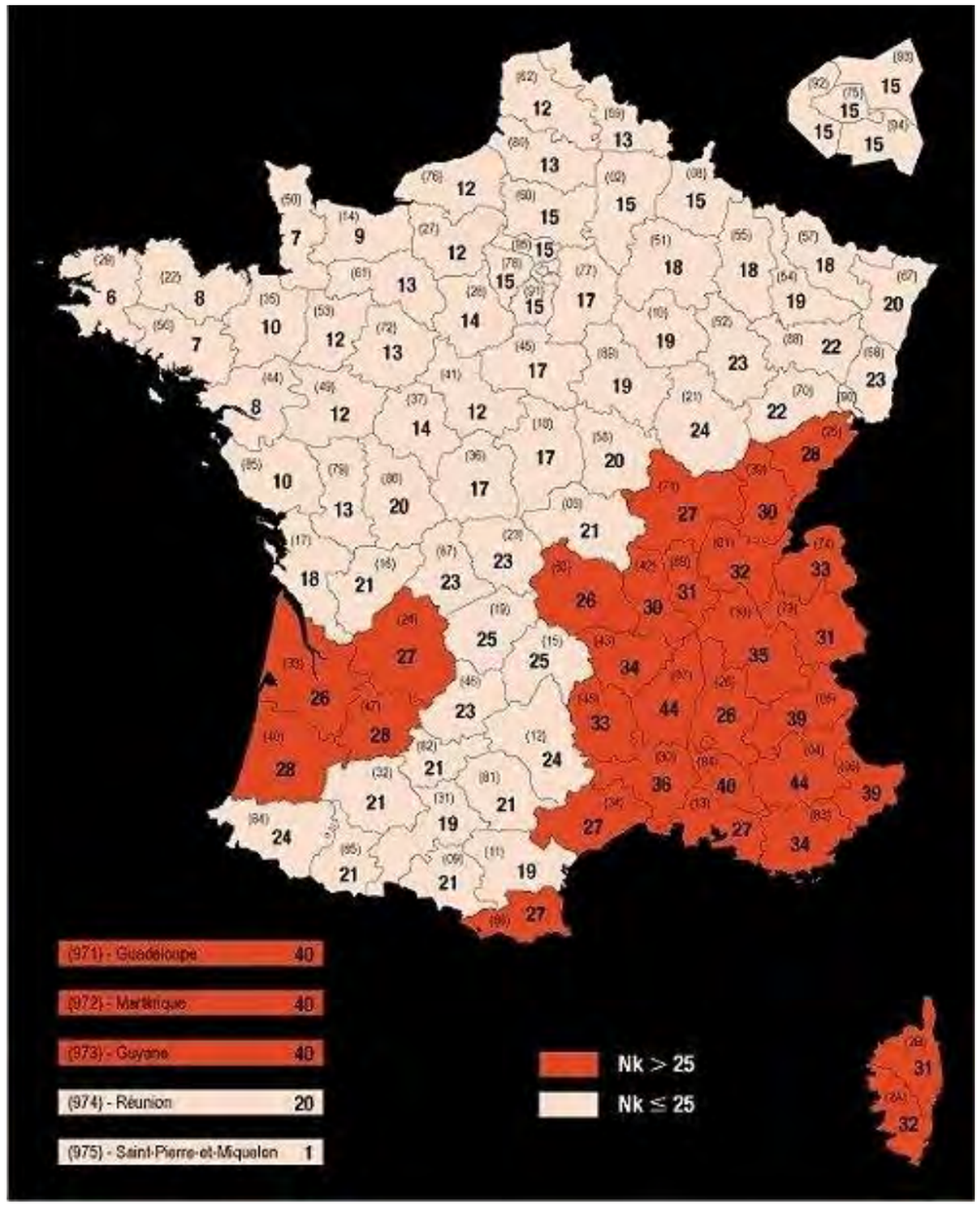
De mars à septembre, elle est déficitaire et ne contribue à aucun apport d'eau : toute l'eau tombée est immédiatement évaporée.

Il existe des exceptions aux règles ci-dessus : lors des étés pluvieux, il arrive que la pluviométrie soit excédentaire par rapport à l'évapotranspiration et que, donc, une alimentation estivale des nappes souterraines se produise.

2.1.6 Niveau kéraunique

La densité de foudroiement Ng représentant le nombre de coups de foudre par km² et par an, le niveau kéraunique Nk est alors défini comme Nk = 10Ng.

La Figure 2.1 4 montre que la région Ile-de-France se trouve dans la zone où le niveau kéraunique est inférieur à 25Nk. Il est donc plutôt faible et affiche 15 coups de foudre par km²/an.



Niveau kéraunique moyen en France (source: site parafoudre)

2.2 Relief – Topographie

2.2.1 Analyse du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud

La figure de la page suivante a été établie à partir de la transcription du modèle numérique de terrain de l'IGN (maille 25x25m). Compte tenu des altitudes rencontrées dans la région, les classes d'altitude ont été définies sur la base de 30m NGF par classe. Le code couleurs utilisé permet une visualisation claire et rapide de la topographie.

Le relief de la zone d'étude est hétérogène. Dans sa partie ouest, de Pont-de-Sèvres à Issy RER, le relief est très plat et correspond à celui du fond de la vallée de la Seine dans ce secteur.

Dès la gare d'Issy RER et jusqu'à Villejuif Louis Aragon, le relief est caractéristique d'un relief de plateau, avec un léger dénivelé Nord-Sud orthogonal au tracé. Ce tronçon est scindé en deux au niveau de la gare d'Arcueil Cachan située dans la vallée de la Bièvre qui entaille ce plateau. D'autres vallons secs entaillent ce plateau, en particulier au niveau de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

De Vitry-Centre à Champigny Centre, le tracé se situe sur un relief bas où les altitudes sont comprises entre 30m NGF et 50mNGF. La zone est relativement plane et constitue la plaine alluviale de la Seine puis de la Marne.

De Bry/Villiers/Champigny à Noisy-Champs, le relief est en pente douce ascendante vers le plateau de Brie.

De manière générale, sur le linéaire de la Ligne 15 Sud, les altitudes du terrain naturel sont très variables.

Le point culminant inscrit au sein du fuseau de la Ligne 15 Sud se situe au niveau de la gare Villejuif IGR à environ 122m NGF.

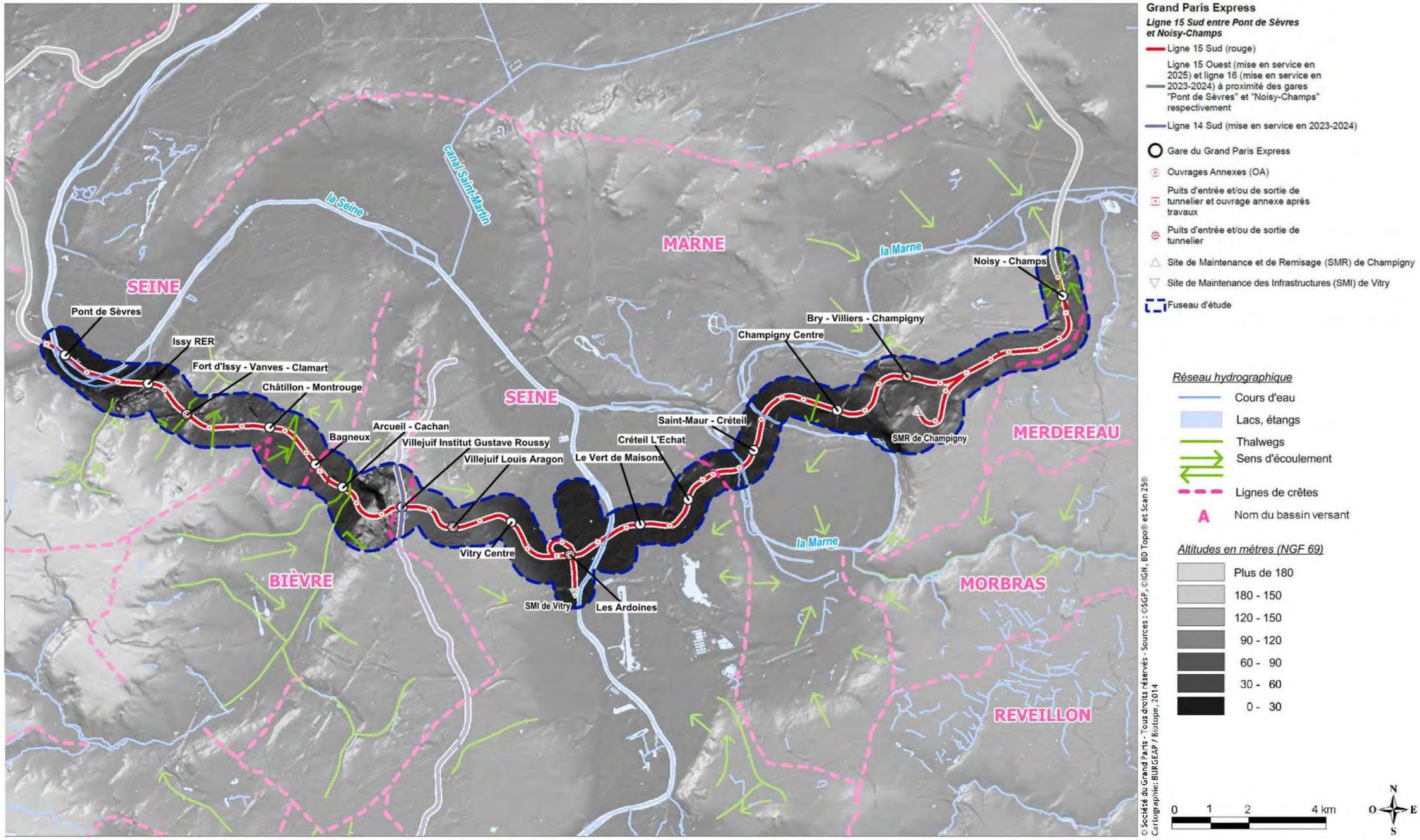
Les points hauts (en gris clair sur la figure de la page suivante) se présentent principalement sous la forme de zones planes dont l'altitude varie peu et dont les rebords sont nettement marqués par des pentes parfois très fortes.

En partie Ouest de la ligne, le relief est marqué par des dénivelés importants induisant de fortes pentes au niveau du fuseau de la Ligne 15 Sud, notamment entre les gares de Arcueil-Cachan et Villejuif IGR (4.75% sur une portion de plus de 920m, 4.52% sur 62m et 3.92% sur 80m) et entre Issy RER et Fort d'Issy/Vanves/Clamart (3.96% sur une portion de près de 745m).

La partie Est est dans l'ensemble moins vallonnée, à l'exception du secteur Villejuif Louis Aragon – Vitry Centre, où le dénivelé induit des pentes de 5% sur une portion de 595m du fuseau de la Ligne 15 Sud.

Ainsi, si l'altitude au niveau de la Seine avoisine 35m NGF (au niveau de la gare des Ardoines par exemple) elle peut rapidement s'accroitre au niveau des coteaux et atteindre des altitudes supérieures à 100m NGF.

Topographie générale sur le territoire de la Ligne 15 Sud



Sur le fuseau de la Ligne 15 Sud, les altitudes oscillent entre 30m NGF et 124 m NGF :

- 30m NGF, au niveau de Pont de Sèvres,
- 75 à 90m NGF sur le secteur du Fort d'Issy à Bagneux,
- 45 à 70m NGF, au niveau du secteur Arcueil-Cachan,
- 100 à 124m NGF sur le secteur du plateau de Villejuif,
- 30 à 40m NGF, sur les secteurs de Vitry et Créteil,
- 90 à 100m NGF sur le secteur de Noisy-Champs.

La pente maximale est observée au niveau de la section Villejuif Louis Aragon – Vitry Centre avec une inclinaison à 5% sur un linéaire d'environ 600m.

2.2.2 Synthèse des enjeux liés à la géomorphologie et la topographie

Les enjeux en lien avec la topographie sont localisés dans les secteurs d'Issy-les-Moulineaux, Arcueil-Cachan, Villejuif Institut Gustave Roussy et Villejuif Louis Aragon de la Ligne 15 Sud, où les pentes peuvent être localement fortes.

Hiérarchisation des enjeux géomorphologiques et topographique

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Relief relativement plat
Issy RER à Arcueil - Cachan	Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5%
Arcueil - Cachan à Vitry Centre	Pentes fortes dépassant localement 5%
Vitry Centre à Champigny Centre	Relief relativement plat
Champigny Centre à Noisy-Champs	Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5%

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.3 Eaux superficielles et risques associés

La présente partie étudie l'état initial du point de vue des eaux superficielles et des risques associés.

Les thèmes abordés sont les suivants :

- Une présentation du réseau hydrographique, des documents de planification et des masses d'eau ;
- Les aspects quantitatifs ;
- Les aspects qualitatifs ;
- Les usages liés aux eaux superficielles ;
- Les risques d'inondation liés aux débordements de cours d'eau ;
- Les autres risques associés aux eaux superficielles.

La synthèse de l'état initial sur les eaux superficielles est fournie en fin de partie (page 67), elle présente également les enjeux associés pour chaque thème abordé.

L'ensemble du fuseau d'étude est considéré à minima et l'emprise de l'aire d'étude varie selon les thématiques abordées. L'emprise peut donc s'étendre bien au-delà du fuseau d'étude.

Deux groupes de thématiques concernent les eaux superficielles :

- Les questions relatives à la gestion des eaux pluviales qui nécessitent une approche générale à l'échelle du fuseau ;
- Les questions directement associées aux cours d'eau (zones inondables et lits mineurs de cours d'eau) qui nécessitent une approche localisée à l'intersection du fuseau et des cours d'eau.

2.3.1 Présentation du réseau hydrographique, des documents de planification et des masses d'eau

Le fuseau d'étude traverse trois cours d'eau qui sont (voir cartographie en fin de chapitre) :

- la Seine pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt et le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville. Le fleuve constitue l'exutoire naturel final de l'ensemble des eaux superficielles du bassin parisien et de facto du secteur d'étude ;
- la Marne pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés. Le fuseau d'étude est traversé par le cours d'eau en deux endroits. La Marne est l'un des principaux affluents de la Seine, aux caractéristiques physiques proches ;
- la Bièvre pour le secteur Arcueil-Cachan. La Bièvre est l'une des rivières historiques d'Ile-de-France aujourd'hui busée sur sa moitié aval. Elle fait l'objet d'un ambitieux projet de réouverture depuis une dizaine d'années.

Hormis les cours d'eau précités, selon la BD Carthage[2], aucun autre cours d'eau ni plan naturel d'eau n'est recensé à l'intérieur du périmètre du fuseau d'étude. Cela s'explique par le busage quasi-systématique des rivières franciliennes en Petite Couronne depuis la seconde moitié du XIXème siècle, en raison principalement de l'essor de l'urbanisation et d'une volonté à l'époque de faire disparaître les cours d'eau, perçus alors comme une contrainte.

[2] La BD CARTHAGE® est la base de données complète du réseau hydrographique français.

C'est le cas du ru de Nesle sur la commune de Champs-sur-Marne au droit du fuseau d'étude. Il s'agissait d'un petit affluent de la Marne qui prenait sa source dans les bois situés en amont. Actuellement, le cours d'eau est intégré au réseau d'assainissement et donc busé.

Des plans d'eau artificiels sont présents ponctuellement dans le fuseau d'étude comme c'est le cas à Champs-sur-Marne à l'extrémité est du fuseau. Il s'agit de plans d'eau d'agrément dans des espaces verts, publics ou privés, qui assurent le cas échéant une gestion mutualisée des eaux pluviales à l'échelle de certains aménagements ou quartiers.

D'est en ouest, trois entités hydrographiques notables sont présentes en limite du fuseau d'étude :

- le ru du Merdereau et ses étangs colinéaires à Champs-sur-Marne, situés à 1,5 km à l'est du fuseau ;
- la base de Vaires-sur-Marne située à 3 km au nord-est et dans une moindre mesure les plans d'eau du quartier du Mont d'Est de Noisy-le-Grand, situés à 1,5 km au nord du fuseau ;
- les étangs de Ville-d'Avray, situés à 3 km à l'ouest du fuseau, qui alimentent les fontaines du parc de Saint-Cloud. Le vallon sec débouchant sur le pont de Sèvres constitue l'exutoire naturel de ses étangs.

2.3.1.1 Caractéristiques générales et aménagements des cours d'eaux

Le présent chapitre décrit les caractéristiques générales des trois cours d'eau concernés par le fuseau d'étude de manière synthétique, classés par ordre décroissant en fonction de leur débit au droit du secteur d'étude : la Seine, la Marne et la Bièvre.

Les caractéristiques traitées de manière synthétique sont successivement : la géographie (cours, source, bassin versant, affluents), la domanialité et les aménagements (ouvrages, navigation).

a. La Seine

Second fleuve français après la Loire par sa longueur, la Seine prend sa source en Côte-d'Or (21) sur le plateau de Langres pour se jeter après 777 km de parcours au droit de son embouchure dans la Manche, à l'extrémité de l'estuaire de la Seine, au sud du Havre (76).

Cours d'eau pour l'essentiel de plaine, la Seine a causé la formation de multiples et profonds méandres de par sa faible déclivité. Ces méandres sont parfois d'une forte sinuosité sur plusieurs dizaines de kilomètres, comme c'est le cas pour le méandre de Boulogne-Billancourt.

Son bassin versant s'étend sur 79 000 km². Ses principaux affluents sont l'Oise, la Marne, l'Yonne et l'Aube.

Au droit du secteur d'étude, la Seine est navigable et aménagée. Les berges sont principalement artificialisées. Les principaux ouvrages de navigation sont les suivants :

- à l'ouest, le barrage-écluse de Suresnes, situé au droit du Bois de Boulogne, qui régule le niveau d'eau dans le bief comprenant le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.
- à l'est, le barrage-écluse de Port à l'Anglais, situé en amont immédiat de la confluence Seine-Marne, qui régule le niveau d'eau dans le bief comprenant le secteur Vitry-sur-Seine/Alfortville.

La Seine est un cours d'eau domanial. La berge et le lit appartiennent à l'État, les tronçons navigables sont gérés par l'établissement public Voies Navigables de France (VNF).

b. La Marne

La Marne est la plus longue rivière française (506 km). Elle prend sa source en Haute-Marne (52), sur le plateau de Langres comme la Seine, mais plus à l'est.

La Marne se jette dans la Seine entre Charenton-le-Pont et Alfortville, toutes deux communes du Val-de-Marne, à moins de 2 km au nord du fuseau d'étude.

Comme la Seine, la Marne est un cours d'eau de plaine, caractérisé par de nombreux méandres. Ces derniers ont donné naissance aux « boucles de Marne » dans le Val-de-Marne, dont celle de Saint-Maur-des-Fossés.

Le bassin versant de la Marne s'étend sur 12 700 km². Ses principaux affluents sur sa partie aval sont le Petit Morin et le Grand Morin, situés en rive gauche et l'Ourcq rivière en rive droite.

Au droit du secteur d'étude, la Marne est navigable et aménagée. Toutefois, la Marne n'est pas navigable entre Neuilly-sur-Marne et Vaires-sur-Marne, à cause du barrage de Noisiel. Sur ce tronçon, la navigation passe par le canal de Chelles, parallèle à la rivière et long de 8,5 km.

Plusieurs barrages-écluses existent dans le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés et ses environs, permettant de réguler les niveaux d'eau dans les biefs sur l'ensemble de la Marne dans la zone concernée :

- le barrage-écluse de Saint-Maurice : le plus en aval, proche de la confluence avec la Seine ;
- le barrage-écluse de Créteil ;
- le barrage écluse de Joinville-le-Pont.

La Marne, comme la Seine, est un cours d'eau domanial. La berge et le lit appartiennent à l'État, les tronçons navigables sont gérés par l'établissement public Voies Navigables de France (VNF).

c. La Bièvre

La Bièvre est une rivière de 36 kilomètres de long, qui prend sa source près de Guyancourt (78) pour se jeter dans la Seine au niveau du XIIIème arrondissement de Paris.

La Bièvre se compose en deux entités distinctes :

- la Bièvre amont, à ciel ouvert, de Guyancourt jusqu'à Antony dans les Hauts-de-Seine ;
- la Bièvre aval, couverte par des dalles voire canalisée, d'Antony jusqu'à son exutoire en Seine à Paris[3].

Son bassin versant est de 200 km² et se compose d'une partie amont rurale et d'une partie aval fortement urbanisée dans laquelle le cours d'eau est busé et interconnecté avec le réseau d'assainissement interdépartemental géré par le Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP).

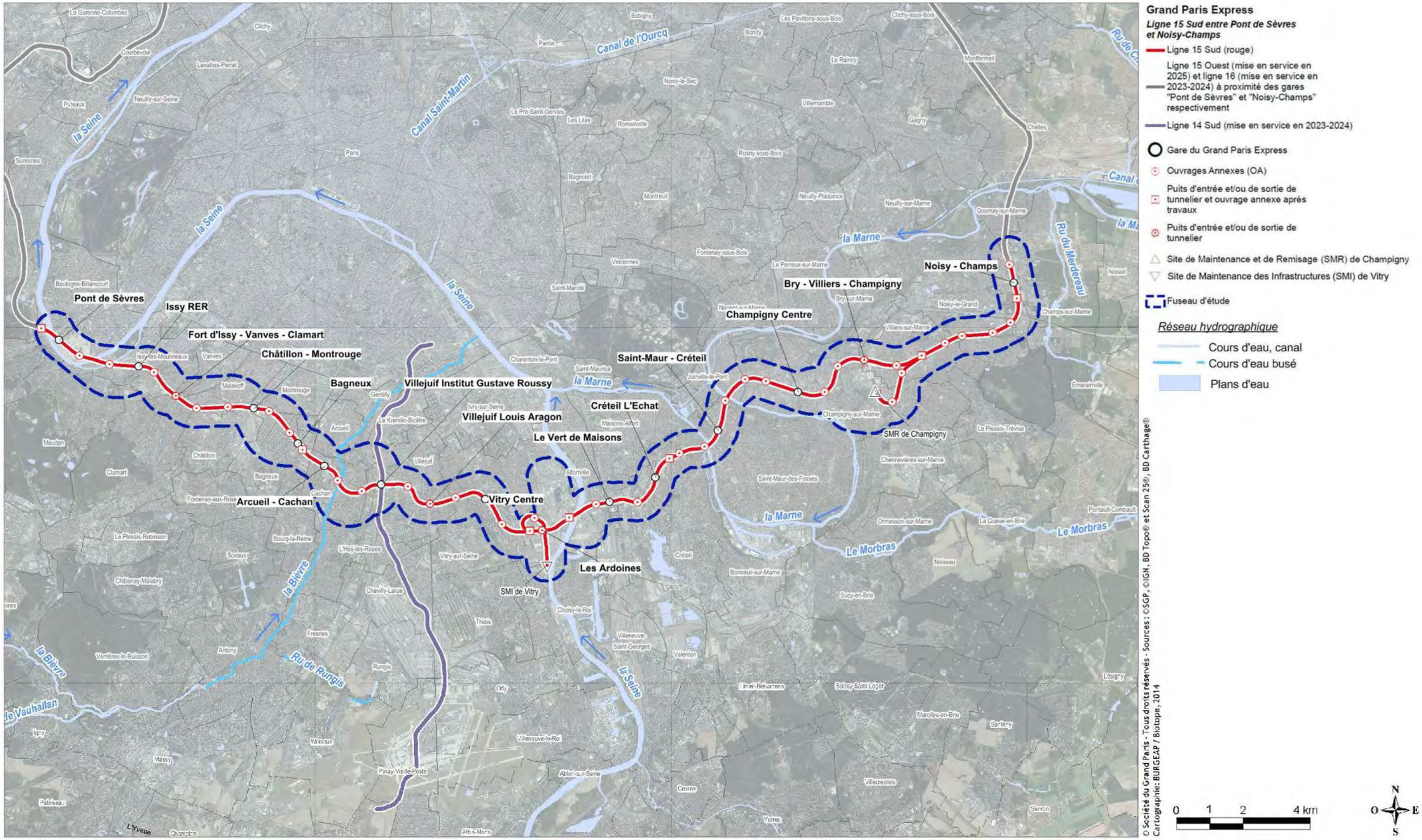
Ses principaux affluents sont le ru de Rungis et le ru de Vauhallan en rive droite.

La Bièvre est un cours d'eau non domanial, dont la gestion relève des riverains. Toutefois, la gestion effective du cours d'eau relève de compétences publiques telles que celles du SIAAP, du Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la Vallée de la Bièvre (SIAVB), de la communauté d'agglomération des Hauts-de-Bièvre et de la communauté d'agglomération de Val de Bièvre.

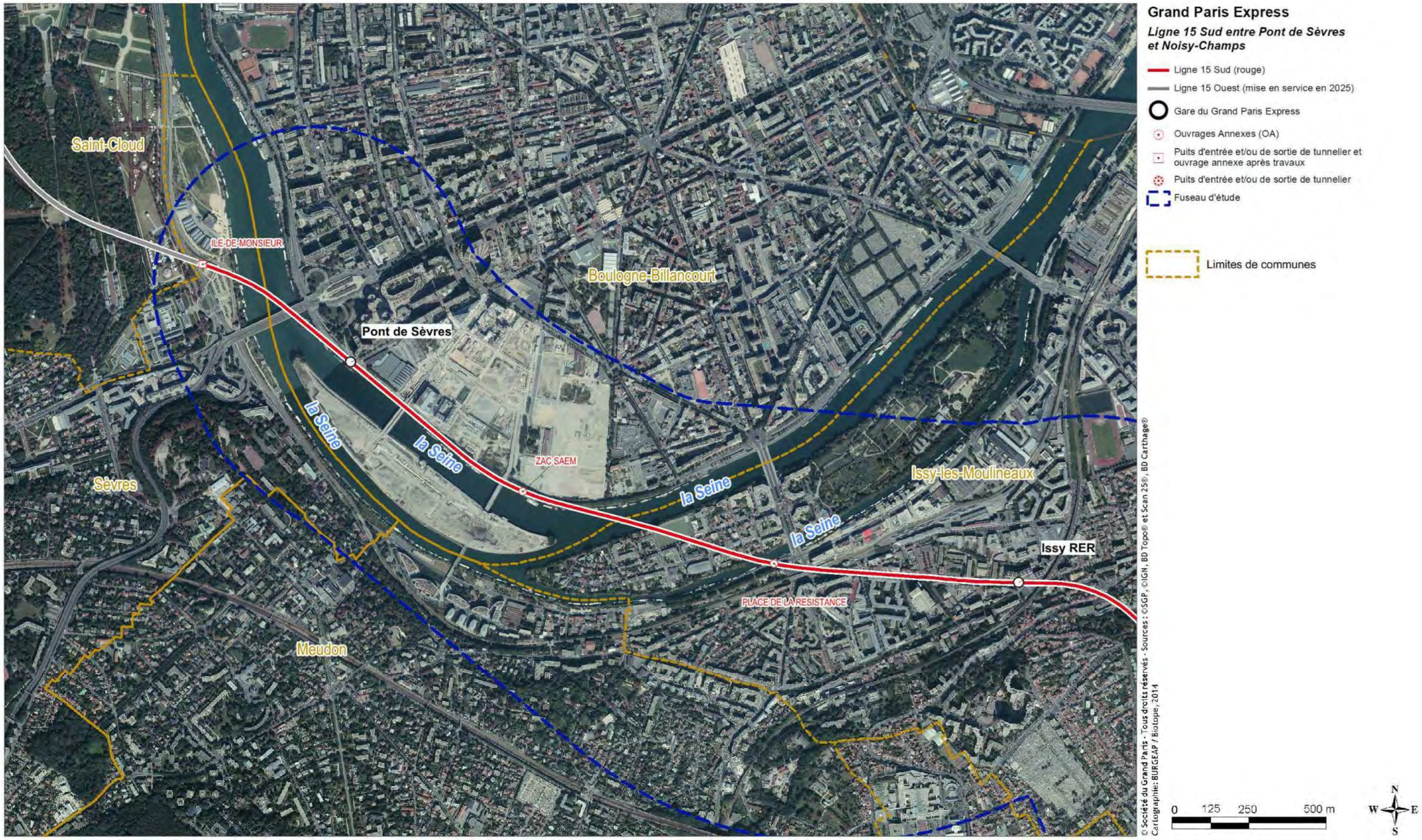
La Bièvre n'est pas navigable.

[3] Cette portion couverte de la rivière fait l'objet de nombreux projets de reconquête de la qualité, voire de d'ouverture.

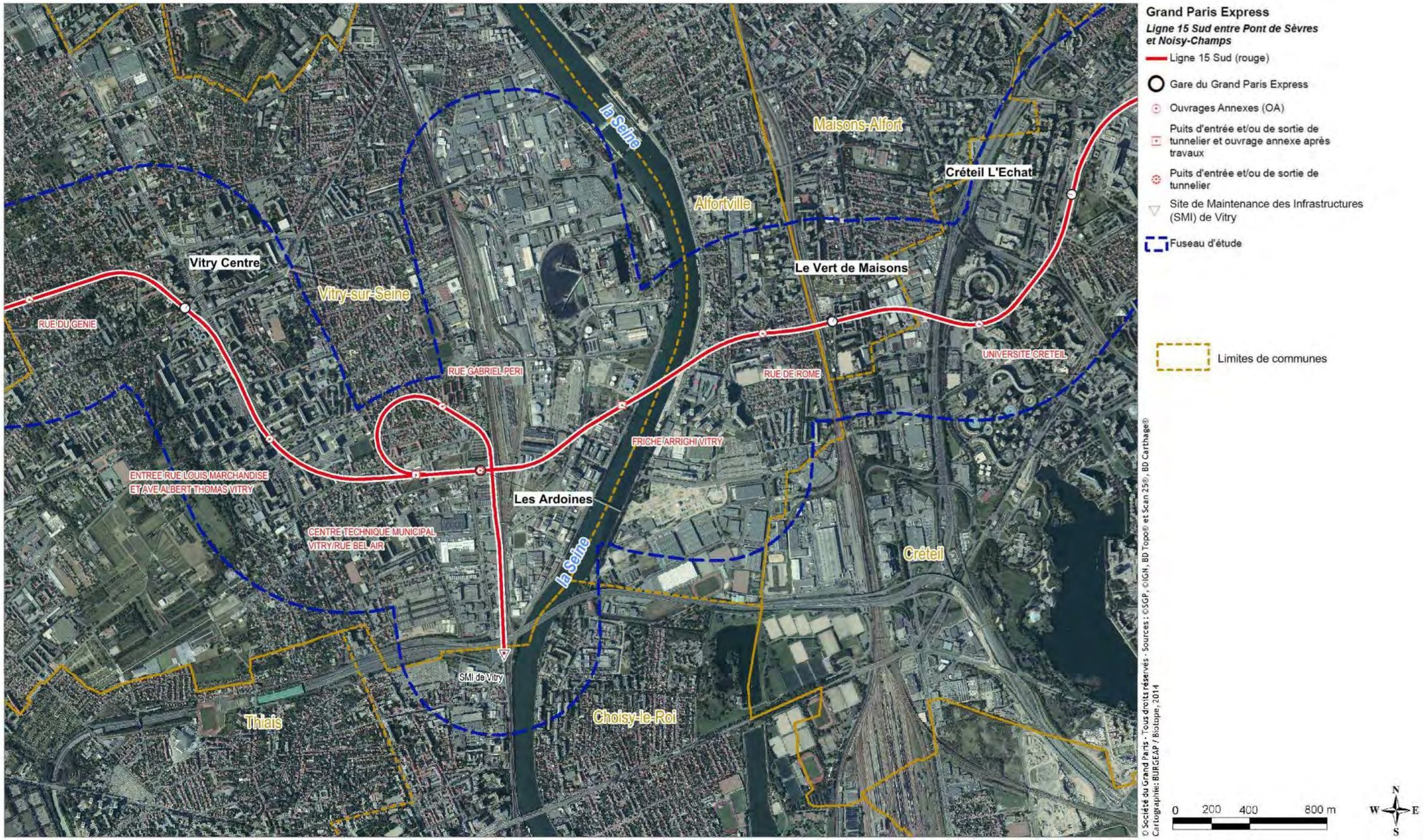
Carte du réseau hydrographique sur et aux environs du fuseau d'étude



Carte du réseau hydrographique sur et aux environs du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt



Carte du réseau hydrographique sur et aux environs du secteur de Vitry-sur-Seine / Alfortville



Carte du réseau hydrographique sur et aux environs du secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés



2.3.1.2 Outils de planification de gestion de la ressource en eau

Le présent chapitre décrit les outils de planification de gestion de la ressource en eau concernés par le fuseau d'étude.

Il s'agit d'une part du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin versant de la Seine qui couvre l'ensemble du fuseau d'étude (en cours de révision et prévu en adoption pour décembre 2015) et d'autre part de deux Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), déclinaison à l'échelle locale du SDAGE :

- le SAGE de la Bièvre (approbation prévue pour l'été 2015[4]) ;
- le SAGE Marne confluence (approbation prévue pour le 2nd semestre 2016[5]).

Il existe également d'autres SAGE à proximité du fuseau d'étude, tels que le SAGE Croult-Enghien-Vieille Mer (élaboration), le SAGE Mauldre (révision), le SAGE Orge Yvette (mise en œuvre), le SAGE Yerres et le SAGE Beauce (mises en œuvre).

Les données sont principalement issues du site internet Gest'eau, portail d'accès aux données concernant notamment les SDAGE et les SAGE, ainsi que des sites internet des structures porteuses respectives des SAGE.

Une carte de situation du fuseau d'étude et des périmètres des SAGE est fournie en fin de chapitre.

a. SDAGE Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le fuseau d'étude dans sa totalité est concerné par le SDAGE Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Le SDAGE est le document de planification de la ressource en eau.

Il permet, à la suite d'un état des lieux, de fixer pour six années les orientations qui encadreront pour chaque bassin versant, les actions pour améliorer la qualité de l'eau et atteindre les objectifs de qualité et de quantité des masses d'eau.

En effet, l'Union européenne impose à travers la directive-cadre sur l'eau (DCE) aux pays-membres un objectif de bon état des eaux en 2015, avec des délais supplémentaires pour certaines masses d'eau, souterraines ou de surface (voir objectifs au chapitre 2.3.3.2 page 47).

Le SDAGE est élaboré par le comité de bassin, qui est constitué de représentants des collectivités (40%), des usagers (40%) et de l'État (20%).

Le SDAGE a valeur réglementaire et est opposable aux documents d'urbanisme et aux décisions administratives dans le domaine de l'eau. Il est complété par un plan d'actions, dit « programme de mesures » (PDM), élaboré par l'État.

Approuvé fin 2009, le SDAGE Seine-Normandie 2010-2015 comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau.

Les 8 défis généraux sont les suivants :

1. Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » (réduction des pollutions ponctuelles classiques et maîtrise des rejets par temps de pluie) ;
2. Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques (généralisation des bonnes pratiques agricoles en particulier) ;
3. Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses (enjeu majeur du SDAGE Seine-Normandie 2010-2015) ;
4. Réduire les pollutions microbiologiques des milieux (maintien d'une qualité microbiologique permettant le maintien de ces usages) ;
5. Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
6. Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides ;
7. Gérer la rareté de la ressource en eau (objectif de niveaux suffisants dans les nappes et de débits minimaux dans les rivières permettant la survie des espèces aquatiques et le maintien d'usages prioritaires comme l'alimentation en eau potable) ;
8. Limiter et prévenir le risque inondation.

Il convient d'indiquer qu'une révision du SDAGE pour la période 2016-2021 est en cours pour une adoption prévue en décembre 2015. L'état des lieux du SDAGE a ainsi été validé en décembre 2013.Le projet de nouveau SDAGE a fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale le 12 décembre 2014 par le Préfet de la Région Ile-de-France.

Le document devra être cohérent avec d'autres documents de planification, comme le Plan de Gestion du Risque Inondation (PGRI), en cours d'élaboration, et les Schémas Régionaux de Cohérence Écologique (SRCE). Le SRCE d'Ile-de-France a été approuvé fin 2013.

b. SAGE de la Bièvre

Le fuseau d'étude comprend une partie du territoire couvert par le SAGE de la Bièvre entre Bagneux (92) et Vitry-sur-Seine (94).

Le SAGE est en cours d'élaboration. Le diagnostic a été validé en juin 2011, les tendances et scénarios en avril 2012 et le choix de la stratégie en septembre 2013. L'arrêté d'approbation du SAGE est prévu pour l'été 2015.

La structure porteuse est le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre, basé à l'Haÿ-les-Roses.

Les deux ambitions phares du SAGE de la Bièvre sont :

- la mise en valeur de l'amont (Bièvre « ouverte » de sa source à Antony) ;
- la réouverture sur certains tronçons de la Bièvre couverte, d'Antony à Paris.

Les cinq grandes orientations pour le SAGE définies à l'issue de la réflexion menée sur la définition du périmètre en 2007, approfondie dans le porter à connaissance des services de l'État puis confirmé par l'état des lieux approuvé en 2010 sont les suivantes :

[4] Source : Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre.
[5] Source : Syndicat Marne Vive.

- l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des pollutions ponctuelles et diffuses et la maîtrise de la pollution par temps de pluie ;

- la maîtrise des ruissellements urbains et la gestion des inondations ;

- le maintien d'écoulements satisfaisants dans la rivière ;

- la reconquête des milieux naturels ;

- la mise en valeur de la rivière et de ses rives pour l'intégrer dans la Ville.

c. SAGE Marne Confluence

Le fuseau d'étude comprend une partie du territoire couvert par le SAGE Marne Confluence sur le tiers est de son parcours, de Saint-Maur-des-Fossés à Champs-sur-Marne.

Le SAGE est en cours d'élaboration. Le diagnostic a été validé en mars 2013 et les tendances et scénarios en février 2014. La validation du choix de la stratégie a été adoptée par la Commission Locale de l'Eau (CLE) en novembre 2014.

L'arrêté d'approbation du SAGE est prévu pour le second semestre 2016.

La structure porteuse est le Syndicat Marne Vive, basé à Saint-Maur-des-Fossés.

Les quatre grandes orientations pour le SAGE sont les suivantes :

- l'aménagement durable dans un contexte de développement urbain ;

- la valorisation du patrimoine naturel et paysager de la Marne et de ses affluents ;

- la conciliation des différents usages de l'eau ;

- la qualité des eaux et des milieux aquatiques.

2.3.1.3 Inventaire des masses d'eau superficielles

Ce chapitre présente l'inventaire des masses d'eau superficielles concernées par le fuseau d'étude.

Les masses d'eau constituent le référentiel cartographique élémentaire de la directive cadre sur l'eau (DCE), reprises dans les outils de planification de la ressource en eau, les SDAGE.

Il s'agit des cours d'eau, plans d'eau et de certains canaux ou plans d'eau artificiels (canal de l'Ourcq notamment).

Les données sont principalement issues du site internet de la DRIEE[6].

Quatre masses d'eau superficielles croisent le fuseau d'étude (voir carte page suivante) :

- la « Marne du confluent de la Gondoire (exclu) au confluent de la Seine (exclu) » (code : BV_FRHR154A) au droit du secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés ;

- la « Seine du confluent de l'Essonne (exclu) au confluent de la Marne (exclu) » (code : BV_FRHR73B) au droit du secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville ;

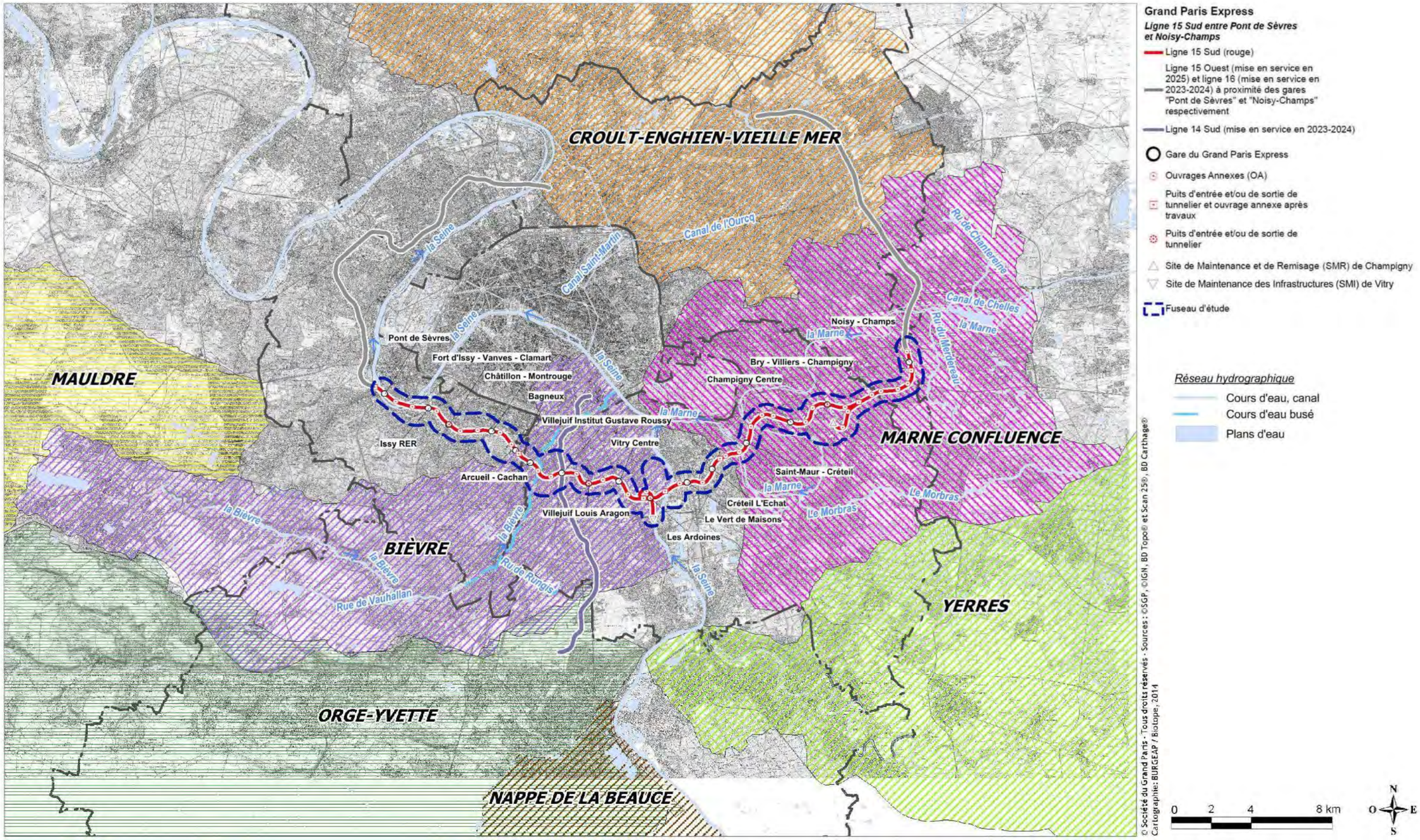
- la « Bièvre du bassin de retenue de la Bièvre à Antony au confluent de la Seine (exclu) » (code : BV_FRHR156B) au droit du secteur d'Arcueil-Cachan ;

- la « Seine du confluent de la Marne (exclu) au confluent du Ru d'Enghien (inclus) » (code : BV_FRHR155A) au droit du secteur de la boucle de Boulogne.

Hormis les masses d'eau précitées, il existe des masses d'eau non concernées par le fuseau d'étude mais à proximité, telles que les canaux de la Ville de Paris, la base de Vaires-sur-Marne, le ru du Merdereau, le ru de Chantereine, le Morbras, le ru de Vauhallan et le ru de Rungis, tous deux affluents de la Bièvre.

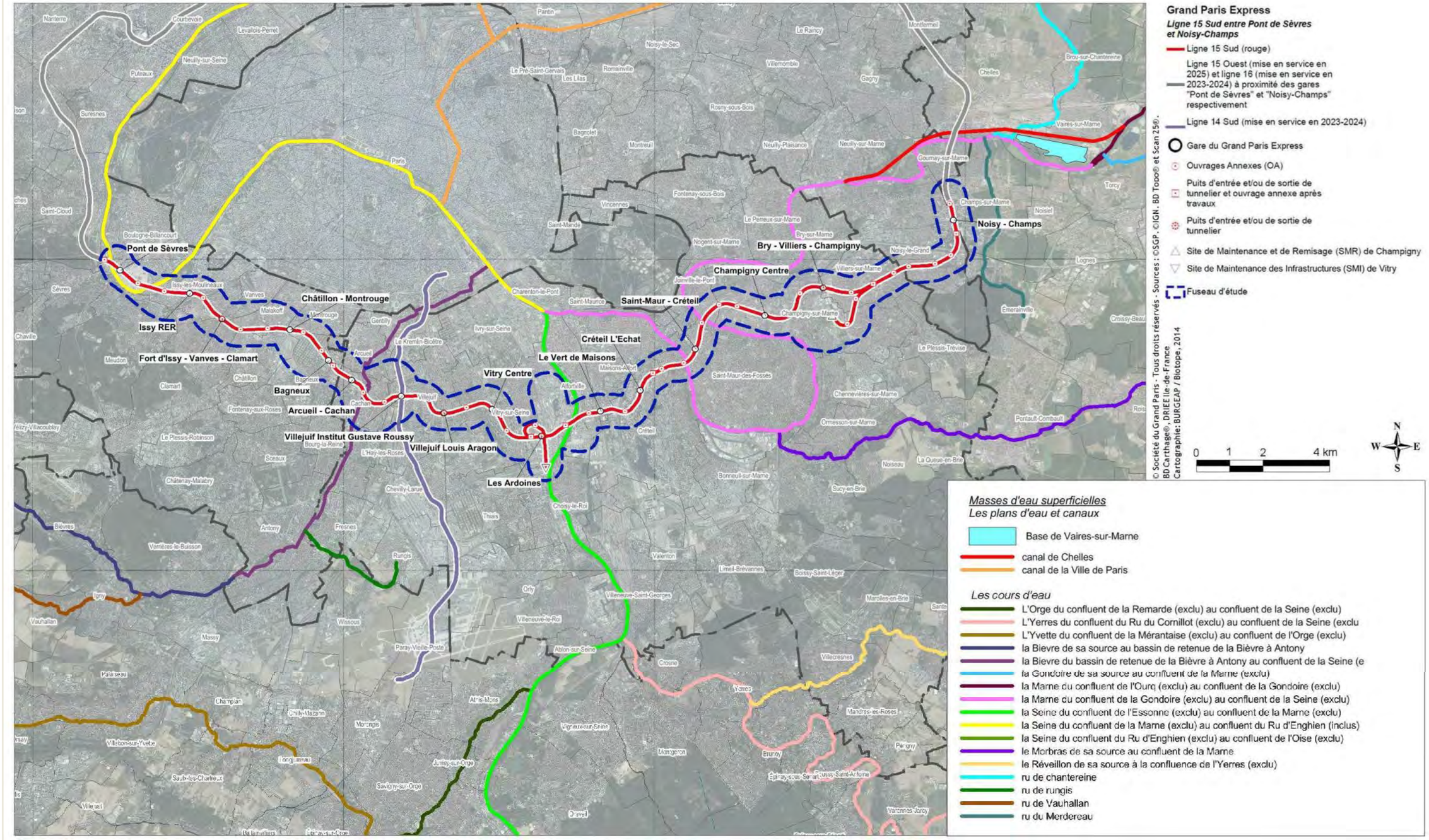
[6] http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/donnees-relatives-aux-masses-d-eau-r154.html

Carte de situation des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) sur et aux environs du fuseau d'étude



Projet non représenté pour une meilleure lisibilité

Carte de localisation des masses d'eau superficielles sur et aux environs du fuseau d'étude



2.3.2 Hydrologie

Les aspects quantitatifs des cours d'eau sont traités sous deux volets :

- leur régime hydrologique et leur gestion hydraulique ;
- leurs débits de référence.

2.3.2.1 Régime hydrologique et gestion hydraulique des cours d'eau

Le présent chapitre décrit le régime hydrologique de chacun des cours d'eau interceptant le fuseau d'étude : la Seine, la Marne et la Bièvre.

Le régime hydrologique d'un cours d'eau est la variation saisonnière moyenne de son débit. Ces variations sont essentiellement liées à l'origine des apports d'eau : pluviométrie (régime pluvial), fonte des neiges au printemps (régime nival) et fonte des glaces en été (régime glaciaire).

Les données sont principalement issues de la banque HYDRO[7].

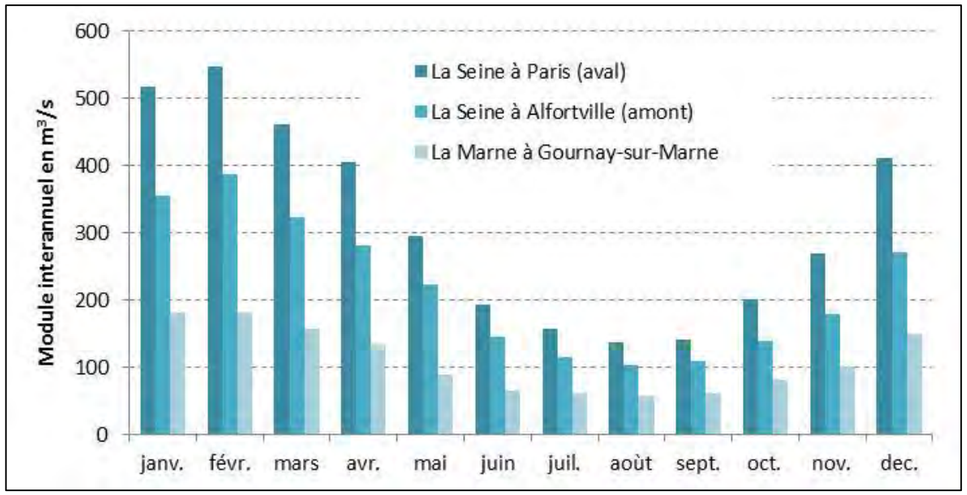
a. La Seine

La Seine est caractérisée par un régime hydrologique pluvial, c'est-à-dire principalement alimentée par des pluies. Le bassin versant ne dépasse pas les 300 mètres d'altitude, hormis en son point culminant situé dans le Morvan (Haut-Folin, 901 m NGF). Contrairement à d'autres fleuves français, la Seine n'est donc pas alimentée par la fonte des neiges sur les massifs montagneux.

Par conséquent, les variations mensuelles de débit se caractérisent par des maximums hivernaux (janvier et février) et des basses eaux en été (juillet, août et septembre), comme l'illustre la répartition mensuelle des modules interannuels ci-contre.

Le régime hydrologique de la Seine au droit du secteur d'étude est sensiblement modifié suite à la mise en service des quatre grands lacs-réservoirs créés entre 1960 et 1990, afin de limiter les crues hivernales et soutenir les étiages sévères.

Ils ont été aménagés dans la partie supérieure du cours de la Seine et de ses affluents : sur la Seine (lac d'Orient), la Marne (lac du Der-Chantecoq), l'Aube (lac d'Amance et lac d'Auzon-Temple) et l'Yonne (lac de Pannecière). Ces lacs constituent une réserve de 800 millions de mètres cube. Ils sont gérés par l'EPTB Seine Grands Lacs, établissement public territorial de bassin.



Répartition mensuelle des modules interannuels de la Seine (Paris et Alfortville) et de la Marne (Gournay-sur-Marne)

b. La Marne

Comme la Seine, la Marne est caractérisée par un régime hydrologique pluvial.

Les variations mensuelles de débit se caractérisent par des maximums hivernaux (janvier et février) et des basses eaux en été (juillet, août et septembre), comme l'illustre la répartition mensuelle des modules interannuels ci-dessus.

Comme pour la Seine, le régime hydrologique de la Marne au droit du secteur d'étude est sensiblement modifié suite à la mise en service du lac-réservoir du Der-Chantecoq à la limite des départements de la Marne et de la Haute-Marne créé entre 1960 et 1970.

c. La Bièvre

La Bièvre est caractérisée par un régime hydrologique pluvial « dégradé », marqué par des pointes de débits estivales, provoquant dans certains cas des dégâts importants par débordement de la Bièvre canalisée (orages du 6 au 7 juillet 2001 et du 7 août 2008).

Contrairement à la Seine et à la Marne, la banque HYDRO ne fournit pas de débits mensuels pour la Bièvre. Toutefois, une campagne de mesures a été réalisée par le Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la Vallée de la Bièvre (SIAVB) entre 2001 et 2009 à Verrières-le-Buisson (avenue de Cambacérès), en amont de sa partie enterrée.

Les débits moyens semestriels sont compris entre 350 et 750 l/s[8] ; les débits minimum sont globalement de l'ordre de 100 l/s, alors que les débits maximum connaissent une forte variabilité influencée par la nature des évènements pluvieux, allant de 5 à 20 m³/s.

Le régime dégradé s'explique par trois raisons principales :

[7] Base de données de référence en matière de données quantitatives sur les cours d'eau en France.

[8] Source : état initial et diagnostic du SAGE de la Bièvre, SAFEGE Ingénierie, juin 2011.

- un bassin versant amont marqué par un profil encaissé et un dénivelé important. Cette configuration est défavorable, car elle provoque des augmentations élevées et brusques des débits en aval, en particulier lors des orages de fin d'été ;

- une urbanisation importante en constante augmentation, y compris sur la partie amont du bassin versant. Cette urbanisation implique une augmentation des volumes ruisselés et des débits en aval. Toutefois, les communes concernées imposent désormais des mesures pour limiter le ruissellement dans le cadre de nouvelles opérations d'aménagement ;

- des interconnexions complexes avec le réseau interdépartemental d'assainissement géré par le SIAAP[9] sur sa partie aval. La Bièvre est ainsi équipée de plusieurs déversoirs d'orage, qui délestent la Bièvre saturée vers les collecteurs du SIAAP (collecteur Fresnes-Choisy en particulier).

2.3.2.2 Débits de référence des cours d'eau

Le présent chapitre fournit les débits de référence des cours d'eau concernés par le fuseau d'étude.

Les débits de référence entrent dans le cadre de la nomenclature et servent aux services instructeurs pour identifier le cas échéant le régime qui s'applique (déclaration ou autorisation) et apprécier les incidences du projet.

Les débits de référence retenus sont les suivants :

- le QMNA5 ou débit moyen mensuel sec de récurrence 5 ans constitue le débit de référence par le décret nomenclature n°93-743. Il donne une valeur du débit mensuel minimal -ou débit mensuel d'étiage- atteint par un cours d'eau calculé sur 5 ans ;

- le QA ou débit moyen interannuel (nommé aussi "module") a valeur de référence, notamment dans le cadre de l'article L.232-5 du code rural (fixant le débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation, et la reproduction des espèces présentes au moins égal au 1/10 du module). Il est calculé sur l'année hydrologique et sur l'ensemble de la période d'observation de la station. Ce débit donne une indication sur le volume annuel moyen écoulé et donc sur la disponibilité globale de la ressource.

Les données sont principalement issues de la banque HYDRO[10].

L'ensemble des stations de mesure est localisé sur la carte dans les pages suivantes.

a. <u>Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt</u>

Selon les données disponibles sur la banque de données HYDRO, deux stations de mesure sont identifiées pour caractériser les débits de référence pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt :

- la Seine à Paris (pont d'Austerlitz, station n°H5920010) avec des données exploitées sur la période 1974-2014 ;
- la Seine à Suresnes (station n°H5920050) avec des données exploitées sur la période 1986-2014.

La station du pont d'Austerlitz apparaît comme plus pertinente de par la période de mesures exploitée.

Le tableau suivant présente les débits de référence pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.

Secteur du fuseau concerné	Station de mesure	Code station HYDRO	Période de mesures	Débit moyen mensuel sec QMNA5 (en m^3/s)	Débit moyen interannuel QA (en m^3/s)
Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt	La Seine à Paris (pont d'Austerlitz)	H5920010	1974-2014[11]	82 [72; 90] [12]	309 [283; 336] [6]

b. <u>Secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville</u>

Selon les données disponibles sur la banque de données HYDRO, la station n°H4340020 d'Alfortville sur la Seine en amont de sa confluence avec la Marne apparaît comme pertinente de par sa localisation par rapport au fuseau d'étude et de par la période de mesures exploitée.

Le tableau suivant présente les débits de référence pour le secteur de la boucle de Vitry-sur-Seine/Alfortville.

Secteur du fuseau concerné	Station de mesure	Code station HYDRO	Période de mesures	Débit moyen mensuel sec QMNA5 (en m^3/s)	Débit moyen interannuel QA (en m^3/s)
Secteur de Vitry/Alfortville	La Seine à Alfortville	H4340020	1966-2014	65 [58; 70]	218 [200; 235]

c. <u>Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés</u>

Selon les données disponibles sur la banque de données HYDRO, deux stations de mesure sont identifiées pour caractériser les débits de référence pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés :

- la Marne à Gournay-sur-Marne (station n°H5841020) avec des données exploitées sur la période 1974-2014 ;

[9] Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne.
[10] Base de données de référence en matière de données quantitatives sur les cours d'eau en France.

[11] Il s'agit des valeurs après la création des réservoirs sur la Seine et la Marne.
[12] Les valeurs entre crochets représentent les bornes de l'intervalle de confiance dans lequel la valeur exacte du paramètre estimé à 95% de chance de se trouver.

- la Marne à Créteil (station n°H5841070) avec des données exploitées sur la période 2010-2014.

La station de Gournay-sur-Marne apparaît comme plus pertinente de par la période de mesures exploitée.

Le tableau suivant présente les débits de référence pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés.

Secteur du fuseau concerné	Station de mesure	Code station HYDRO	Période de mesures	Débit moyen mensuel sec QMNA5 (en m^3/s)	Débit moyen interannuel QA (en m^3/s)
Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés	La Marne à Gournay-sur-Marne	H5841020	1974-2014	32 [29; 35]	109 [99; 118]

d. Secteur Arcueil-Cachan

Contrairement à la Seine et à la Marne, la banque HYDRO ne fournit pas le QMNA5 et le QA pour la Bièvre. Toutefois, une campagne de mesures a été réalisée par le Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement de la Vallée de la Bièvre (SIAVB) entre 2001 et 2009 à Verrières-le-Buisson (avenue de Cambacérès), en amont de sa partie enterrée.

L'état initial du SAGE de la Bièvre[13] fournit toutefois une estimation du QMNA5 à Fresnes (avant son busage) de 250 l/s. Le débit d'étiage est de l'ordre de 100 à 250 l/s.

2.3.3 Qualité des eaux superficielles

Les aspects quantitatifs des cours d'eau sont traités via les masses d'eau concernées par le fuseau d'étude et ce par :

- l'identification des objectifs de qualité des masses d'eau ;
- l'identification des stations de mesure de qualité ;
- l'analyse des données de qualité des masses d'eau et leur interprétation ;
- l'analyse des caractéristiques piscicoles des cours d'eau.

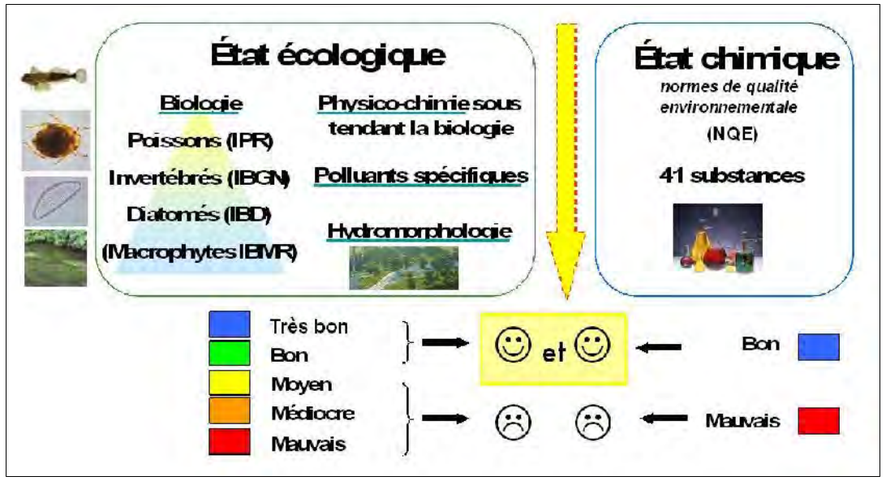
2.3.3.1 Objectifs de qualité des masses d'eau

Le présent chapitre précise les objectifs de qualité des masses d'eau concernées par le fuseau d'étude, après avoir rappelé leur contexte réglementaire.

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) d'octobre 2000 fixe un objectif de restauration du bon état des milieux aquatiques d'ici à 2015, tout en permettant à l'eau de remplir ses différents usages tels que l'eau potable, les usages économiques ou les loisirs.

[13] Etat initial et diagnostic du SAGE de la Bièvre, SAFEGE Ingénierie, juin 2011.

Au sens de la DCE, le bon état « global » d'une masse d'eau est atteint lorsque son état écologique et son état chimique sont au moins bons (voir figure ci-après).



Détermination de l'état d'une masse d'eau
(source : Observatoire de l'eau de Seine-et-Marne)

En droit français, l'arrêté du 25 janvier 2010, consolidé au 17 mai 2014, précise les méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique :

- le bon état écologique reflète la qualité de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à la masse d'eau. Il est déterminé à l'aide d'éléments de qualité : biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques, appréciés par des indicateurs (par exemple les indices invertébrés ou poissons en cours d'eau), ainsi que la présence de polluants spécifiques ;
- le bon état chimique est évalué par rapport au respect des normes de qualité environnementale (NQE) pour 41 substances (8 substances dites dangereuses et 33 substances prioritaires). Il ne prévoit que deux classes d'état : respect ou non-respect du bon état.

Le tableau ci-après présente les objectifs des masses d'eau concernées par le fuseau d'étude.

Secteur du fuseau concerné	Masse d'eau	Code de la masse d'eau	Objectifs (qualité et échéances)		
			Etat écologique	Etat chimique	Etat global
Secteur de Vitry/Alfortville	La Seine du confluent de l'Essonne (exclu) au confluent de la Marne (exclu)	BV_FRHR73B	Bon état pour 2015	Bon état pour 2027	Bon état pour 2027
Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt	La Seine du confluent de la Marne (exclu) au confluent du Ru d'Enghien (inclus)	BV_FRHR155A	Bon potentiel pour 2021	Bon état pour 2027	Bon potentiel pour 2027

Secteur du fuseau concerné	Masse d'eau	Code de la masse d'eau	Objectifs (qualité et échéances)		
			Etat écologique	Etat chimique	Etat global
Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés	La Marne du confluent de la Gondoire (exclu) au confluent de la Seine (exclu)	BV_FRHR154A	Bon potentiel pour 2021	Bon état pour 2027	Bon potentiel pour 2027
Secteur Arcueil-Cachan	La Bièvre du bassin de retenue de la Bièvre à Antony au confluent de la Seine (exclu)	BV_FRHR156B	Bon potentiel pour 2027	Bon état pour 2027	Bon potentiel pour 2027

Deux régimes dérogatoires à l'objectif de bon état en 2015 ont été accordés pour les quatre masses d'eau concernées par le fuseau d'étude :

- un report d'objectif de 2015 à 2027 ;
- une atteinte du bon potentiel[14] et non du bon état, à l'exception notable de la Seine en amont de sa confluence avec la Marne.

2.3.3.2 Identification des stations de mesure de qualité

Le présent chapitre identifie, après avoir rappelé le contexte réglementaire, les stations de mesure de qualité des eaux superficielles retenues pour caractériser la qualité des cours d'eau, par secteur concerné du fuseau d'étude (voir analyse de la qualité chapitre suivant).

Afin d'atteindre l'objectif de bon état, la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) requiert dans son article 8 la mise en œuvre de programmes de surveillance, pour suivre au sein de chaque district hydrographique[15] l'état, ou le potentiel, écologique et l'état chimique des eaux superficielles.

Depuis 2007, les réseaux existants de suivi de la qualité des eaux sur chaque district ont été remaniés de façon à répondre aux exigences de la DCE. Les principaux réseaux de mesures, ainsi mis en place, sont les suivants :

- le Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) qui a pour but d'évaluer les changements à long terme de l'état général des eaux à l'échelle du bassin Seine-Normandie ;
- le Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO) qui vise à évaluer l'état des masses d'eau risquant de ne pas atteindre leurs objectifs environnementaux ;
- le Réseau Complémentaire de Bassin (RCB) qui complète la collecte des connaissances et répondent aux besoins locaux à l'échelle de chaque territoire.

Les données utilisées sont issues des évaluations annuelles disponibles par station de mesure sur le site internet de la DRIEE[16].

[14] Le bon potentiel est un état écologique particulier, prévu pour les masses d'eau artificielles (comme les canaux) ou les masses d'eau naturelles dont les caractéristiques hydromorphologiques ont été substantiellement modifiées. Il s'agit alors de masses d'eau fortement modifiées (MEFM).

[15] La notion de "district hydrographique" est définie par la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) du 23 octobre 2000 : Le district hydrographique est "une zone terrestre et maritime, composée d'un ou plusieurs bassins hydrographiques ainsi que des eaux souterraines et eaux côtières associées, identifiée comme principale unité aux fins de la gestion des bassins hydrographiques" (directive 2000/60/CE, article 2).

La localisation de l'ensemble des stations est figurée sur la carte présentée dans les pages suivantes.

a. Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt

La masse d'eau correspondante au secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt est la Seine, du confluent de la Marne au confluent du ru d'Enghien (code masse d'eau : BV_FRHR155A).

Selon les données disponibles sur le site internet de la DRIEE, quatre stations de mesure de qualité sont identifiées pour cette masse d'eau :

- deux stations sur la Seine à Paris (station au pont d'Austerlitz n°03081000 et station au pont du Garigliano n°03081570) ;
- une station à Suresnes (n°03082000) ;
- une station à Clichy-la-Garenne (n°03082560).

Afin d'établir un état des lieux qualitatif, les deux stations de mesure les plus proches du fuseau d'étude sont retenues, à savoir :

- la station au pont du Garigliano n°03081570 pour l'amont ;
- la station n°03082000 située à Suresnes pour l'aval.

b. Secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville

La masse d'eau correspondante au secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville est la Seine, du confluent de l'Essonne au confluent de la Marne (code masse d'eau : BV_FRHR155A).

Selon les données disponibles sur le site internet de la DRIEE, quatre stations de mesure de qualité sont identifiées pour cette masse d'eau :

- une station à Ris Orangis (n°03061660) ;
- une station à Ablon-sur-Seine (n°03063000) ;
- une station à Orly (n°03063650) ;
- une station à Alfortville (n°03080660).

Afin d'établir un état des lieux qualitatif, les deux stations de mesure les plus proches du fuseau d'étude sont retenues, à savoir :

- la station d'Orly n°03063650 pour l'amont ;
- la station d'Alfortville n°03080660 pour l'aval.

c. Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés

La masse d'eau correspondante au secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés est la Marne du confluent de la Gondoire au confluent de la Seine (code masse d'eau : BV_FRHR154A).

Selon les données disponibles sur le site internet de la DRIEE, cinq stations de mesure de qualité sont identifiées pour cette masse d'eau :

- une station à Gournay-sur-Marne (n°03111320) ;
- une station à Noisy-le-Grand (n°03111550) ;

[16] http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/donnees-qualite-disponibles-par-r95.html

- une station à Joinville-le-Pont (n°03112000) ;
- une station à Créteil (n°03112340) ;
- une station à Charenton-le-Pont (n°03112480).

Afin d'établir un état des lieux qualitatif, les trois stations de mesure les plus proches du fuseau d'étude sont retenues, à savoir :

- la station à Joinville-le-Pont n°03112000 pour l'amont ;
- la station de Créteil n°03112340 entre les deux croisements du fuseau avec la boucle de la Marne ;
- la station à Charenton-le-Pont n°03112480 pour l'aval.

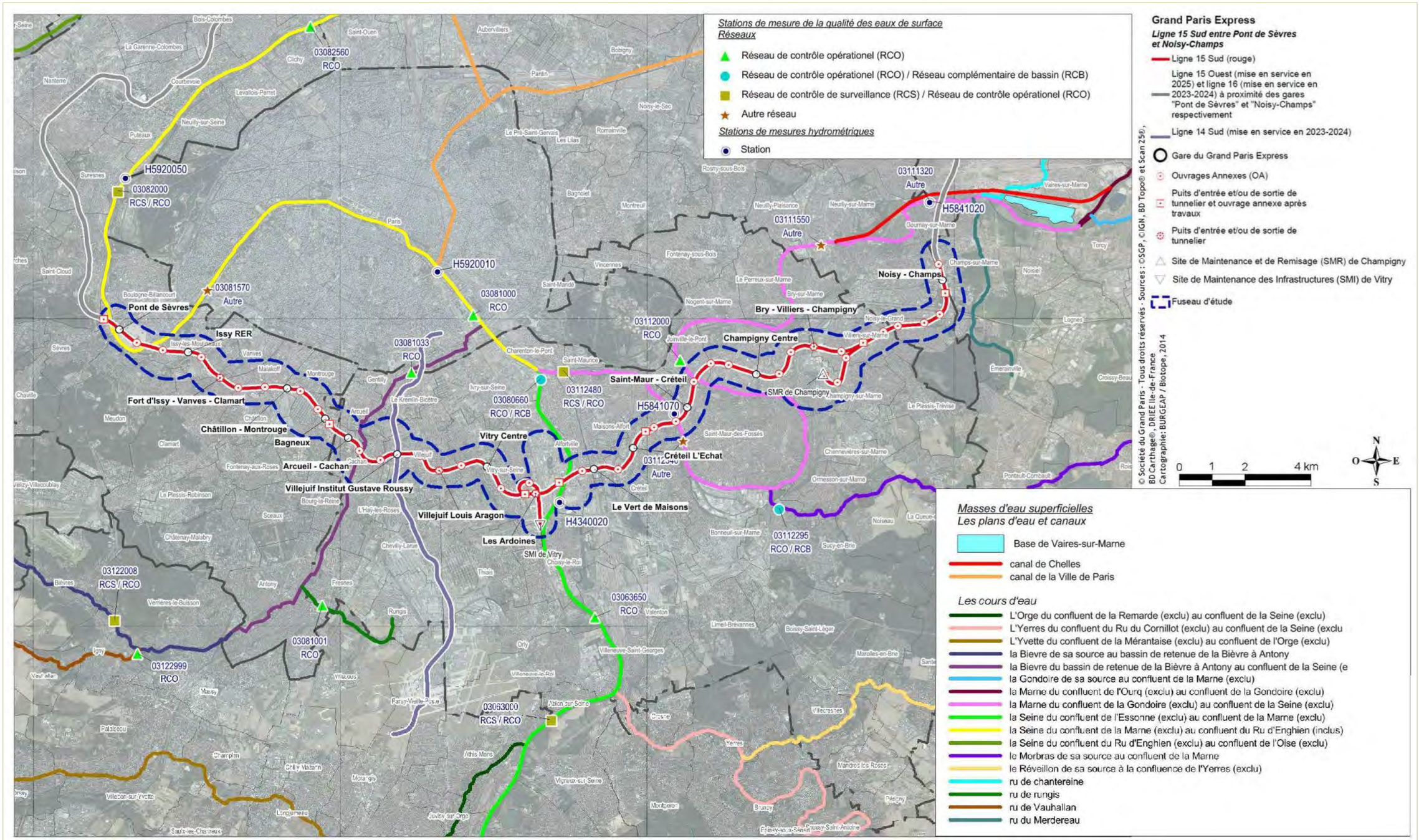
d. Secteur Arcueil-Cachan

La masse d'eau correspondante au secteur Arcueil-Cachan est la Bièvre du bassin de retenue de la Bièvre à Antony au confluent de la Seine (exclu) (code masse d'eau : BV_FRHR156B).

Selon les données disponibles sur le site internet de la DRIEE, deux stations de mesure de qualité sont identifiées sur la Bièvre (n°03122008 et n°03081033), dont une station spécifiquement sur la masse d'eau concernée par le fuseau d'étude. Toutefois, les deux stations de mesure sont exploitées dans l'analyse de la qualité.

Deux autres stations de mesure sont recensées sur chacun de deux principaux affluents de la Bièvre : le ru de Vauhallan (n°03122999) et le ru de Rungis (n°03081001) (voir carte dans les pages suivantes).

Carte de localisation des points de mesure de qualité des eaux superficielles sur et aux environs du fuseau d'étude



2.3.3.3 Données de qualité des masses d'eau et interprétation

Suite au rappel des critères d'évaluation de la qualité et aux choix des stations de référence (voir chapitres précédents), le présent chapitre présente la synthèse des évolutions de la qualité des masses d'eau de 2004 à 2012, par secteur du fuseau d'étude. Une interprétation des résultats est fournie en fin de chapitre.

Dans le cadre de la révision du SDAGE, un état des lieux a été réalisé une première fois en 2004, et a fait l'objet d'une mise à jour en 2013.

Les données utilisées sont issues des évaluations annuelles disponibles par station de mesure sur le site internet de la DRIEE[17]. Ces données se présentent sous forme de tableaux synthétiques en distinguant, au sens de la DCE et conformément à l'arrêté du 25 janvier 2010[18] :

- l'état écologique caractérisé par l'hydrobiologie, la physico-chimie ainsi que les polluants spécifiques ;
- l'état chimique.

La légende des tableaux est fournie ci-dessous :

Légende :		Etat écologique		Etat chimique	
	NC	Non Communiqué (Absence de données)		Absence de données
		Très bon état		informations insuffisantes pour attribuer l'état
		Bon état		Bon état
		Etat moyen		Mauvais état
		Etat médiocre	Indice	Indice de confiance (Faible, Moyen, Elevé)
		Mauvais état		
			n.a.	non analysé
		Données manquantes dans l'agrégation	d.p.	données partielles
		Paramètre Nitrate en état moins que bon		
	A	Assouplissement appliqué		

a. Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt

La masse d'eau correspondante au secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt est la Seine, du confluent de la Marne au confluent du ru d'Enghien (code masse d'eau : BV_FRHR155A).

Les tableaux ci-après présentent la synthèse des données de qualité de 2004 à 2012 pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt pour :

- la station au pont du Garigliano n°03081570 (amont) ;
- la station n°03082000 située à Suresnes (aval).

La Seine à Paris, pont du Garigliano (n°03081570)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques									
ETAT CHIMIQUE									

La Seine à Suresnes (n°03082000)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques				Zn	Cu	Cu	Cu	Cu	
ETAT CHIMIQUE				Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

b. Secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville

La masse d'eau correspondante au secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville est la Seine, du confluent de l'Essonne au confluent de la Marne (code masse d'eau : BV_FRHR155A).

Les tableaux ci-après présentent la synthèse des données de qualité de 2004 à 2012 pour le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville pour :

- la station d'Orly n°03063650 (amont) ;
- la station d'Alfortville n°03080660 (aval).

La Seine à Orly (n°03063650)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques					Cu	Cu	Cu		
ETAT CHIMIQUE					Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

La Seine à Alfortville (n°03080660)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques				Zn		Cu	Cu	Cu	Zn, Cu
ETAT CHIMIQUE	Faible	Faible	Faible	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

[17] http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/donnees-qualite-disponibles-par-r95.html
[18] Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement, version consolidée au 17 mai 2014.

c. Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés

La masse d'eau correspondante au secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés est la Marne du confluent de la Gondoire au confluent de la Seine (code masse d'eau : BV_FRHR154A).

Les tableaux ci-après présentent la synthèse des données de qualité de 2004 à 2012 pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés pour :

- la station de Joinville-le-Pont n°03112000 (amont) ;
- la station de Créteil n°03112340 entre les deux croisements du fuseau avec la boucle de la Marne ;
- la station de Charenton-le-Pont n°03112480 (aval).

La Marne à Joinville-le-Pont (n°03112000)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques						Cu		Cu	
ETAT CHIMIQUE					Elevé	Elevé	Elevé	Faible	Elevé

La Marne à Créteil (n°03112340)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques									
ETAT CHIMIQUE									

La Marne à Charenton-le-Pont (n°03112480)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques				Cu, Zn		Cu	Cu	Cu	Cu
ETAT CHIMIQUE	Faible	Faible	Faible	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

d. Secteur Arcueil-Cachan

La masse d'eau correspondante au secteur Arcueil-Cachan est la Bièvre du bassin de retenue de la Bièvre à Antony au confluent de la Seine (exclu) (code masse d'eau : BV_FRHR156B).

Les tableaux ci-après présentent la synthèse des données de qualité de 2004 à 2012 pour le secteur Arcueil-Cachan pour :

- la station de Verrières-le-Buisson n°03122008 (amont) ;
- la station de Gentilly n°03081033 (aval).

La Bièvre à Verrières-le-Buisson (n°03122008)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques					Zn	Cu	Cu, Zn		Cu
ETAT CHIMIQUE	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

La Bièvre à Gentilly (n°03081033)

Année	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
ETAT ECOLOGIQUE									
Hydrobiologie									
Physico-chimie									
Polluants spécifiques					Cu, Zn		Cu, Zn		
ETAT CHIMIQUE					Elevé		Elevé		

e. Synthèse

L'état chimique des masses d'eau concernées par le fuseau d'étude est mauvais pour l'ensemble d'entre elles sur la période 2004-2012[19].

Toutefois, ces masses d'eau sont en mauvais état car elles sont principalement déclassées par une à deux substances sur les 41 polluants analysés. Il s'agit de pollutions majoritairement d'origine diffuse ou dispersée, telles que les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ou les produits phytosanitaires comme le diuron (déclassant sur la Bièvre) ou de composés du tributylétain (déclassant pour la Marne). Des concentrations « déclassantes » de diphényléthers bromés ont été recensées sur la Seine à Suresnes en 2010.

La contamination chimique des milieux aquatiques peut avoir de nombreuses origines : rejets industriels, rejets de collectivités par temps sec ou par temps de pluie (intégrateurs d'apports divers comme les déversements d'activités économiques, domestiques… dans les systèmes d'assainissement), apports dus aux activités agricoles, remobilisation de stocks (sédiments, pollutions historiques).

L'état écologique est pour l'essentiel moyen voire médiocre sur la période 2004-2012. Cet état n'a également souvent pu être totalement qualifié, faute de données concernant l'hydrobiologie et les polluants spécifiques.

La non-atteinte du bon état écologique est principalement liée à l'hydrobiologie[20] et à des polluants spécifiques, essentiellement dus aux paramètres métalliques cuivre (Cu) et zinc (Zn).

Toutefois, depuis 2004, la physico-chimie est en amélioration sur les masses d'eau concernées par le fuseau d'étude (à l'exception de la Bièvre canalisée), en particulier sur les paramètres traditionnellement déclassants sur le bassin Seine-Normandie : les orthophophates et le phosphore total, ainsi que les nitrites. Ce phénomène s'explique par la mise en place de traitements de déphosphatation sur toutes les stations d'épuration de plus de 10 000 EH, ainsi que par l'abandon

[19] Seules exceptions notables : la Seine à Alfortville et la Marne à Charenton-le-Pont avant 2007. En réalité, le bon état chimique constaté n'intégrait pas à l'époque des analyses notamment sur les HAP.

[20] Selon l'état des lieux de 2013 du SDAGE Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands : « Les déclassements sont liés en grande partie à des altérations sur les diatomées (dans 50 % des cas), puis sur les invertébrés dans 37 % des cas, et sur les poissons dans 13 % des cas (résultats au niveau des 1 032 stations du suivi biologique initial, avant calcul et extrapolation à l'échelle de la masse d'eau). »

progressif des phosphates dans les détergents (interdiction dans les lessives textiles en 2007, dans tous les détergents en 2017).

2.3.4 Usages liés aux eaux superficielles

Cette partie présente les différents usages de l'eau qui s'opèrent dans le fuseau d'étude : alimentation en eau potable, prélèvements industriels, transports et loisirs.

2.3.4.1 Alimentation en eau potable

Le présent chapitre décrit les modalités d'alimentation en eau potable de Paris et de la Petite Couronne en relation avec les eaux superficielles.

L'eau distribuée à Paris et en Petite Couronne provient en partie significative des ressources superficielles que sont l'Oise, la Marne et la Seine.

Eau de Paris, chargé de l'approvisionnement en eau de Paris, et le Syndicat des Eaux d'Ile de France (SEDIF), chargé de l'approvisionnement en eau d'une grande partie de la Petite Couronne, ont chacun leur usine de production d'eau potable prélevant dans chaque fleuve.

Les points de prélèvement superficiels pour l'AEP sont présentés sur la carte insérée dans les pages suivantes.

Deux captages d'eau superficiels en activité sont localisés à moins de 3 km de la limite du fuseau d'étude, tels que présentés dans le tableau suivant[21].

Nom	Code National	Commune	Type de captage	Débit moyen journalier en m^3/j	Débit réglementaire en m^3/j	DUP
Prise d'eau en Seine d'Ivry	75000218	Ivry-sur-Seine	Prise d'eau (Abandon)	41 000 (Abandon en 2010)	41 000 (Abandon en 2010)	-
Prise d'eau en Seine de Choisy	94000049	Choisy-le-Roi	Captage au fil de l'eau	369 163	431 000	08/01/2008
Prise d'eau en Marne de Joinville	75000217	Joinville-le-Pont	Prise d'eau	50 000	50 000	31/07/2000
Prise d'eau en Marne à Saint-Maur	94000042	Saint-Maur-des-Fossés	Captage au fil de l'eau	16 200	22 800	Enquête publique prévue en 2015
Prise d'eau en Marne à Neuilly-sur-Marne	93000077	Noisy-le-Grand	Captage au fil de l'eau	283 444	600 000	-
Prise d'eau en Seine de Suresnes	-	Suresnes	Prise d'eau	32 000	96 750	17/07/2012 29/09/2014

[21] Eau de Paris exploite l'usine d'Ivry alors que l'usine de Choisy-le-Roi est exploitée par le SEDIF, pour la Seine. Pour la Marne, Eaux de Paris exploite l'usine de Joinville, le SEDIF les usines de Saint Maur et de Noisy-le-Grand. Le SEPG (Syndicat des Eaux de la Presqu'ile de Gennevilliers exploite la prise d'eau de Suresnes).

Par ailleurs, aucun captage souterrain à usage AEP n'est identifié sur le secteur étudié (point abordé dans le volet spécifique de la ressource en eau souterraine).

Le fuseau d'étude et le tracé de référence retenus se trouvent en partie dans le périmètre rapproché étendu de la prise d'eau de Suresnes établi par l'arrêté inter- préfectoral n°2012-128 du 17 juillet 2012 établissant les périmètres de protection et autorisant le prélèvement.

Les prescriptions suivantes, figurant dans l'arrêté préfectoral imposent des contraintes à la réalisation du projet et à son exploitation. Elles ne l'interdisent pas.

Plusieurs prescriptions ont été établies dans le cadre de l'arrêté préfectoral portant Déclaration d'Utilité Publique des périmètres de protection de la prise d'eau de Suresnes qui concernent les installations ou travaux à l'intérieur du périmètre de protection rapproché étendu et qui peuvent être appliquées dans le cadre d'un projet de ligne souterraine. En particulier les règles suivantes sont susceptibles de concerner le projet (références tirées de l'arrêté inter-préfectoral n° 2012-128 du 17 juillet 2012, et des modifications apportées par l'arrêté inter-préfectoral n°2014-272 du 29 septembre 2014 modifiant l'arrêté précédent) :

- P10 – Tout stockage de produits susceptible d'altérer la qualité de l'eau devra être équipé d'un système de rétention ayant une capacité de 100 % du volume de stockage.

- P11 – Toute nouvelle ICPE dépassant le seuil de déclaration fera l'objet de prescriptions spéciales pour la protection de la qualité de l'eau de la Seine si elle présente un risque de pollution du fleuve.

- P12 – Toute nouvelle canalisation d'hydrocarbures ou de produits chimiques dont la surface au sol est supérieure à 1/100 du seuil de l'autorisation fera l'objet d'une demande d'autorisation et de prescriptions spéciales sur l'eau.

- P14 – Tout nouveau collecteur de rejet d'eaux pluviales de pont routier devra être équipé d'un bassin de rétention de 60 m^2 au moins et d'un débourbeur déshuileur. Les effluents devront être raccordés au réseau d'assainissement ou déviés vers l'extérieur du PPR étendu.

- P15 – Tout nouveau rejet d'eaux pluviales, autoroutier ou urbain, y compris les travaux sur les ouvrages existants, d'une surface collectée supérieure à 10 ha, devront faire l'objet de prescriptions spéciales concernant le traitement des eaux. Les nouvelles installations devront être raccordées au réseau d'assainissement, dans toute la mesure du possible.

- P16 – Toute nouvelle installation de transbordement de péniches fera l'objet de prescriptions spéciales de la part du gestionnaire du domaine fluvial quel que soit la nature du chargement, et surtout s'il présente un risque pour la qualité de l'eau de la Seine (cet article n'est pas abrogé par l'arrêté du 29 septembre 2014, mais le nouveau texte de P17 est contradictoire).

- P17 – Le stationnement des bateaux et péniches pourra être autorisé dans les limites du périmètre rapproché étendu sous réserve des prescriptions suivantes :
  - Aucun rejet dans le milieu naturel d'hydrocarbures, d'eaux usées, ou de substances dangereuses pour le milieu aquatique,
  - Aucune opération d'entretien sur le site concerné (vidange, nettoyage de cuves, citernes et silos),
  - Aucun transbordement,

- Aucun travauil sur les embarcations elles mêmes (ponçage par exemple).

- P18 – Les maîtres d'ouvrages de collecteurs publics d'eaux pluviales existants ou à venir devront notifier aux industriels raccordés des mesures de prévention des pollutions accidentelles, y compris en cas d'incendie.

- P19 – Le SEPG sera consulté pour tout projet de travauxdans le lit de la Seine, en particulier concernant les calendriers et modalités des programmes d'interventions (par exemple entretien ou réfection des berges, dragage du fleuve, intervention sur piles de ponts, curages des installations portuaires, aménagement des berges. »

- P20 – Les nouveaux stockages d'hydrocarbures et de produits chimiques de plus de 5 m^3 devront être pourvus d'une cuve étanche ou d'installations de sécurité renforcées s'ils sont enterrés.

- P21 – Tout nouveau rejet dépassant le seuil de l'autorisation des rubriques de la nomenclature de l'article R214-1 du code de l'environnement (2.1.5.0, 2.2.1.0) doit être soumis à l'avis de l'ARS avec arbitrage du Préfet.

- P22 – Toute installation industrielle, artisanale, urbaine ou routière présentant un risque d'atteinte à la qualité des eaux de la Seine et ne rentrant pas dans les catégories précédentes devra faire l'objet de prescriptions spéciales de la part du Préfet et de l'ARS.

2.3.4.2 Navigation

Le présent chapitre décrit les modalités de navigation sur la Seine et la Marne.

La Seine est un cours d'eau navigable dans la capitale, en aval et en amont de Paris, et utilisé comme tel.

Il en est de même pour la Marne, de sa confluence avec la Seine jusqu'en Seine-et-Marne.

Un chenal de navigation est délimité et la navigation y est réglementée. Ce chenal doit être laissé libre de tout ouvrage immobile, flottant ou non.

La navigation de transit doit rester dans le chenal.

Les données du tableau ci-après sont extraites des chiffres clés 2010 du bassin de la Seine (Direction interrégionale du bassin de la Seine de VNF), le tableau présente l'évolution du tonnage transporté par an, par département.

Département	2009	2010	Évolution
77 Seine-et-Marne	5 352 940	5 406 444	1%
92 Hauts-de-Seine	4 942 895	5 000 729	1,17%
94 Val-de-Marne	2 753 314	2 496 771	-9,32%
93 Seine-Saint-Denis	900 527	1 378 101	53,03%
Total Bassin de la Seine	41 167 614	41 354 968	0,46%

Annuellement, plus de 1,7 millions de tonnes de marchandises transitent par les ports fluviaux situés dans la Ville de Paris. Ces marchandises sont essentiellement des matériaux de construction et des gravats de chantier. Des produits agricoles, pétroliers, métallurgiques ou des automobiles sont aussi transportés.

Le trafic sur la Seine et la Marne en direction des ports de Rouen et du Havre concerne essentiellement des conteneurs, des automobiles et des céréales. Ces trafics sont gérés par des installations portuaires situées en dehors de Paris (Gennevilliers (92) en particulier).

Sur la Seine, une seule autre vocation existe pour la navigation fluviale depuis l'arrêt du transport en commun VOGUEO géré par le STIF entre juin 2008 et juin 2011. Il s'agit de la vocation touristique avec les croisières fluviales (Batobus, Bateaux mouches,…).

2.3.4.3 Aménagements et usages des quais

Les quais de la Seine sont principalement aménagés. De fait, les berges naturelles sont quasi-inexistantes dans Paris et sa proche banlieue.

Deux types d'aménagement des quais peuvent être distingués :

- les quais en remblais dont le parement est recouvert de maçonnerie, parfois de palplanches ;
- les quais sur pilotis : ces quais présentent une face externe sur pilotis, avec une ou deux rangées de pieux. Ils présentent cependant une face interne comparable aux quais en remblai. Ces quais sont principalement des lieux d'amarrage, portuaires ou non.

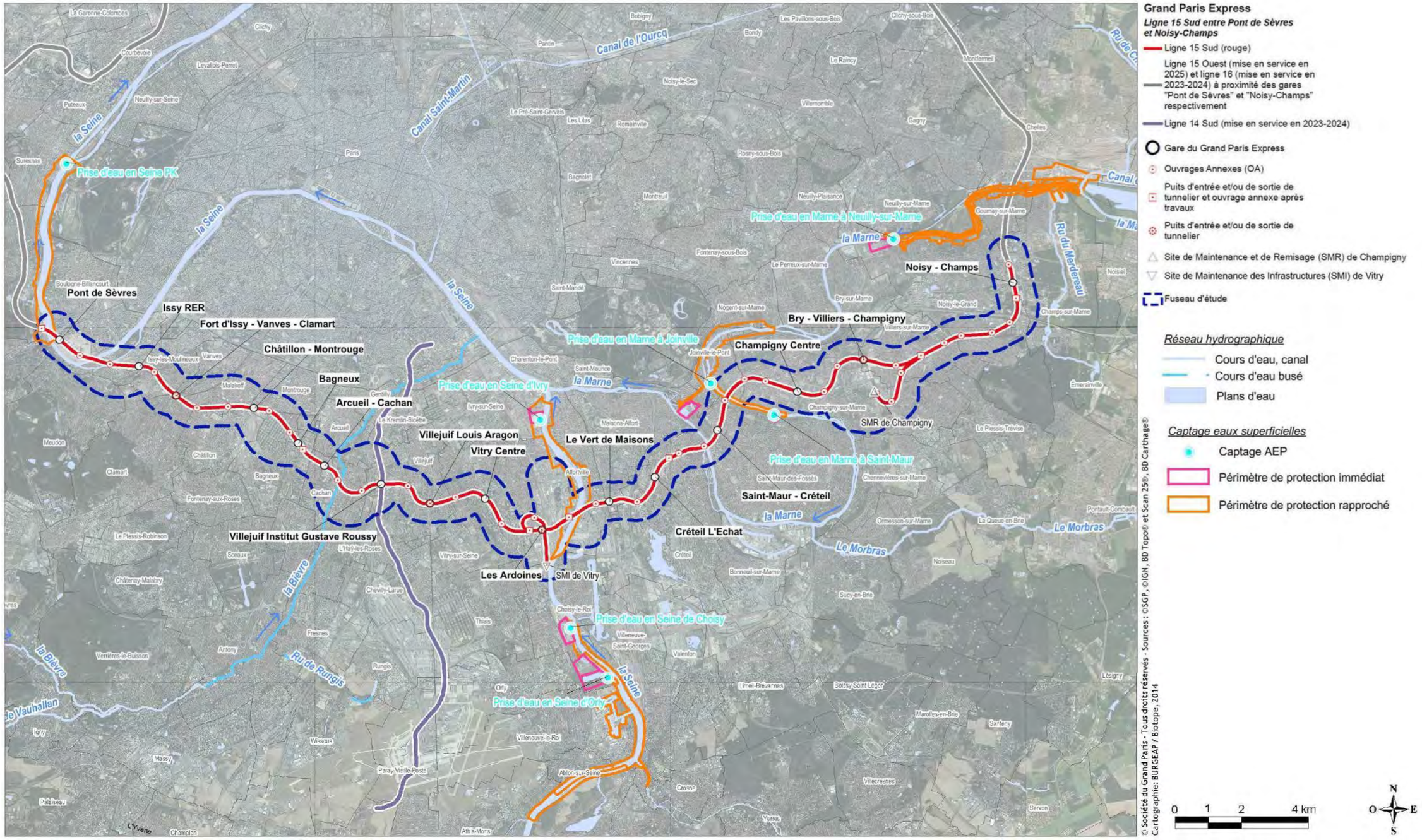
De nombreuses péniches sont amarrées à demeure sur les quais de Seine. Il s'agit d'amarrage permanent de bateaux.

Elles sont soit à usage d'habitation, soit à usage de bureaux ou d'activités (salles de réception).

2.3.4.4 Activités industrielles et artisanales

Il n'y a pas de prélèvement industriel d'eau dans la Seine au droit du fuseau d'étude.

Carte des usages liés aux eaux superficielle



Projet non représenté pour une meilleure lisibilité

2.3.5 Risques d'inondation liés aux débordements de cours d'eau

Le risque inondation par débordement de cours d'eau est l'un des risques naturels majeurs en région Ile-de-France. Il concerne ainsi directement plus d'un million de franciliens. En effet, l'Ile-de-France est le point de rencontre d'importants cours d'eau, tels que la Seine, la Marne, l'Oise ou l'Yonne.

Le tracé intercepte des zones inondables par débordement de cours d'eau au droit des trois secteurs suivants :

1. Secteur de la boucle à Boulogne-Billancourt pour les crues de la Seine en aval de sa confluence avec la Marne ;
2. Secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville pour les crues de la Seine en amont de sa confluence avec la Marne ;
3. Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés pour les crues de la Marne.

Le secteur Arcueil-Cachan au droit du fond de vallée de la Bièvre est un cas particulier, la Bièvre étant busée sur sa partie aval et intégrée au réseau d'assainissement interdépartemental.

2.3.5.1 Déroulement des inondations

Le présent chapitre décrit le déroulement des inondations pour chacun des trois cours d'eau concernés.

a. Crues de la Seine

Le fuseau d'étude est concerné par le risque inondation lié aux débordements de la Seine dans ses deux traversées de la vallée de la Seine : au droit de la boucle de Boulogne-Billancourt et au droit du secteur de Vitry-sur-Seine.

Les contextes hydro-géomorphologiques dans lesquels peuvent survenir ces crues sont distincts pour chacun des deux secteurs :

- au droit de Boulogne-Billancourt, la vallée de Seine forme une boucle resserrée qui vient border le plateau situé entre Puteaux et Ville-d'Avray. La largeur de la vallée y est de 2,5 km avec une largeur de lit mineur sensiblement la même qu'au droit de Vitry-sur-Seine ;
- au droit du secteur de Vitry-sur-Seine, la vallée de la Seine s'élargit sur 5 km entre les deux « verrous hydrauliques » constitués au nord par les plateaux de Vincennes et d'Ivry, au sud par le resserrement de Villeneuve-Saint-Georges. Le lit mineur du fleuve, d'une largeur moyenne de 200 m, y est légèrement sinueux.

Les crues de Seine sont des crues lentes : la montée des eaux est en général de l'ordre de 30 à 50 cm par jour. Elles sont la conséquence de plusieurs phénomènes concomitants :

- l'arrivée de fortes pluies sur les massifs amont : plateau de Langres pour la Seine, l'Aube et la Marne, plateau du Morvan pour l'Yonne et ses affluents ;
- l'imperméabilisation naturelle et temporaire (gel ou saturation des sols) ou artificielle des sols.

Les crues majeures surviennent généralement entre décembre et mars. En Ile-de-France, les inondations les plus importantes se produisent lorsqu'il y a concomitance des crues des différents affluents de la Seine. Les crues majeures sont généralement dues à la superposition des crues lentes de l'Aube, de la Seine et de la Marne avec les crues rapides de l'Yonne et des affluents de la Marne tels que le Petit et le Grand Morin.

Pour les deux secteurs concernés, la crue la plus marquante est celle de janvier 1910, avec une hauteur d'eau maximale relevée au pont d'Austerlitz de 8,62 m. Cette crue est dite « centennale », ce qui signifie que sa période de retour est estimée à 100 ans. Chaque année, une crue de ce type a une chance sur 100 de se produire. Sur un siècle, il y a statistiquement 63 chances sur 100 qu'une crue de type 1910 se produise au moins une fois.

Les caractéristiques de la crue de 1910 servent de références pour les crues exceptionnelles de la Seine[22] et de la Marne sur sa partie aval, en application des circulaires interministérielles du 24 avril 1996 et 5 février 1998 relatives à la prise en compte du risque inondation en région Île-de-France.

La carte page suivante des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) présente la délimitation des zones inondées par la crue de janvier 1910 pour la Seine ainsi que pour les parties aval de la Marne et de l'Oise, celles inondées par la crue de 1926 pour l'Oise amont, et par la crue de 1955 pour la Marne amont.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques de la crue de 1910, ainsi que des principales crues enregistrées au cours du 20ème siècle, au pont d'Austerlitz à Paris.

Crues	Hauteur d'eau relevée au pont d'Austerlitz	Date de la mesure	Débit estimé (en m^3/s)	Période de retour estimée
Janvier 1910	8,62 m	28/01/1910	2 400	100 ans
Janvier 1924	7,32 m	06/01/1924	2 100	30 ans
Janvier 1955	7,12 m	23/01/1955		
Janvier 1982	6,15 m	14/01/1982	1 800	10 ans

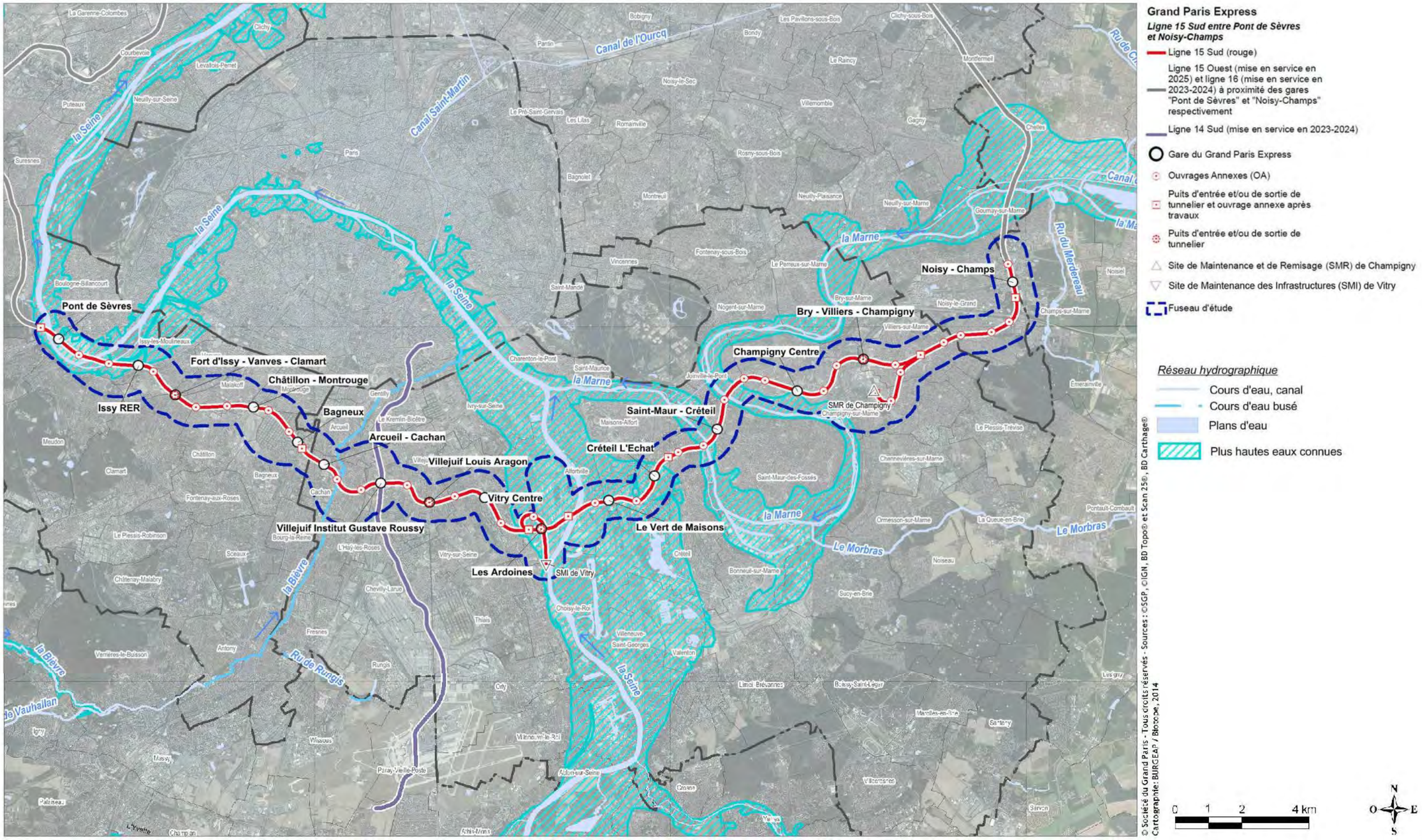
A noter l'existence d'ouvrages linéaires de protection contre les crues en Petite Couronne, notamment dans le département des Hauts-de-Seine et du Val-de-Marne : les murettes anti-crue. Ces dernières sont calées pour assurer une protection contre la crue de 1924et sont gérées par les Conseils départementaux respectifs. Toutefois, elles n'offrent jamais une protection totale : disjonctions, ruptures ou submersions restent possibles.

b. Crues de la Marne

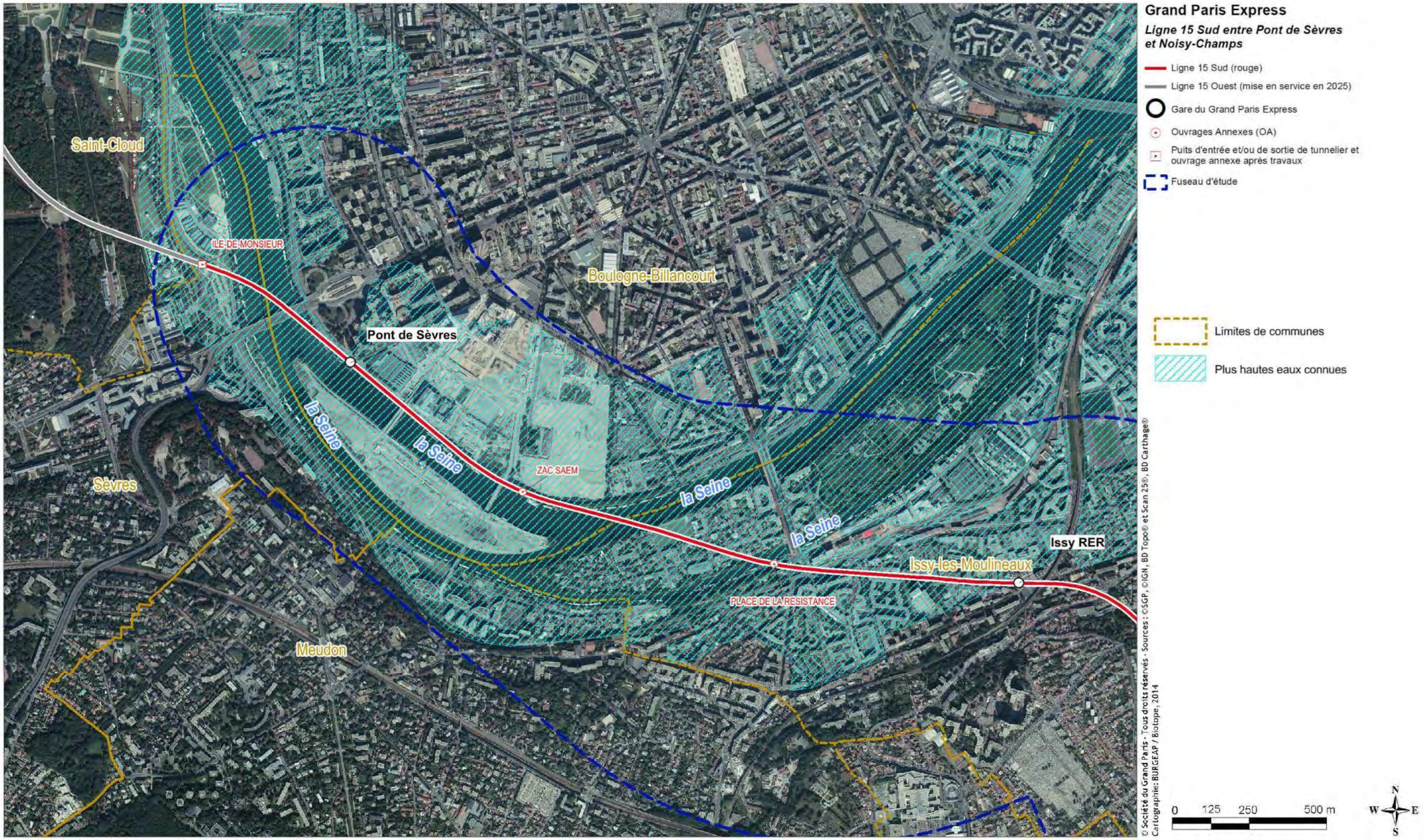
Le fuseau d'étude est concerné par le risque inondation lié aux débordements de la Marne dans ses deux traversées de la vallée de la Marne au droit de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés dans le département du Val-de-Marne.

[22] La première mention d'une crue est celle de l'empereur romain Julien l'Apostat durant l'hiver 358/359 et la plus relatée dans la littérature historique est celle du 31 janvier 582 par Grégoire de Tours. Les crues les plus importantes de l'histoire de l'Ile-de-France, connues avec suffisamment de certitude, sont celles de 1658 (où le maximum pourrait être de 8,96 m au pont d'Austerlitz), et celle de 1740 (8,05 m) (source : PPRI Seine 93).

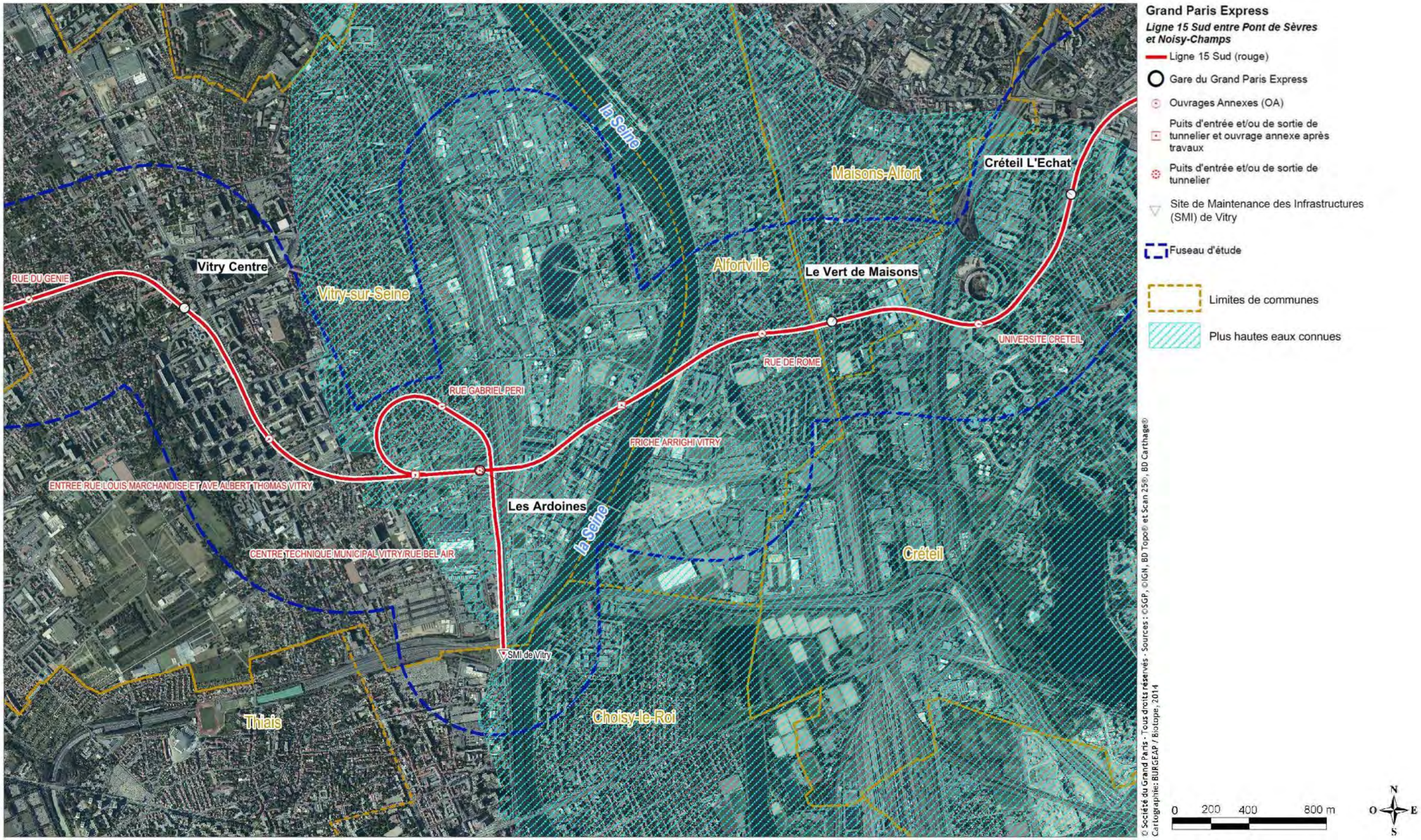
Carte des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC)



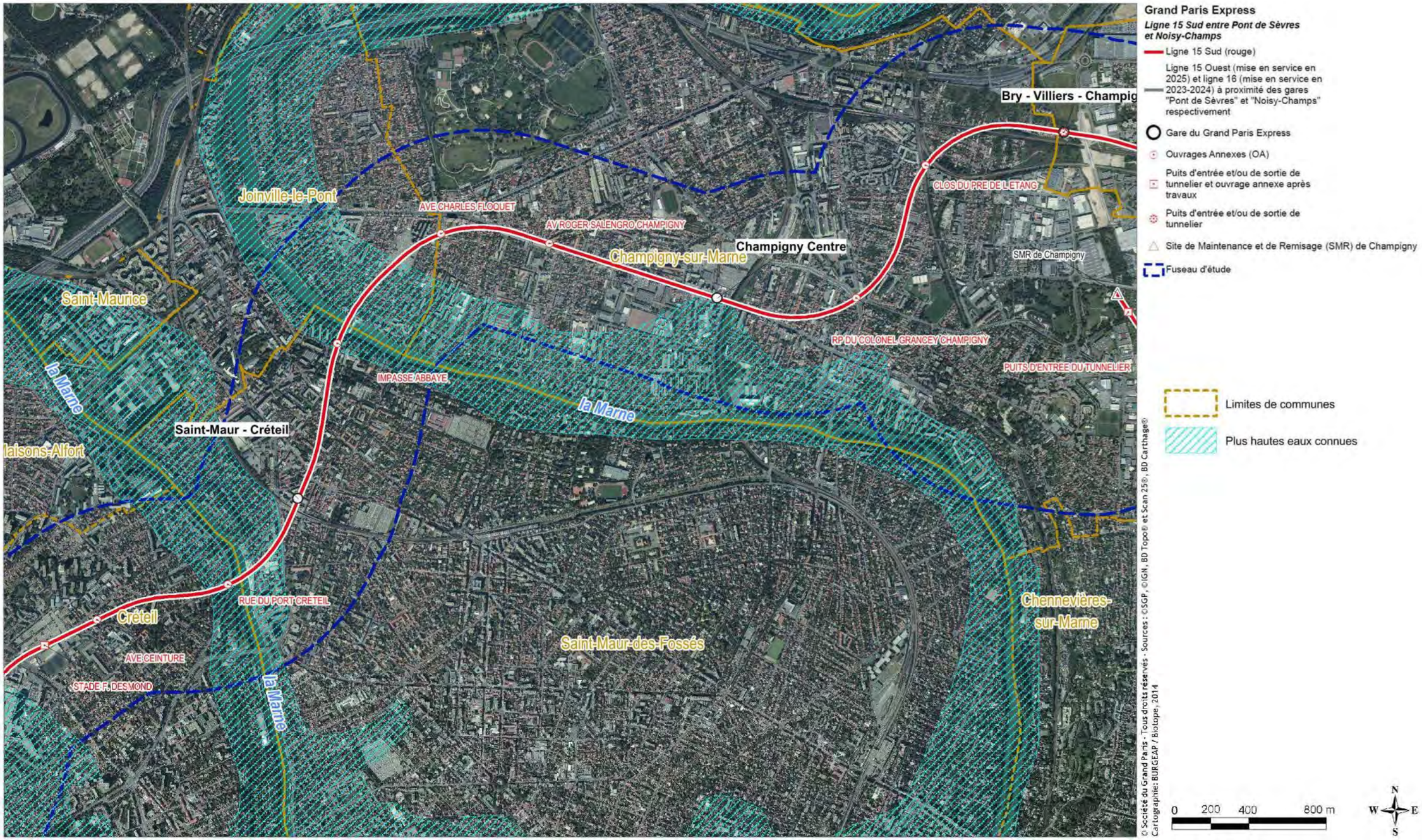
Carte des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) – secteur de Boulogne Billancourt



Carte des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) – secteur de Vitry-sur-Seine - Alfortville



Carte des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) – Secteur de Saint-Maur-des-Fossés



La vallée de la Marne est beaucoup plus encaissée que celle de la Seine. Le relief des plateaux limite ainsi l'extension des crues, à l'exception du secteur d'étude, au droit de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés.

Comme pour la vallée de la Seine, la crue de janvier 1910 constitue la crue marquante pour les deux traversées du fuseau d'étude en Marne[23]. Toutefois, la période de retour de cette crue pour la Marne est estimée à 60 ans et non à 100 ans comme c'est le cas pour la Seine (source : PPRI de Seine-et-Marne).

c. Crues de la Bièvre

Le fuseau d'étude n'est pas concerné par le risque inondation lié au débordement de la Bièvre.

En effet, la rivière est busée d'Antony jusqu'à son exutoire en Seine à Paris. Elle est interconnectée au réseau d'assainissement interdépartemental du SIAAP. Les inondations sont alors provoquées le cas échéant par des débordements liés à la saturation des réseaux d'assainissement, et non plus à la seule rivière.

En revanche, la Bièvre est concernée dans sa partie amont à ciel ouvert par des problèmes d'inondations. En effet, la vallée de la Bièvre est fortement encaissée et l'accroissement des surfaces imperméabilisées a conduit à une augmentation des volumes ruisselés et de la fréquence des inondations.

La crue de référence pour la partie amont du bassin versant de la Bièvre est celle occasionnée par l'orage de la nuit du 21 au 22 juillet 1982. Cet orage a rapidement provoqué un ruissellement important, notamment à Jouy-en-Josas dont toute la zone urbaine a été submergée.

La période de retour de cet événement a été évaluée entre 50 et 100 ans et ce, dès la partie aval de la commune de Buc (lame d'eau précipitée de 96,2 mm en une heure à Vélizy-Villacoublay, soit la plus forte enregistrée sur 50 années d'observations).

2.3.5.2 Plans de Prévention des Risques Inondation

Le présent chapitre décrit les Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) concernés par le fuseau d'étude.

Le PPRI définit des mesures de prévention en matière d'urbanisme, de construction, d'aménagement, d'exploitation des terrains, et d'usage des biens. Il décline les niveaux d'aléa retenus ainsi que les différentes zones réglementaires.

Le fuseau d'étude est concerné par deux Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) en vigueur :

- le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine ;
- le PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

Un PPRI a été prescrit par arrêté préfectoral sur la Bièvre le 21 janvier 2002 dans les communes du département de l'Essonne. Il ne concerne toutefois pas le secteur d'étude.

Un Plan de Prévention du Risque inondation et coulée de boue par ruissellement en secteur urbain a été prescrit dans le Val-de-Marne.

a. Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Seine dans les Hauts-de-Seine

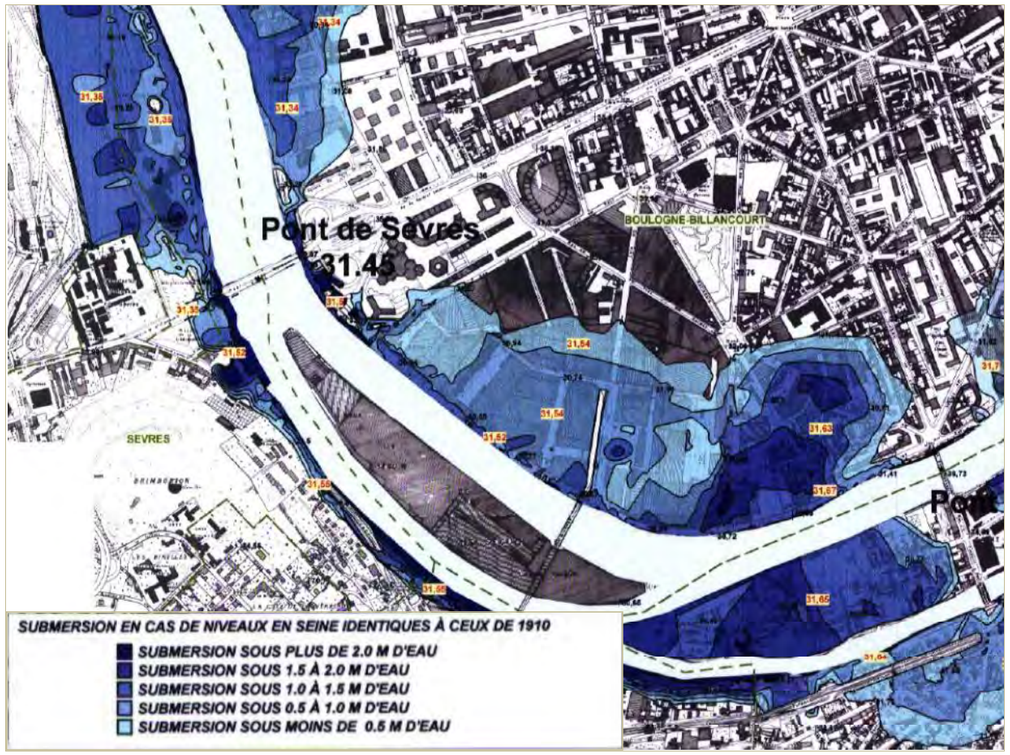
Le fuseau d'étude est concerné pour la Seine par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Seine dans les Hauts-de-Seine sur le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.

Ce PPRI concerne 18 communes du département des Hauts-de-Seine. Il a été prescrit par arrêté préfectoral du 29 mai 1998 puis approuvé par arrêté préfectoral du 9 janvier 2004.

Trois niveaux d'aléas ont été retenus :

- aléas très forts correspondant à des hauteurs de submersion de plus de deux mètres ;
- aléas forts correspondant à des hauteurs de submersion comprises entre 1 et 2 mètres ;
- autres aléas correspondant à des hauteurs de submersion inférieures à 1 mètre.

La figure ci-dessous présente un extrait de la carte de l'aléa « hauteur d'eau » sur les communes de Sèvres et Boulogne-Billancourt dans les Hauts-de-Seine, au droit du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.



Extrait de la carte de l'aléa « hauteur d'eau » sur les communes de Sèvres et Boulogne-Billancourt dans les Hauts-de-Seine (source : PPRI 92)

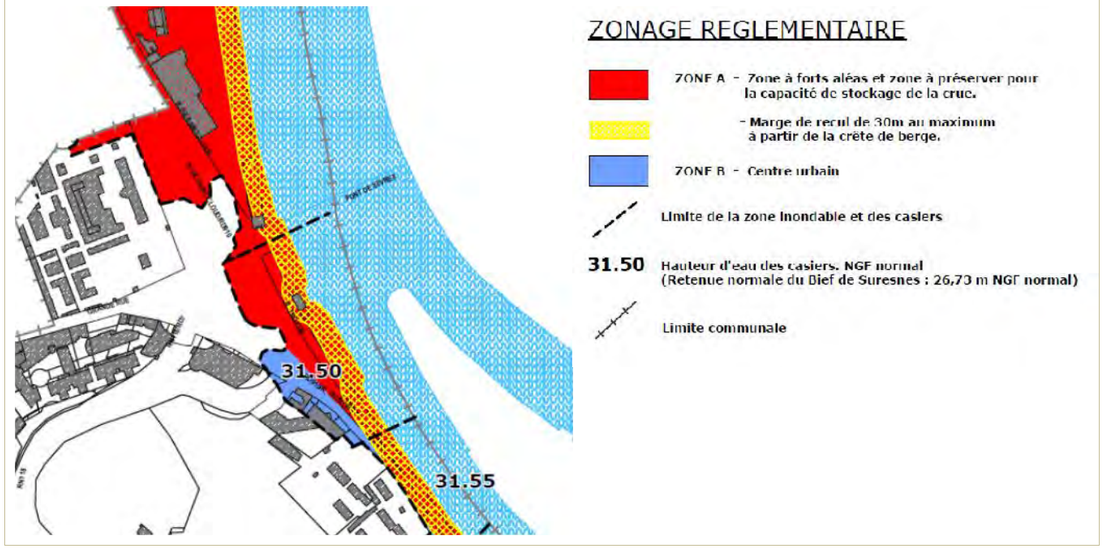
[23] En amont de Noisiel, la crue de référence pour la Marne est celle de janvier 1955.

Conformément à la réglementation en vigueur à la date d'approbation du PPRI[24], un zonage réglementaire a été élaboré sur la base d'une analyse croisée de l'aléa et des enjeux sur le territoire concerné par le PPRI. Le zonage délimite quatre zones ainsi définies :

- une zone rouge dite « zone A » correspondant aux zones à forts aléas et aux zones à préserver au titre de la capacité de stockage de la crue quel que soit le niveau d'aléa (berges du fleuve et espaces non bâtis ou très peu bâtis qui constituent des zones d'expansion de crues).
- une zone bleue dite « zone B » correspondant aux « centres urbains ». Ce sont des espaces urbanisés caractérisés par leur histoire, une occupation du sol importante, une continuité du bâti et la mixité des usages entre logements, commerces et services.
- une zone orange dite « zone C » correspondant aux « zones urbaines denses ». Il s'agit de secteurs qui ne répondent pas à toutes les caractéristiques des « centres urbains ». Il convient de limiter la densification de ces territoires.
- une zone violette dite « zone D » correspondant aux « zones de mutations urbaines ». Il s'agit de secteurs dont l'urbanisation est prévue au Schéma Directeur de la Région Ile-de-France et présente un intérêt stratégique au niveau régional. Ces zones concernent les terrains Renault sur Boulogne et Meudon et les terrains Gaz de France à Gennevilliers et Villeneuve-la-Garenne.

La superposition du fuseau d'étude et du zonage réglementaire du PPRI de la Seine pour les Hauts-de-Seine est fournie en fin de chapitre. Cette carte est centrée sur le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.

La figure ci-dessous présente un extrait du zonage réglementaire pour la commune de Sèvres dans les Hauts-de-Seine, au droit du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.



Extrait du zonage réglementaire du PPRI de la Seine pour la commune de Sèvres dans les Hauts-de-Seine (source : PPRI 92)

b. Plan de Prévention des Risques Inondation (PPRI) de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne

Le fuseau d'étude est concerné par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne sur deux secteurs distincts :

- le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville pour la Seine ;
- le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés pour la Marne. Le fuseau d'étude traverse alors le cours d'eau en deux endroits.

Ce PPRI concerne 24 communes du Val-de-Marne. Il a été prescrit par arrêté préfectoral du 20 avril 1998, approuvé par arrêté préfectoral du 28 juillet 2000, puis modifié par arrêté préfectoral du 12 novembre 2007.

Compte tenu de l'importance des contraintes imposées par celui-ci, les acteurs locaux ont souhaité que l'aléa hydraulique sur les terrains situés en zone inondable soit approfondi, afin de déterminer avec plus de précision les vitesses d'écoulement pour justifier et affiner la délimitation des zones inondables. Une étude de grand écoulement a donc été engagée en février 2002 et confiée au bureau d'études SAFEGE. Les résultats de cette étude hydraulique ont conduit le Préfet du Val-de-Marne à prescrire, par arrêté préfectoral n° 2003-1208 du 4 avril 2003, la révision du PPRI.

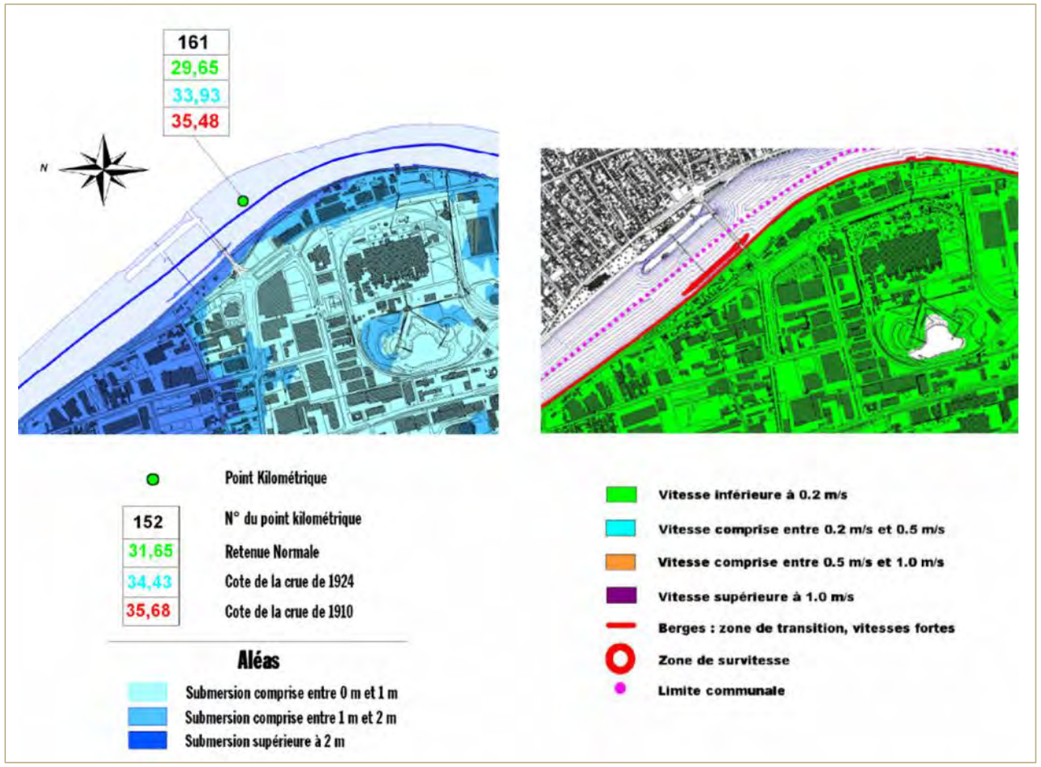
Comme dans le PPRI dans les Hauts-de-Seine, trois niveaux d'aléas ont été retenus :

- aléas très forts correspondant à des hauteurs de submersion de plus de deux mètres ;
- aléas forts correspondant à des hauteurs de submersion comprises entre 1 et 2 mètres ;
- autres aléas correspondant à des hauteurs de submersion inférieures à 1 mètre.

Le PPRI définit également des zones de grand écoulement exposées à la fois à des hauteurs d'eau importantes (supérieures à un mètre) et à des vitesses supérieures à 0,5 m par seconde.

La figure ci-dessous présente un extrait des cartes d'aléas « hauteur d'eau » et « vitesse » sur la partie nord de la commune de Vitry-sur-Seine dans le Val-de-Marne, au droit du secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville.

[24] Conformément à l'article 40-1 de la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 modifiée par l'article 16 de la loi n°95-101 du 2 février 1995 et conformément au décret n°95-1089 du 5 octobre 1995.



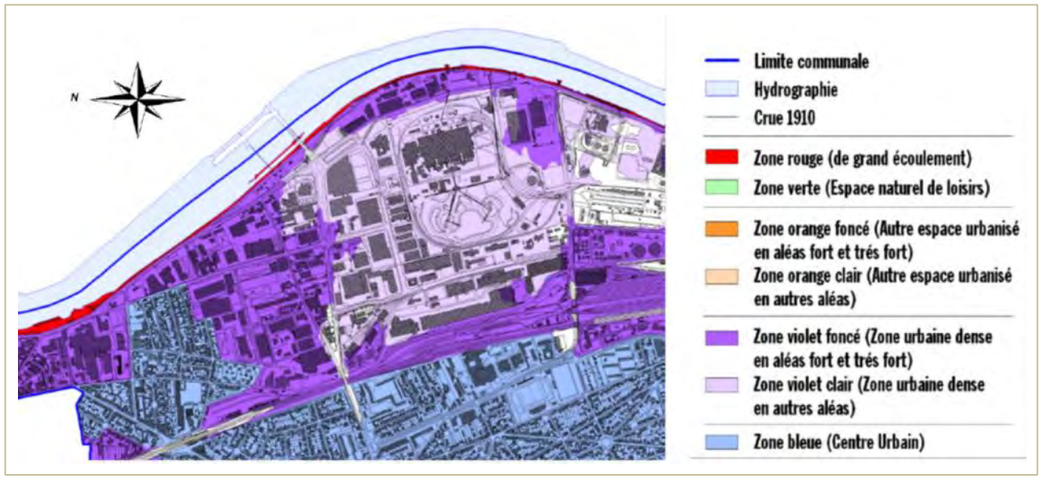
Extraits des cartes d'aléas « hauteur d'eau » et « vitesse » sur la partie nord de la commune de Vitry-sur-Seine dans le Val-de-Marne (source : PPRI 94)

Le zonage réglementaire issu de cette confrontation comprend au total sept zones :

- les zones rouges, qui correspondent aux zones de grand écoulement ;
- les zones vertes, qui correspondent :
  - o d'une part, aux zones naturelles d'espaces verts, de terrains de sports, de loisirs ou de camping ayant vocation à servir de zone d'expansion des crues,
  - o d'autre part, aux zones définies dans les documents d'urbanisme comme zones à préserver pour la qualité du site et du paysage existant ;
- les zones orange foncé, qui correspondent aux autres espaces urbanisés (hors zone de grand écoulement), en aléas forts ou très forts ;
- les zones orange clair, qui correspondent aux autres espaces urbanisés, en autres aléas ;
- les zones violet foncé, qui correspondent aux zones urbaines denses (hors zone de grand écoulement), en aléas forts ou très forts ;
- les zones violet clair, qui correspondent aux zones urbaines denses, en autres aléas ;
- les zones bleues, qui correspondent aux centres urbains.

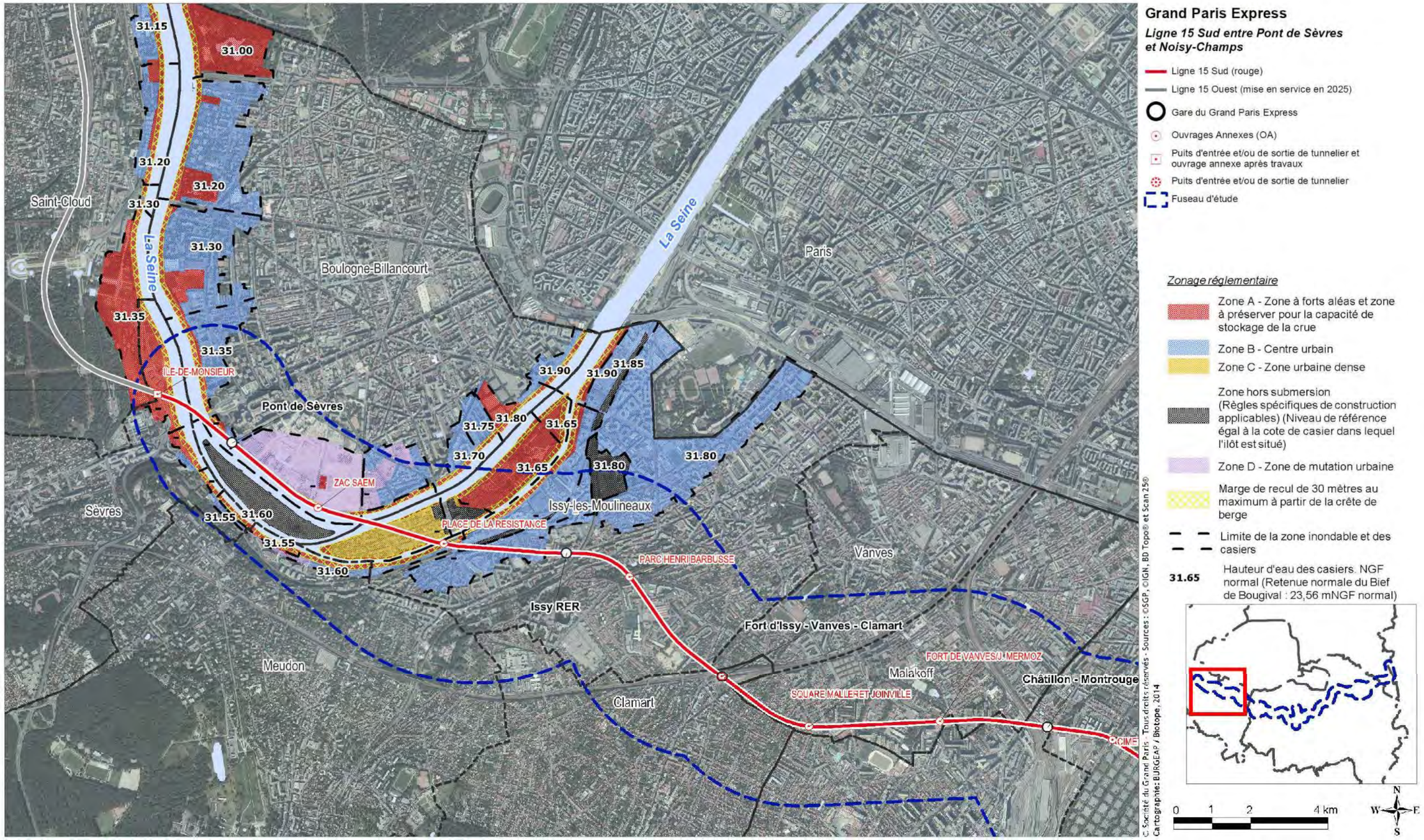
La superposition du fuseau d'étude et du zonage réglementaire du PPRI de la Marne et de la Seine pour le Val-de-Marne est fournie en fin de chapitre. Cette carte est cadrée sur le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville pour la Seine et le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés pour la Marne.

La figure ci-dessous présente un extrait du zonage réglementaire sur la partie nord de Vitry-sur-Seine dans le Val-de-Marne, au droit du secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville.

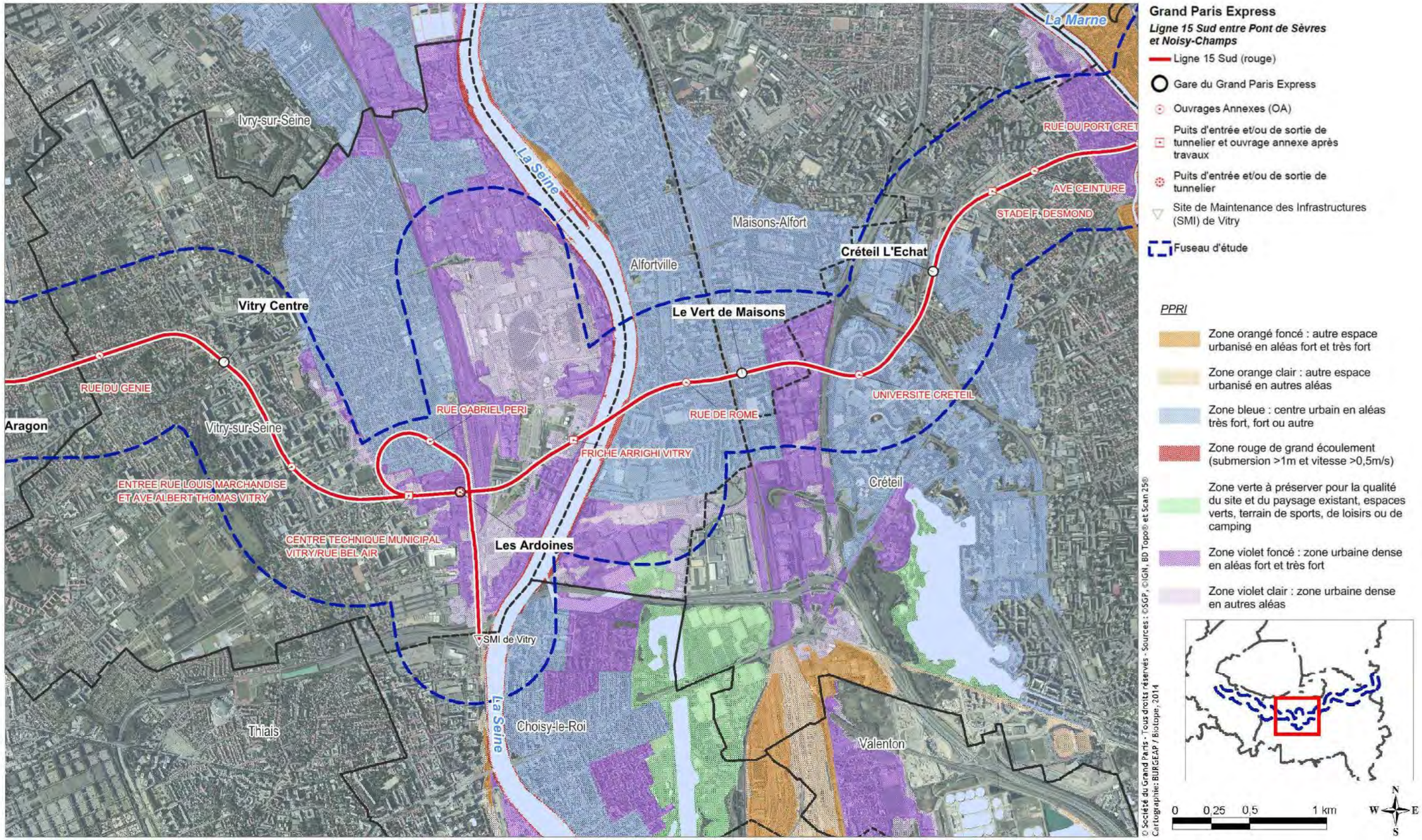


Extrait du zonage réglementaire sur la partie nord de Vitry-sur-Seine dans le Val-de-Marne (source : PPRI 94)

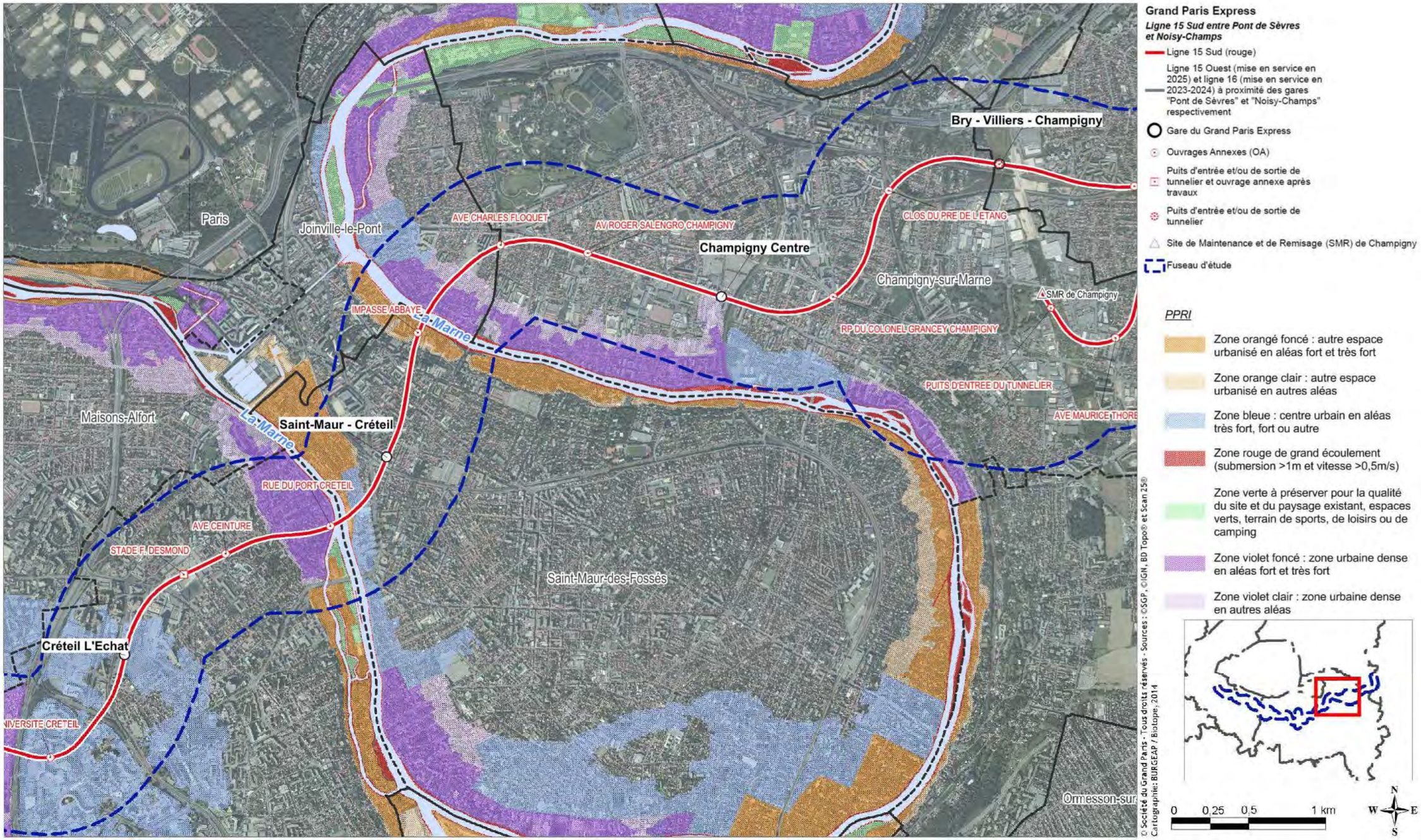
Carte du zonage réglementaire PPRI sur le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt (source : PPRI 92)



Carte du zonage réglementaire PPRI sur le secteur de Vitry-sur-Seine / Alfortville



Carte du zonage réglementaire PPRI sur le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés pour la Marne



2.3.5.3 Territoire à risque important d'inondation Métropole francilienne

Le présent chapitre décrit l'état d'avancement de l'application de la directive « inondation »[25], au niveau de la Région Ile-de-France, en particulier pour les crues supérieures à la crue de 1910, crue de référence utilisée jusqu'à présent.

Le fuseau d'étude est concerné par l'un des deux Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) de la région Ile-de-France, le TRI « Métropole francilienne », l'autre étant le TRI « Agglomération de Meaux » sur la Marne.

Les TRI découlent de l'application de la directive « inondation », qui fixe une méthode de travail permettant aux territoires exposés au risque d'inondation de travailler à réduire ses conséquences négatives.

Sur le bassin Seine-Normandie -comme sur les autres bassins-, cette méthode s'articule autour de trois grands objectifs, auxquels sont associés des délais de réalisation :

- l'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) constituant un diagnostic global à l'échelle du bassin Seine-Normandie (arrêtée le 20 décembre 2011) ;

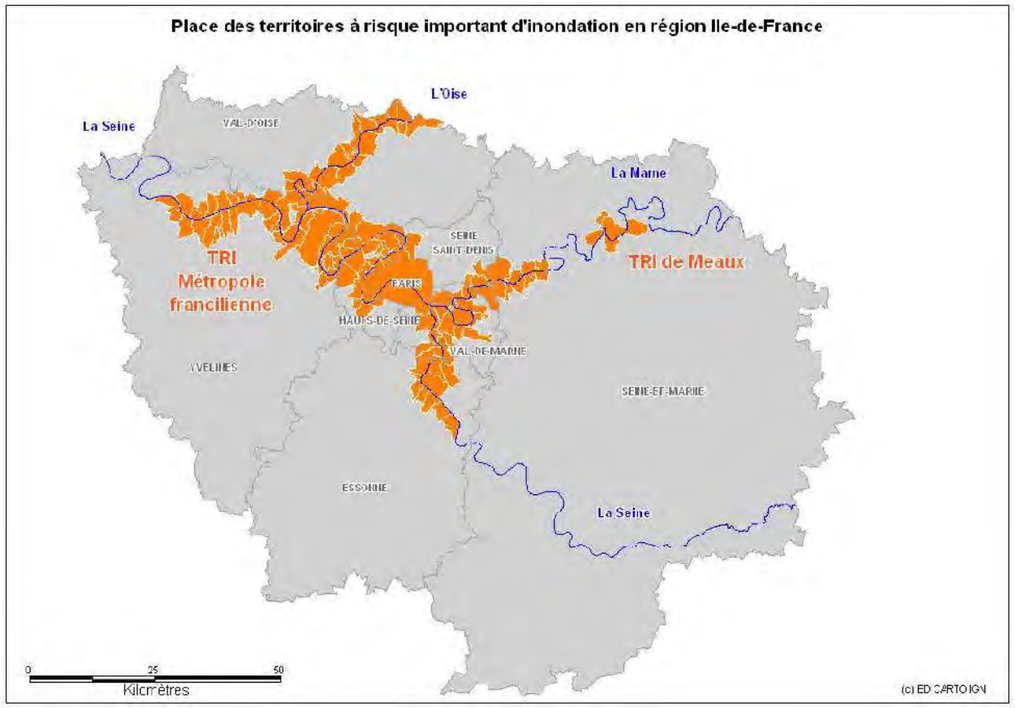
- l'établissement de cartes des zones inondables et des risques d'inondation pour les crues de faible, moyenne et forte probabilité à l'échelle des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) (arrêté d'approbation du 20 décembre 2013). Le choix des TRI a été arrêté le 27 novembre 2012 pour le bassin Seine-Normandie ;

- l'élaboration d'un Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) à l'échelle du bassin Seine-Normandie présentant les objectifs de gestion du risque inondation fixés et les mesures retenues pour les atteindre (échéance décembre 2015).

La directive introduit donc une nouvelle obligation en droit français : réduire les conséquences négatives de tous les types d'inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.

Les trois cours d'eau à l'origine de l'identification du TRI Métropole francilienne sont la Seine (de Corbeil-Essonnes à Mantes-la-Jolie), la Marne (de Lagny-sur-Marne à Charenton-le-Pont) et l'Oise (de Asnières-sur-Oise à Conflans-Sainte-Honorine). Ces trois cours d'eau ont fait l'objet de crues historiques marquantes : janvier 1910 et janvier 1955 pour la Seine et la Marne, décembre 1993 et février 1995 pour l'Oise.

Les phénomènes de débordement qui les caractérisent sont relativement lents. Toutefois, au regard de la concentration des enjeux (humains, économiques…) sur le territoire francilien, les conséquences matérielles d'une crue majeure sur ce dernier sont estimées à plusieurs milliards d'euros, sans compter les dégradations des réseaux et les pertes d'exploitation des entreprises. Par conséquent, le TRI Métropole francilienne se caractérise principalement par l'importance de la population et des emplois exposés au risque d'inondation, respectivement 1 481 405 habitants et entre 1 423 706 et 2 058 755 emplois[26].



Place des territoires à risque important d'inondation en région Ile de France

2.3.5.4 Débits de crue

A l'état actuel, BURGEAP dispose des valeurs des débits des crues décennale, cinquantennale et centennale issues du rapport explicatif de la cartographie des zones inondables du TRI Métropole Francilienne (DRIEE Ile de France, Décembre 2013).

Débits extrait du rapport explicatif de la cartographie des zones inondables du TRI Métropole Francilienne (Source : DRIEE IF, décembre 2013)

Station	Q10 (1982) (m^3/s)	Q50(1955) (m^3/s)	Q100 (1910) (m^3/s)	Q300 (1.15 x Q100) (m^3/s)	Q1000 (1.4 x Q100)
Marne à Chalifert (77)	610	740	890	1010	1150
Seine à Melun (77)	1210	1480	1780	2050	2340
Seine à Austerlitz, Paris	1750	2140	2560	2940	3360

[25] La déclinaison des dispositions de la directive "inondation" 2007/60/CE du 23 octobre 2007 relative à l'évaluation et à la gestion des risques d'inondation a été transposée en 2010 dans la loi Grenelle II (loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement (LENE).
[26] Source : rapport explicatif sur la cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondation du TRI Métropole francilienne, décembre 2013, DRIEE Idf.

2.3.6 Autres risques associés aux eaux superficielles

2.3.6.1 Ruissellement

Le ruissellement est directement lié aux eaux pluviales. Il constitue, avec l'infiltration dans le sol et l'évaporation dans l'air (y compris par les plantes), l'une des composantes du bialn hydrique d'un secteur donné.

Moins l'infiltration dans le sol et l'évaporation sont efficaces, plus le ruissellement est important.

Les éléments contribuant à augmenter le ruissellement sont les suivants :

- Imperméabilisation des sols, particulièrement en zone urbaine,
- Pente des terrains concernés : la pente accélère la vitesse de l'écoulement superficiel par gravité et, de ce fait, réduit l'infiltration dans le sol. Plus la pente est forte, moins l'infiltration est efficace.
- Absence de végétation : dans les zones minérales, la composante végétale de l'évaporation est très faible ou nulle, ce qui augmente de fait le ruissellement. Cette absence peut être fictive : en hiver, en l'absence des feuilles, cette composante est aussi très faible ou nulle.

La non maîtrise des ruissellements engendre des désordres importants se traduisant par des montées soudaines d'eau dans les zones préférentielles d'écoulement et des coulées de boue, entraînées par le ruissellement.

Le fuseau de la Ligne 15 Sud est fortement urbanisé, peu végétalisé et présente, par endroits des fortes pentes.

Il est donc en général sensible au ruissellement, les secteurs suivants étant les zones les plus sensibles :

- Issy-les Moulineaux-Clamart : le versant rive gauche de la vallée de la Seine présente des pentes significatives dans un secteur très urbanisé.
- Arcueil – Cachan – Villejuif : les deux versants de la vallée de la Bièvre sont des secteurs sensibles pour les mêmes raisons.
- Vitry-sur-Seine : le versant rive gauche de la vallée de la Seine présente des pentes significatives dans un secteur très urbanisé.
- Champigny-sur-Marne – Bry-sur-Marne – Villiers-sur-Marne : le versant rive gauche de la vallée de la Marne présente des pentes significatives dans un secteur très urbanisé.

Le Préfet du Val de Marne a prescrit, par arrêté préfectoral n° 2001-2440 du 9 juillet 2001, l'élaboration d'un plan de prévention du risque inondation et coulée de boue par ruissellement en secteur urbain. Il concerne 26 communes du Val de Marne : Arcueil, Bry-sur-Marne, Cachan, Champigny-sur-Marne, Chennevières-sur-Marne, Chevilly-Larue, Créteil, Fresnes, Gentilly, Ivry-sur-Seine, Joinville-le-Pont, le Kremlin-Bicêtre, L'Hay-les-Roses, Limeil-Brévannes, Maisons-Alfort, Mandres-les-Roses, Ormesson-sur-Marne, Saint-Maur-des-Fossés, Sucy-en-Brie, Valenton, Villecresnes, Villejuif, Villeneuve-le-Roi, Villeneuve-Saint-Georges, Villiers-sur-Marne et Vitry-sur-Seine.

Ce PPRI est en cours d'élaboration. Il a néanmoins identifié un certain nombre de secteurs sensibles, en particulier liés aux fortes pentes des rebords de plateau (voir la partie géomorphologie).

2.3.6.2 Débordement de réseaux d'assainissement

Le ruissellement important dans certains secteurs est l'une des origines de problèmes de débordement de réseaux d'assainissement.

Les réseaux d'assainissement qui collectent les eaux pluviales sont de deux types :

- Réseau d'eaux pluviales séparatif : ce type de réseau ne collecte que les eaux pluviales. Il peut déboucher sur des sections de réseau unitaire. Depuis environ 20 ans, seule la pose de ce type de réseau est autorisée.
- Réseau unitaire : ce type de réseau collecte à la fois des eaux pluviales et des eaux usées et est connecté à une station d'épuration. Il est largement majoritaire dans la zone d'étude, ce qui est l'une des autres origines des débordements.

a. Réglementation relative aux eaux pluviales

La réglementation sur l'eau est organisée en deux niveaux principaux sur ce sujet :

- La Loi sur l'eau et les documents de planification qui en découlent : les SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et les SAGE Bièvre et Marne Confluence,
- Les documents d'urbanismes, en particulier les PLU, et les gestionnaires de réseaux dont le règlement contient des éléments prescripteurs sur ce sujet.

La Loi sur l'eau appliquée au travers du SDAGE impose les éléments suivants :

- Les eaux pluviales doivent être collectées et régulées pour préserver la sécurité des personnes et des biens.
- Lorsque leur qualité est incompatible avec les objectifs de qualité des milieux récepteurs, elles doivent être traitées. Il s'agit de préserver la qualité de la ressource en eau, qu'elle soit superficielle ou souterraine.
- L'infiltration dans le sol doit être privilégiée, sauf impossibilité démontrée (création de désordres dans le sous-sol, nappe affleurante ou sub-affleurante, perméabilité des sols incompatible). Il s'agit de favoriser l'alimentation en eau des nappes souterraines pour préserver leurs fonctions quantitatives, qu'elles soient naturelles (alimentation des cours d'eau) ou artificielles (alimentation en eau potable).

Le SDAGE et l'application qui en est faite par l'Administration conduit aux dispositions suivantes :

- Les eaux pluviales sont gérées « à la parcelle ». Il s'agit de gérer ces eaux au plus près de la source de production pour limiter les débits à gérer.
- L'infiltration doit être envisagée en premier lieu. Sa non faisabilité doit être démontrée.
- Le débit de rejet maximal en cours d'eau est de 1 l/s/ha. Il n'y a pas de limite pour l'infiltration, en dehors de la capacité des sols en place. Il convient donc de réguler les eaux pluviales sur cette base.
- Un rejet en cours d'eau doit être compatible avec l'objectif de qualité du milieu récepteur. Le rejet ne doit pas dégrader la qualité du cours d'eau et ne pas compromettre l'atteinte du bon état écologique (voir le chapitre sur la qualité des cours d'eau). L'arrêté du 25 janvier 2010 et la circulaire d'application prescrivent les paramètres de qualité à prendre en compte.

b. Documents d'urbanisme

Les documents d'urbanisme et les gestionnaires de réseaux reprennent les éléments ci-dessus en fixant leurs propres règles d'acceptation des rejets.

Ces règles sont basées sur la gestion à la parcelle et sur l'infiltration prioritaire. Le rejet au réseau est réglementé localement par des prescriptions de débit et, le plus souvent de qualité.

Les Conseils départementaux des Hauts-de-Seine et du Val-de-Marne ont fixé un principe général : le débit maximal acceptable dans un réseau est plus faible si celui-ci est unitaire. Les références sont les suivantes :

- 2 l/s/ha pour un réseau unitaire ;
- 10 l/s/ha pour un réseau d'eaux pluviales.

Ces références ont servi de base aux références figurant dans les documents d'urbanisme.

En termes de qualité, la principale règle porte sur la teneur en Matières en Suspension (MES) pour limiter les problèmes de colmatage liés aux dépôts dans les réseaux dus au rejet.

Le Conseil départemental du Val de Marne a édicté ses propres règles de qualité.

Débits de fuite autorisés vers le réseau d'eaux pluviales par les POS ou PLU

COMMUNE	DÉBIT DE FUITE AUTORISÉ	COMMENTAIRES
Sèvres	2 l/s/ha	
Boulogne-Billancourt	15 l/s/ha	Limitation pour les parcelles de plus de 1000 m².
Meudon	N.C.	Prise en compte des dispositions du règlement du service départemental d'assainissement : 2 l/s/ha vers réseau unitaire, 10 l/s/ha vers milieu naturel
Issy-les-Moulineaux	2 l/s/ha	
Clamart	2 l/s/ha	
Vanves	2 l/s/ha vers réseau unitaire 10 l/s/ha vers réseau pluvial	
Malakoff	N.C. (dans le POS)	Renvoi au règlement départemental d'assainissement : 2 l/s/ha vers réseau unitaire, 10 l/s/ha vers milieu naturel
Châtillon	2 l/s/ha	Limitation pour les parcelles de plus de 1000 m².
Montrouge	N.C. (dans le POS)	« Tout raccordement aux réseaux publics doit être exécuté suivant les prescriptions d'un arrêté d'autorisation pris à la suite d'une demande spéciale présentée en mairie ».
Bagneux	2 l/s/ha	Norme du règlement départemental d'assainissement.
Cachan	N.C.	Renvoi aux débits fixés dans le règlement d'assainissement de la Com d'Agglomération du Val-de-Bièvre : 2 l/s/ha si l'exutoire est la Bièvre, 8 l/s/ha sinon.
Arcueil	N.C.	Renvoi aux débits fixés dans le règlement d'assainissement de la Com d'Agglomération du Val-de-Bièvre : 2 l/s/ha si l'exutoire est la Bièvre, 8 l/s/ha sinon.
L'Hay-les-Roses	2 l/s/ha si l'exutoire est la Bièvre 8 l/s/ha sinon	
Villejuif	N.C.	Renvoi au SDAGE : 1 l/s/ha.
Le Kremlin Bicêtre	N.C.	Renvoi aux débits fixés dans le règlement d'assainissement de la Com d'Agglomération du Val-de-Bièvre : 2 l/s/ha si l'exutoire est la Bièvre, 8 l/s/ha sinon.
Vitry-sur-Seine	1 l/s/ha pour S ≥ 1 ha 5 l/s/ha pour S < 1 ha	Rejet vers le réseau public autorisé en cas d'impossibilité technique d'infiltration totale.
Choisy-le-Roi	5 l/s/ha	
Alfortville	N.C.	Objectif de limitation maximale des débits rejetés.
Créteil	N.C.	Obligation de raccordement au réseau public.
Maisons-Alfort	2 l/s/ha	Cuves de stockage de préférence enterrées
Saint-Maur-des-Fossés	N.C. (dans le POS)	
Joinville-le-Pont	N.C.	
Champigny-sur-Marne	N.C.	Recommandation de mise en place de filtres plantés ou de noues compartimentées.
Villiers-sur-Marne	N.C.	
Bry-sur-Marne	N.C.	Tout branchement sur le réseau interdit sauf si le sol et le sous-sol ne possèdent pas les caractéristiques techniques permettant l'infiltration.
Noisy-le-Grand	N.C.	Le rapport de présentation fait état de l'engagement du département Seine-Saint-Denis dans une politique de limitation des débits à 10 l/s/ha pour S > 1000 m²
Champs-sur-Marne	N.C.	Le rejet doit se faire dans un réseau collectif si existant.

c. Prise en compte de la réglementation

La carte géomorphologique montre que la Ligne 15 Sud traverse une zone au relief très différent :

- Des zones peu pentues ou planes : la pente faible est souvent couplée à une zone alluvionnaire où les terrains ont une perméabilité significative qui permet une bonne infiltration. Ce constat doit être nuancé par la forte urbanisation et par la présence de remblais en surface dont la perméabilité dépend des caractéristiques. Dans ces zones, les ruissellements existent mais sont limités en vitesse d'écoulement, sauf conditions particulières dues au bâti.
- Des zones à pentes significatives, en versant de vallée ou au sein d'un plateau : la pente forte est à l'origine de ruissellements à vitesse d'écoulement élevée, d'autant plus que la zone pris en compte est imperméabilisée.

L'analyse globale de l'état initial conduit donc à considérer que les ruissellements peuvent être significatifs, y compris à l'échelle d'une parcelle.

Les zones prises en compte sont équipées de réseaux de collecte des eaux pluviales, soit séparatifs, soit unitaires, dont de nombreux segments présentent des problèmes de capacités d'évacuation.

L'exutoire des eaux pluviales est toujours la Seine ou la Marne.

- La réglementation impose une étude à l'échelle de l'ouvrage sur le principe suivant :
- Caractérisation de la zone desservie : emprise du projet et bassin versant amont, dont l'eau se déverse dans l'emprise. Cette analyse prend en compte les réseaux d'eaux pluviales existant.
- Détermination des caractéristiques hydrologique de la zone desservie : taux d'imperméabilisation, coefficient de ruissellement, exutoires, circulation des ruissellements, surface prise en compte.
- Calcul du débit de pointe pour tous les exutoires par une méthode de transformation Pluie – Débit : la méthode rationnelle est utilisée pour les calculs présentés dans le rapport 2.
- Un fois le projet connu, application des items précédents à la situation future, et à la situation en phase chantier lorsque elle le nécessite. Cela permet de déterminer l'impact du projet sur les ruissellement.
- Identification des points de rejet et des ouvrages de régulation pour définir les modalités de gestion future des eaux pluviales. Pour chaque ouvrage, détermination des principales caractéristiques, en particulier le volume de régulation, calculé par une méthode reconnue : la méthode des pluies est utilisée pour les calculs présentés dans le rapport 2.

2.3.7 Synthèse des enjeux liés aux eaux superficielles et aux risques associés

Le fuseau d'étude traverse trois principaux cours d'eau qui sont :

- la Seine pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt et le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville. Le fleuve constitue l'exutoire naturel final de l'ensemble des eaux superficielles du bassin parisien et de facto du secteur d'étude ;

- la Marne pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés. Le fuseau d'étude traverse alors le cours d'eau en deux endroits. La Marne est l'un des principaux affluents de la Seine, aux caractéristiques physiques proches ;

- la Bièvre pour le secteur Arcueil-Cachan. La Bièvre est l'une des rivières historiques d'Ile-de-France aujourd'hui busée sur sa moitié aval. Elle fait l'objet d'un ambitieux projet de réouverture depuis une dizaine d'années.

Les deux enjeux principaux du projet vis-à-vis des eaux superficielles sont d'une part la prise en compte du risque inondation, en particulier par débordement de la Seine et de la Marne ; et d'autre part, le respect des objectifs d'atteinte du bon état des masses d'eau.

Concernant le risque inondation, la crue de référence pour la Marne et la Seine sur le secteur d'étude est la crue historique de janvier 1910 (de période de retour environ 100 ans), pouvant générer des hauteurs de submersion de plus de 2 m en lit majeur. (la notion d'aléa "très fort" est propre au PPRI 94). Il s'agit d'une contrainte majeure sur l'emprise du projet. Le projet devra réduire au maximum sa vulnérabilité et minimiser son incidence sur la crue, en respectant notamment les deux PPRI concernés.

Au sujet du volet "qualité de l'eau", la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23octobre 2000 fixe un objectif de restauration du bon état des milieux aquatiques d'ici à 2015, tout en permettant aux cours d'eau de remplir leurs différents usages tels que l'alimentation en eau potable, les transports, les loisirs, etc.

Enfin, à propos de l'alimentation en eau potable, aucun captage souterrain n'est identifié sur le secteur étudié. Le fuseau d'étude et le tracé de référence retenus se trouvent toutefois en partie dans le périmètre rapproché étendu de la prise d'eau de Suresnes établi par l'arrêté inter-préfectoral n°2012-128 du 17 juillet 2012 établissant les périmètres de protection et autorisant le prélèvement.

Hiérarchisation des enjeux relatifs aux eaux superficielles et risques associés

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Risque d'inondation par débordement de la Seine (aléas fort et très fort sur certains secteurs)
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
Issy RER à Arcueil - Cachan	Qualité des eaux pluviales rejetée dans le secteur du bassin versant de la Bièvre en vue de sa découverture
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Prise en compte du SAGE de la Bièvre (non approuvé)
Arcueil - Cachan à Vitry Centre	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Qualité des eaux pluviales rejetée en aval du projet
Vitry Centre à Champigny Centre	Risque d'inondation par débordement de la Marne et de la Seine
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Prise en compte du SAGE Marne Confluence (non approuvé)
Champigny Centre à Noisy-Champs	Qualité des eaux pluviales rejetée en aval du projet
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Prise en compte du SAGE Marne Confluences (non approuvé)

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.4 Géologie

La description de la géologie est un élément fondamental de l'analyse compte tenu de la nature des travaux projetés qui visent à l'implantation de tunnels et d'ouvrages en souterrain.

2.4.1 Méthodologie d'étude

Un projet de transport en souterrain est par nature en forte interaction avec le sous-sol ; de ce fait, afin de réaliser des études de qualité, la connaissance poussée du sous-sol est nécessaire.

Les études du sous-sol sont régies par la norme NF P 94-500 relative aux missions d'ingénierie géotechnique. Cette dernière détermine, selon la phase d'étude, les niveaux d'investigations et les objectifs pour tenir compte des aléas géologiques. Ces missions sont mises en regard des phases d'études de conception définies par la loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique (« loi MOP »). Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques de chacune des phases :

Phases d'études Loi MOP	Phases d'études géotechniques (NF P 94-500)[27]	Nature de la donnée	Dossier à remettre
Etudes de faisabilité	Mission G1 ES et G1 PGC – Etudes géotechniques préalables (précédemment : mission « G11 »)	Bibliographique	Premier modèle géologique et hydrogéologique
Etudes préliminaires		Reconnaissances sur site	Première identification des risques
Production du dossier d'enquête publique			
Phase d'avant-projet	Mission G2 AVP – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G12 »)	Reconnaissances sur site	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences
Phase projet	Mission G2 PRO et G2 DCE/ACT – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G2 » complète)	Reconnaissances sur site	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduite les conséquences

Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique
(Données issues de la norme NF P 94-500)

[27] NF P 94-500 révisée en novembre 2013

Chaque nouvelle étape est l'objet de sondages complémentaires : au fur et à mesure de l'avancement des études, le maillage entre les points de sondages s'affine, et le modèle géologique et hydrogéologique s'enrichit et se précise.

Dans le but d'organiser un double regard sur l'analyse du sous-sol réalisée par le maître d'œuvre, la Société du Grand Paris s'est également adjoint les conseils d'un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage spécialisé en géotechnique, afin d'avoir un regard partagé sur l'interprétation des données et concevoir un projet adapté au contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique.

Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires contribuent à :

- établir le modèle géologique du projet. Les investigations permettent tout au long du tracé de fournir la coupe géologique au droit de chaque sondage ; le travail de l'ingénieur géologue/géotechnicien a consisté à établir une coupe linéaire par corrélation entre ces points de sondages tout au long du tracé ;
- établir un modèle hydrogéologique. Les investigations doivent permettre de caractériser le ou les aquifères en présence, tant d'un point de vue piézométrique (niveau de la ou des nappes d'eau souterraines) que d'un point de vue perméabilité (paramètre permettant notamment d'estimer les venues d'eau) ;
- caractériser les couches rencontrées tant d'un point de vue mécanique (paramètres permettant de dimensionner les ouvrages de génie civil) qu'environnemental (paramètres permettant de déterminer la destination d'évacuation des déblais).

Chaque nouvelle phase d'études est l'objet de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et donc permettre de fiabiliser les hypothèses prises à la phase précédente. L'implantation des nouveaux sondages résulte des éléments découverts dans la phase précédente. Les recherches peuvent s'axer sur des points très spécifiques, comme par exemple : la présence de terrains décomprimés dans un sondage entrainera la réalisation de sondages autour de ce point afin de déterminer l'extension de cette zone.

Le but final est de localiser et caractériser des zones dites « homogènes » afin d'adapter les méthodes constructives à chacune d'entre elles. Des zones singulières peuvent également être identifiées, et feront l'objet de reconnaissances spécifiques au regard de la singularité rencontrée, permettant ainsi de mettre en place les méthodes constructives et les confortements adaptés.

2.4.2 Déroulement du projet et données utilisées pour la description du milieu

L'analyse du sous-sol concerne les 100 premiers mètres sous la surface du terrain naturel (y compris les remblais éventuels). La conception du modèle géologique au droit du secteur pressenti pour le passage de la Ligne 15 Sud a donc suivi le processus des études de conception d'une telle infrastructure, à savoir :

En étude de faisabilité, la description géologique et hydrogéologique du premier modèle a été réalisée à partir des cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) suivantes :

- Carte géologique de Paris au 1/25 000ème (BRGM, 1980) ;
- Carte géologique N°183 de Paris au 1/50 000ème (BRGM, 1973) ;
- Carte géologique N°184 de Lagny au 1/50 000ème (BRGM, 1971).

Des précisions lithologiques et stratigraphiques ont été apportées grâce :

- aux informations disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS), sur le site internet INFOTERRE (BRGM) ;
- aux informations contenues dans l'ouvrage « Géologie de Paris » de R. SOYER (1953) ;
- aux informations contenues dans l'ouvrage « La pratique des sols et fondations » de G. FILLIAT (Editions du Moniteur, 1981) ;
- aux informations contenues dans l'ouvrage « Hydrogéologie du centre du bassin de Paris » de C. MEGNIEN (BRGM, 1979) ;
- au rapport sur « Etat de la documentation sur les ouvrages souterrain implantés sur la feuille topographique de Paris et synthèse hydrogéologique provisoire » (BRGM, 1966) ;
- au rapport « Etat de la documentation sur les ouvrages souterrain implantés sur la feuille topographique de Lagny et synthèse hydrogéologique provisoire » (BRGM, 1964) ;
- aux informations issues de la Thèse « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » réalisée par Aurélie LAMÉ (2014).

En études préliminaires, les connaissances géologiques et hydrogéologiques ont été affinées grâce aux investigations, de niveau G1 – études préliminaires (selon la norme NF P 94-500), entreprises. Les détails de ces investigations sont donnés dans le chapitre suivant.

En vue des études d'avant-projet, une deuxième campagne de reconnaissances géotechniques, de niveau G2 – études d'avant-projet (selon la norme NF P 94-500), a été entreprise. Ces reconnaissances, ayant été anticipées, ont pu en partie alimenter le modèle géologique et hydrogéologique présenté dans le cadre des études d'impact. Les détails de ces investigations sont donnés dans le chapitre suivant.

2.4.3 Campagnes de sondages réalisées

Les investigations réalisées dans le cadre des études de la Ligne 15 Sud sont localisées sur la figure présentée à la fin de ce chapitre.

2.4.3.1 Campagne de sondages géotechniques de niveau G1

Dans le cadre des études préliminaires, une campagne de travaux de reconnaissance a été entreprise par le groupement d'entreprises ERG-FONDOUEST, et les entreprises FUGRO et TECHNOSOL, dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Cette campagne de reconnaissance a consisté en la réalisation et l'analyse de 199 sondages, dont :

- 106 sondages carottés avec prélèvements d'échantillons intacts pour essais en laboratoire ;
- 84 sondages destructifs avec essais in-situ de type pressiométriques ;
- 9 sondages destructifs.

Parmi ces sondages, 123 ont été équipés en piézomètres, captant spécifiquement certains horizons aquifères.

En moyenne 5 sondages ont été réalisés au droit des secteurs pressentis pour l'implantation des gares, et 1 sondage tous les 500 mètres linéaires.

2.4.3.2 Campagne de sondages géotechniques de niveau G2

Dans le cadre des études d'avant-projet, une seconde campagne de reconnaissance a été entreprise par le groupement d'entreprises ERG-FONDOUEST, et les entreprises FUGRO et TECHNOSOL dans l'aire d'étude.

Cette campagne de reconnaissance a consisté en la réalisation de 241 sondages, dont :

- 84 sondages carottés avec prélèvements d'échantillons intacts pour essais en laboratoire ;
- 107 sondages destructifs avec essais in-situ de type pressiométriques ;
- 50 sondages destructifs.

Parmi ces sondages, 85 ont été équipés en piézomètres, captant spécifiquement certains horizons aquifères.

La réalisation de cette campagne permet de porter le nombre à 9 sondages en moyenne au droit des secteurs pressentis pour l'implantation des gares, et 1 sondage tous les 250 mètres linéaires.

A l'issue de la phase d'avant-projet, les données issues de 440 sondages seront disponibles sur la zone d'étude à l'issue de la phase d'avant-projet.

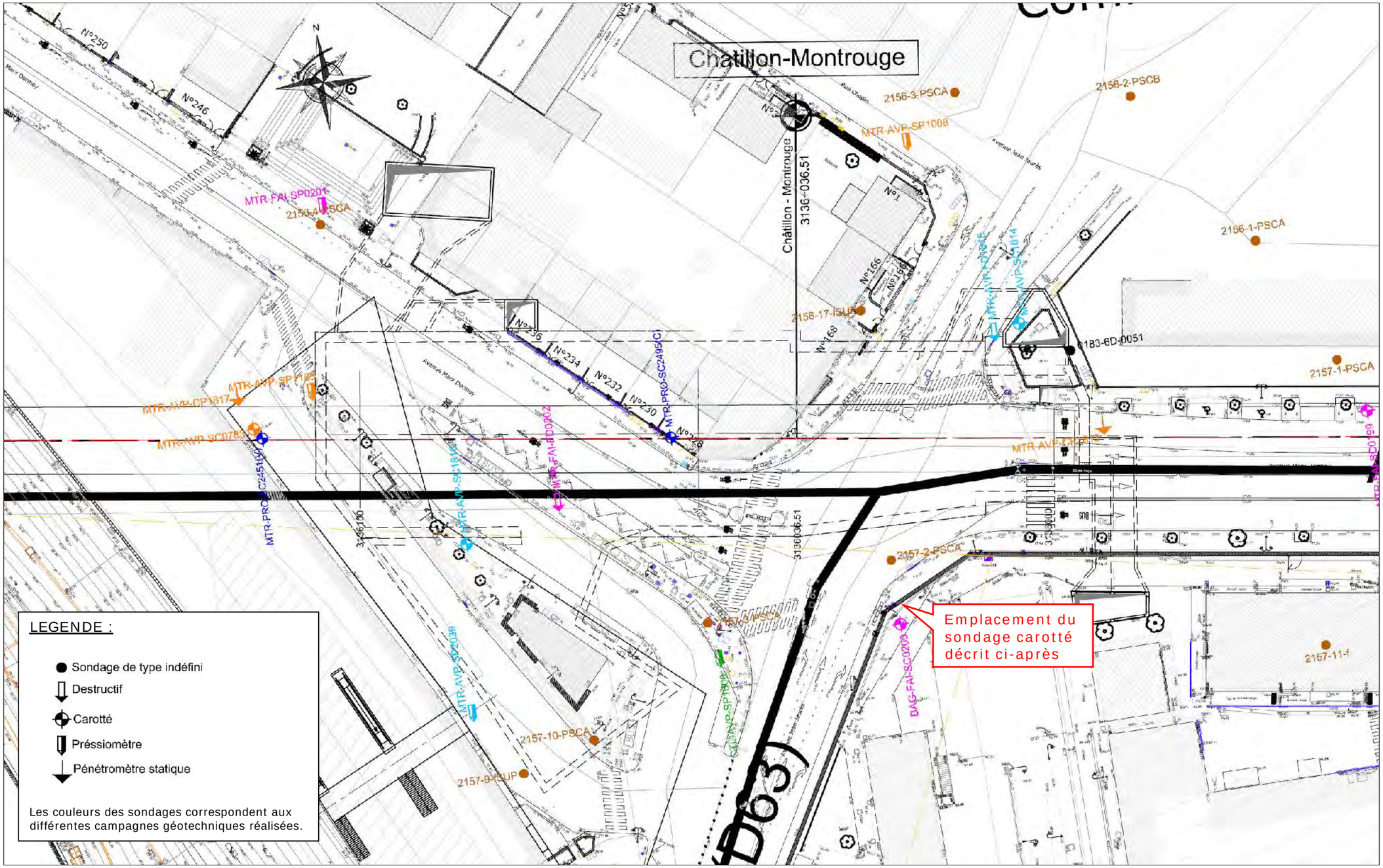
A noter que dans le cadre de la phase projet, une troisième campagne de reconnaissance sera entreprise, le but de cette campagne sera d'affiner le maillage.

2.4.3.3 Interprétation des sondages et réalisation de coupes géologiques synthétiques

A titre d'exemple, il est présenté sur la page suivante le plan des sondages réalisés au droit et à proximité de la future gare de Châtillon-Montrouge.

Ce travail a été réalisé au droit de l'ensemble des gares et du tunnel de la Ligne 15 Sud.

Plan des sondages des réalisés au niveau de la future gare de Châtillon-Montrouge
(source : campagnes géotechniques réalisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud)

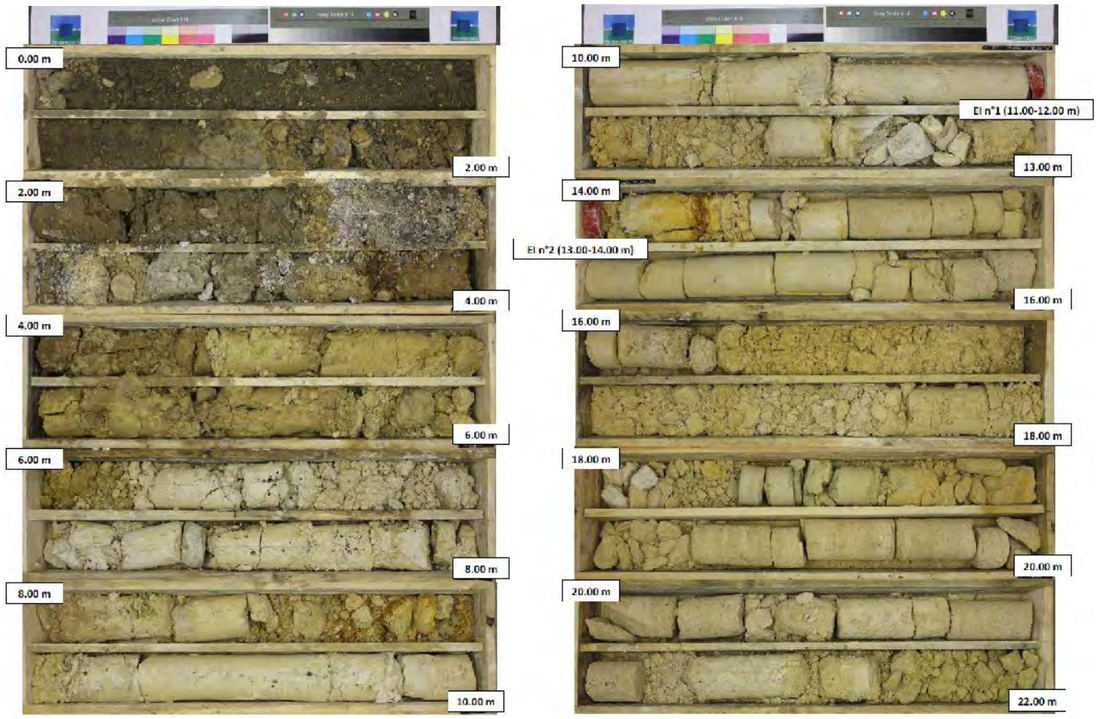


Des sondages carottés sont systématiquement réalisés au niveau du tracé.

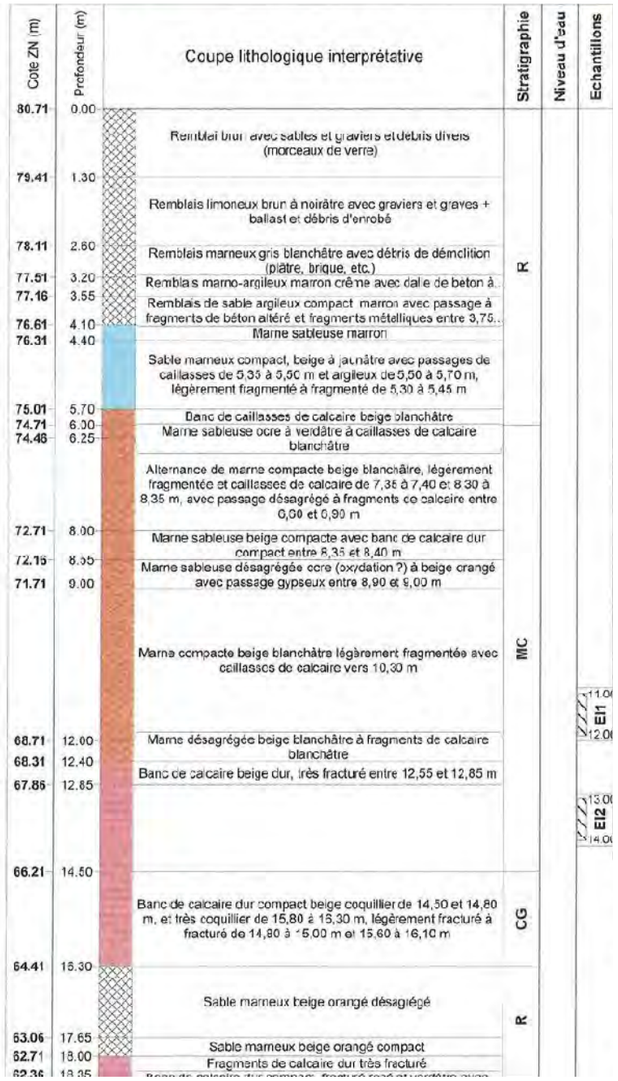
Le principe des sondages carottés est de venir découper un cylindre de terrain le plus intact possible afin de réaliser des observations et des essais représentatifs des formations en place.

Les photographies ci-dessous présentent les premiers mètres d'échantillons du sondage carotté BAG-FAI-SC0200, réalisé à proximité de la future gare de Châtillon-Montrouge et localisé sur la figure précédente.

L'analyse visuelle et texturale de ces carottes, par un géologue spécialisé, a permis de réaliser une coupe lithologique interprétative (figure à droite).



Photographies des premiers mètres du sondage carotté BAG-FAI-SC0200 réalisé au droit de la future gare de Châtillon-Montrouge
(source : campagnes géotechniques réalisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud)



Une coupe lithologique présente la description et la profondeur des différents horizons identifiés sur les carottes prélevées.

A partir de ces descriptions, la stratigraphie, c'est à dire la succession des différentes couches géologiques, va pouvoir être définie.

A titre d'exemple la séquence lithologique définie sur la coupe ci-contre est du haut vers le bas :

- Remblais (R) de 0 m jusqu'à 6 m de profondeur ;
- Marnes et Caillasses (MC) de 6,0 m jusqu'à 14,5 m de profondeur ;
- Calcaires Grossiers (CG) à partir de 14,5 m de profondeur.

Un niveau de carrière remblayé a été identifié de 16,3 m jusqu'à 18,35 m de profondeur.

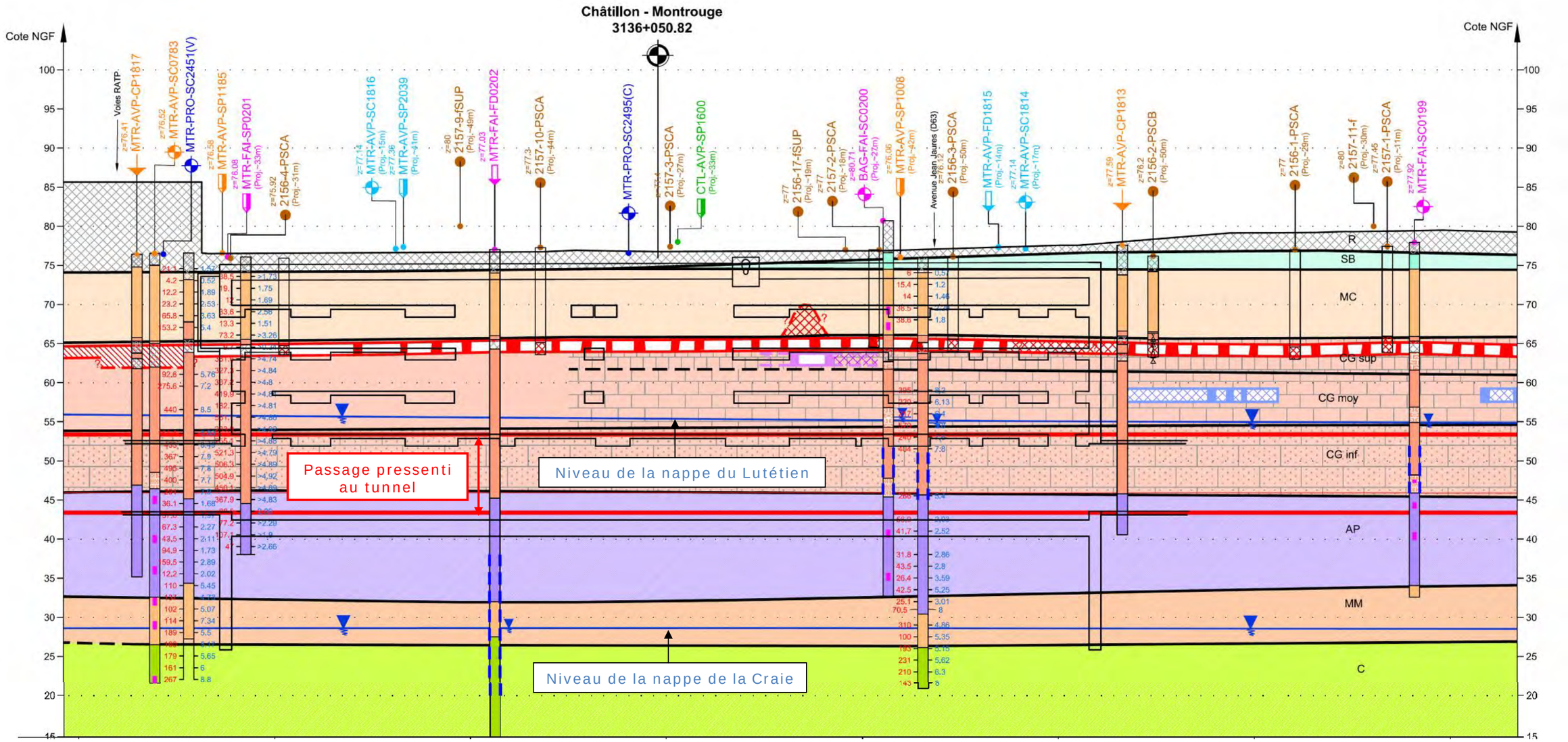
Sur ces coupes sont également précisés les niveaux d'eau observés et l'emplacement des échantillons intacts prélevés (EI1 et EI2 sur la coupe ci-contre), afin de réaliser des essais au laboratoire.

Coupe lithologique interprétative des premiers mètres du sondage carotté BAG-FAI-SC0200 réalisé au droit de la future gare de Châtillon-Montrouge.
(source : campagnes géotechniques réalisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud)

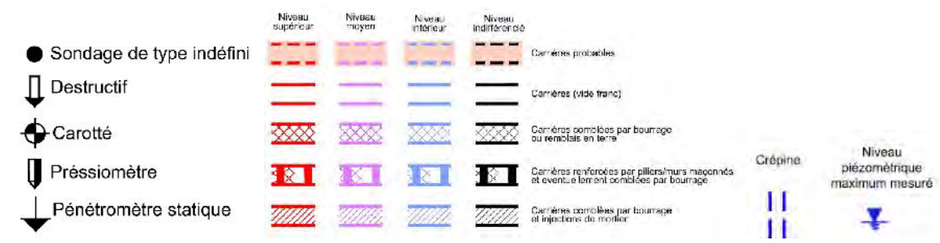
Les résultats de ces sondages carottés permettent notamment de définir l'enchainement géologique au droit du secteur.

La figure de la page suivante présente le profil en long géologique issu de l'interprétation de tous les sondages carottés réalisés dans le secteur de la gare de Châtillon-Montrouge.

Profil en long géologique issu de l'interprétation des sondages carottés réalisés au niveau de la future gare de Châtillon-Montrouge
(source : campagnes géotechniques réalisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud)



LEGENDE :



Les couleurs des sondages correspondent aux différentes campagnes géotechniques réalisées.

R : Remblais
SB : Sables de Beauchamp
MC : Marnes et Caillasses
CG sup : Calcaires Grossiers supérieurs
CG moy : Calcaires grossiers moyens
CG inf : Calcaires Grossiers inférieures
AP : Argiles Plastiques
MM : Marnes de Meudon
C : Craie campanienne

Avec l'ensemble des sondages réalisés au droit du tracé, il est alors possible de réaliser un profil géologique complet le long de la future ligne de métro.

Ce profil permet de visualiser instantanément la succession lithologique rencontrée et les principales informations issues des sondages, comme la présence d'anciennes carrières par exemple.

2.4.3.4 Réalisation d'ouvrages d'essai géotechniques

Dans la phase de reconnaissance de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, plusieurs puits d'essai géotechniques sont en cours de réalisation afin de tester in situ le comportement des terrains. Ils permettront ainsi de fiabiliser et de valider les principes de construction des ouvrages de la ligne.

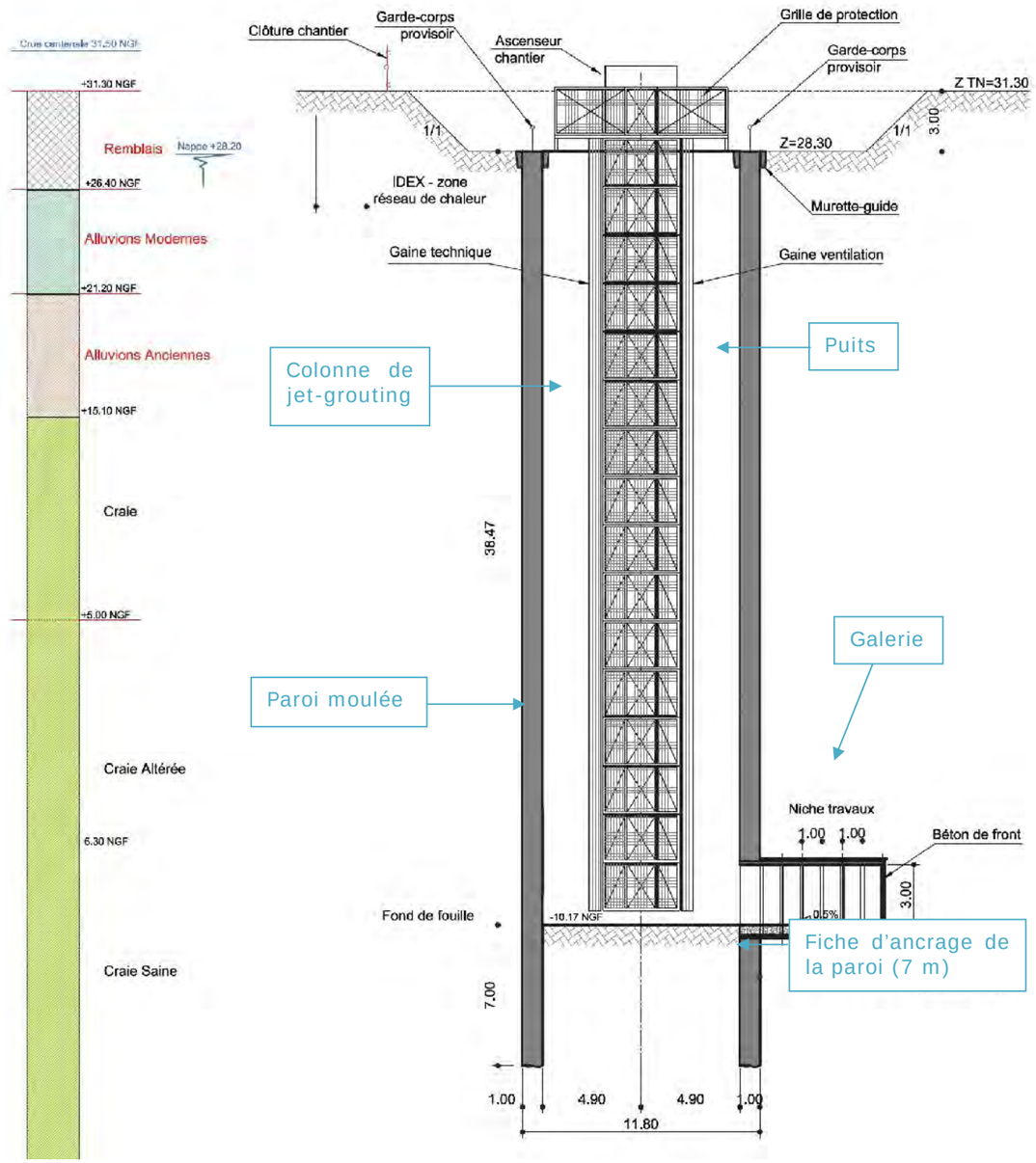
Actuellement, 3 ouvrages géotechniques sont en cours de réalisation, à savoir :

- un puits et une galerie de reconnaissance sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés (94) ;
- un puits et une galerie de reconnaissance sur la commune de Cachan (94) ;
- un puits et une galerie de reconnaissance sur la commune de Boulogne-Billancourt (92).

Ces ouvrages ont pour objectif de :

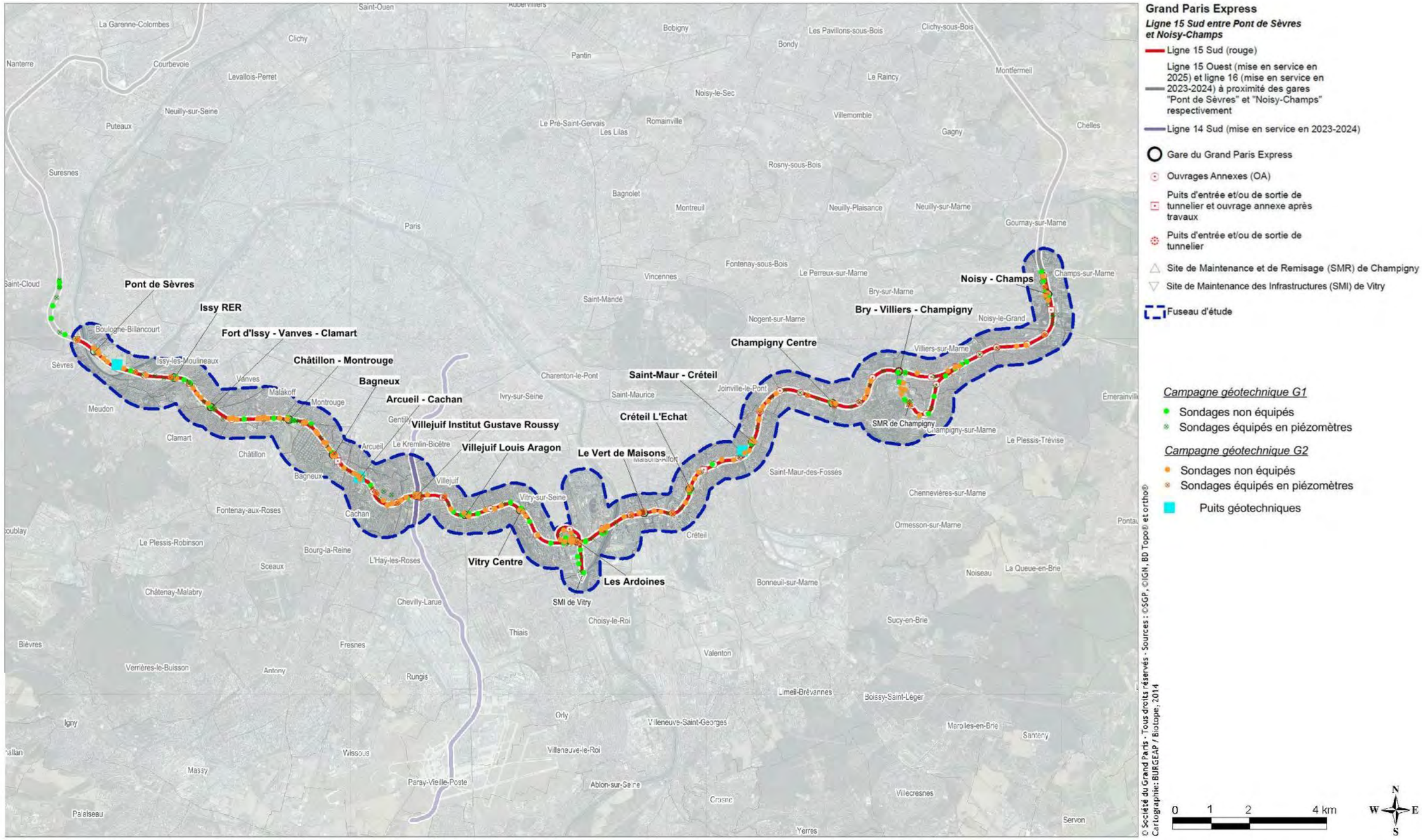
- tester les méthodes de renforcement de certaines formations (Argiles Plastiques à Saint-Maur-des-Fossés et Cachan, et Craie à Boulogne-Billancourt) par la méthode de Jet Grouting (traitement du sol dans la masse par la mise en œuvre, sous haute pression, d'un jet de coulis à base de ciment ; le terrain se trouve alors déstructuré par la pression du jet et devient un mélange sol-coulis aux caractéristiques mécaniques et dimensionnelles recherchées) ;
- « voir » à une échelle plurimétrique les différentes formations au droit des différents sites
- réaliser de nombreux essais in situ permettant de caractériser la résistance au cisaillement et la déformabilité de ces formations ;
- tester des méthodes d'excavation de galerie en souterrains et mesurer la déformation du massif.

La figure ci-après présente le type d'ouvrage mise en place au niveau de Boulogne-Billancourt.



Coupe de l'ouvrage d'essais géotechniques mis en place à Boulogne-Billancourt
(source : vue en plan – coupes du puits de reconnaissance de Boulogne-Billancourt - INGEROP)

Localisation des sondages réalisés sans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud pour le compte de la Société du Grand Paris
(source : campagnes géotechniques réalisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud)



2.4.4 Séquence lithologique complète en Ile-de-France

La région Ile-de-France fait partie de la structure géologique du Bassin Parisien, vaste cuvette sédimentaire reposant sur le socle métamorphique et magmatique.

L'assise géologique de référence en Ile-de-France est la Craie du Crétacé. En effet, l'épaisseur de cette assise, de 500 à 600 mètres, en fait une sorte de séparateur entre ce qui se passe au-dessus et ce qui se passe en dessous. En raison de certains paramètres géologiques locaux, le toit de la Craie du Crétacé est localement superficiel en Ile-de-France, comme sur le territoire de Boulogne-Billancourt où le toit de la Craie est présent à une profondeur inférieure à 20 mètres.

La carte géologique générale, à l'échelle du fuseau d'étude, et sa légende associée sont présentées sur les pages suivantes.

2.4.5 Géologie détaillée au niveau de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud

La coupe géologique simplifiée au droit du secteur pressenti pour le passage de la Ligne 15 Sud est présentée sur les deux figures suivantes.

La coupe présente la géologie au droit du secteur le plus favorable au passage de la Ligne 15 Sud et permet de visualiser les variations stratigraphiques le long de celui-ci. Elle résulte de la convergence du travail sur la structure géologique du secteur des trois bureaux d'étude BURGEAP, TERRASOL et ARCADIS, sur la base de reconnaissance du sous-sol entrepris par la Société du Grand Paris. Cette coupe géologique simplifiée a été réalisée sur la base des coupes géologiques de détail de conception du projet qui elles-mêmes résultent de la synthèse de tous les sondages des missions géotechniques. Pour plus de lisibilité, des grands ensembles géologiques et hydrogéologiques ont été associés afin de permettre une visualisation claire et globale de la structure géologique au droit du tronçon. Les niveaux d'eaux souterraines indiqués sont issus de l'interprétation des mesures piézométriques réalisées lors des campagnes de reconnaissance.

D'un point de vue géologique, le tracé de la Ligne 15 Sud peut être découpé en 5 grands secteurs, qui sont de l'ouest vers l'est :

- Le secteur de la boutonnière de Boulogne, caractérisé par les Alluvions de la Seine reposant sur la Craie fissurée ;
- Le secteur situé entre la boutonnière de Boulogne et la vallée de la Bièvre (plateau d'Issy à Cachan), caractérisé par la succession lithologique allant des Calcaires de Saint-Ouen jusqu'aux formations de l'Yprésien ;
- Le plateau de Villejuif, où affleurent les formations superficielles des Sables de Fontainebleau et des Calcaires de Brie ;
- Le secteur des vallées de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry), où les Alluvions reposent tantôt sur les Calcaires de Saint-Ouen, les Marnes et Caillasses ou les Calcaires Grossiers.

  Au niveau des bras de la Marne, sur les communes de Créteil et Saint-Maur-des-Fossés, les argiles de l'Yprésien sont rencontrées directement sous les Alluvions. Cette zone constitue un point particulier de l'aire d'étude ;
- Le plateau de Champigny, caractérisé par l'affleurement des Calcaires de Brie. Cette zone est sensiblement comparable au secteur du plateau de Villejuif. Elle se distingue toutefois par la présence de formations carbonatées plus franches (Calcaires de Champigny) en lieu et place des Masses et Marnes du Gypse.

2.4.5.1 Secteur de la boutonnière de Boulogne

La boutonnière de Boulogne est localisée à l'extrémité ouest de la zone d'étude. Ce secteur couvre la zone située entre l'île Monsieur, sur la commune de Sèvres, et le contrebas du plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux.

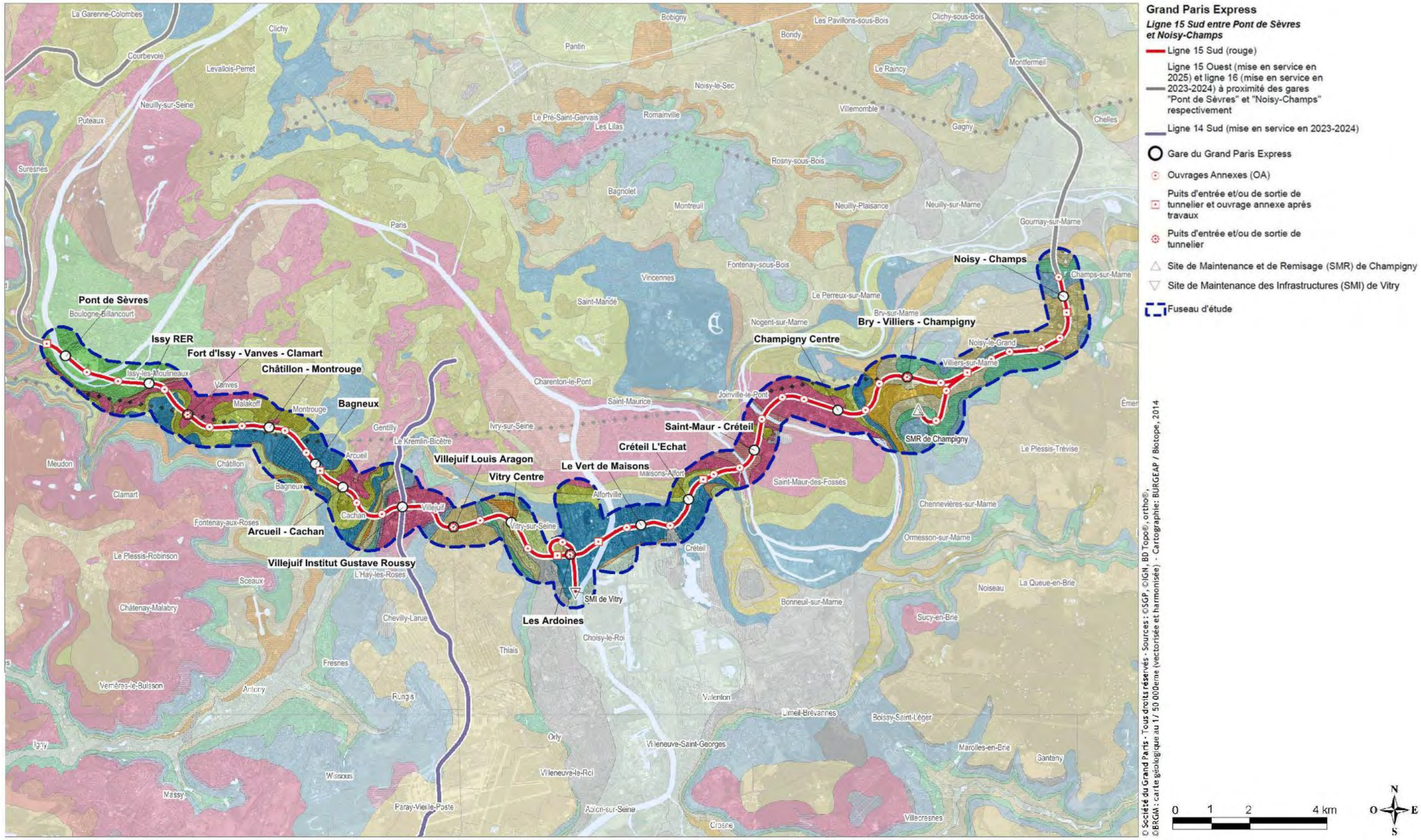
Cette zone est caractérisée, dans le méandre de la Seine, par l'affleurement de la Craie sous les Alluvions anciennes et récentes du fleuve. La coupe géologique rencontrée au droit de ce secteur, caractérisée par les sondages des missions géotechniques G1 et G2, est de haut en bas :

- Remblais sur une épaisseur pouvant atteindre 5 mètres ;
- Alluvions récentes ou modernes (Quaternaire), sur une épaisseur de 3 à 8 mètres ;
- Alluvions anciennes (Quaternaire), sur une épaisseur pouvant atteindre une dizaine de mètres ;
- Craie blanche à silex (Crétacé), dont l'épaisseur totale est d'environ 500 mètres. D'après les sondages réalisés lors des missions géotechniques, il se trouve que la partie supérieure de la Craie est généralement fracturée sur une épaisseur de 10 à 20 mètres. La Craie devient progressivement plus saine en profondeur (de moins en moins fracturée).

Etage	Sous-étage	Formations	Description des caractéristiques géologiques de la formation
Holocène et Pléistocène	-	Remblais (RB)	Formations anthropiques de consistance et de géométrie très hétérogènes.
	-	Alluvions récentes (Fz)	Dépôts fluviatiles, fins de nature sableuse à argileuse pouvant contenir des débris organiques.
	-	Alluvions anciennes (Fy)	Dépôts fluviatiles plutôt grossiers, caractérisés par la présence de graves et de galets (Réservoir aquifère).
Crétacé supérieur	Campanien	Craie (C)	Craie tendre avec des lits de silex, altérée en tête. Le toit de cette formation, fracturée, est aquifère (Réservoir aquifère).

Coupe géologique type rencontrée au droit du secteur de la boutonnière de Boulogne (source : campagnes géotechniques G1 et G2)

Géologie de surface générale à l'échelle du secteur d'étude
(source : cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières)



Légende de la carte géologique
(source : cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières)



2.4.5.2 Secteur du plateau d'Issy à Cachan

Ce secteur couvre la zone entre le plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux, et la rivière Bièvre, à Cachan. Ce secteur est caractérisé par la succession lithologique suivante :

- Remblais d'une épaisseur variable, pouvant atteindre localement près de 10 mètres ;
- Calcaires de Saint-Ouen pouvant atteindre une épaisseur de 8 mètres localement, notamment à proximité du Parc Robespierre à Bagneux. Cette formation est localement absente notamment entre le Fort d'Issy et le Fort de Vanves, et au droit du cimetière de Bagneux, laissant affleurer les Sables de Beauchamp ;
- Sables de Beauchamp d'une épaisseur de 2 à 5 mètres ;
- Marnes et Caillasses de 4 à 13 mètres d'épaisseur ;
- Calcaires Grossiers dont l'épaisseur et relativement constante, aux alentours de 20 mètres. Cette formation a largement été exploitée dans ce secteur. Des zones de carrières souterraines et de carrières à ciel ouvert, actuellement remblayées ont été traversées de nombreuses fois lors des reconnaissances effectuées lors des missions géotechniques. Ce point est détaillé dans la partie suivante, traitant des risques géologiques liés à la présence d'anciennes carrières.
- Fausses Glaises et Argiles Plastiques de l'Yprésien dont l'épaisseur atteint parfois 20 mètres sur certains sondages. Cette formation plonge légèrement sous la vallée de la Bièvre. Certaines zones sableuses au sein des Argiles Plastiques ont été identifiées lors des missions géotechniques, notamment aux alentours du Parc Robespierre à Bagneux et du cimetière de Cachan.

Coupe géologique type rencontrée au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan (source : campagnes géotechniques G1 et G2)

Etage	Sous-étage	Formations	Description des caractéristiques géologiques de la formation
Holocène et Pléistocène	-	Remblais (RB)	Formations anthropiques de consistance et de géométrie très hétérogènes.
Eocène supérieur	Marinésien	Calcaire de Saint-Ouen (MCO)	Marnes argileuses en tête et bancs calcaires à la base, avec une transition marno-calcaire en partie centrale. Présence de gypse possible en partie inférieure (Réservoir aquifère).
	Auversien	Sables de Beauchamp (SB)	Formation sableuse (sables fins au toit de la formation puis plus marneux à la base).
Eocène moyen	Lutétien	Marnes et Caillasses (MC)	Formation composée d'une alternance de bancs marneux métriques et de bancs de calcaires dolomitiques durs et fins (Réservoir aquifère).
		Calcaires Grossiers (CG)	Calcaires massifs et compacts séparés par de minces bancs sableux à marneux en tête puis calcaire devenant glauconieux à la base (Réservoir aquifère).
Eocène inférieur	Yprésien	Fausses Glaises (FG)	Argile à fraction sableuse variable (argile sableuse à sable grossier), pouvant contenir des horizons organiques.
		Sables d'Auteuil (SA)	Sables fins quartzeux, parfois ferrugineux (Réservoir aquifère).
		Argiles Plastiques (AP)	Argile très plastique grise devenant bariolée avec la profondeur.

2.4.5.3 Secteur du plateau de Villejuif

Ce secteur occupe la partie centrale de l'aire d'étude, entre la vallée de la Bièvre, à Cachan, et le Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine. Cette zone correspond à l'extrême nord du plateau de l'Hurepoix. Il est caractérisé par la succession lithologique suivante :

- Limons des plateaux, en plaquage résiduels, sur quelques mètres d'épaisseur ;
- Sables de Fontainebleau dont l'épaisseur peut atteindre 15 mètres par endroit ;
- Marnes à huîtres, sur une épaisseur d'environ 3 mètres ;
- Calcaires de Brie, dont l'épaisseur, relativement constante, atteint 5 mètres ;
- Argiles Vertes, de 5 à 8 mètres d'épaisseur ;
- Marnes supra-gypseuses, constituées par les Marnes de Pantin puis les Marnes d'Argenteuil sur environ 11 à 16 m d'épaisseur. Ces formations contiennent des niveaux de gypse d'épaisseur variable ;
- Masses et Marnes du Gypse, d'une épaisseur de 17 à 29 m ;
- Marnes à Pholadomyes (Marnes infra-gypseuses) pouvant atteindre 3 mètres d'épaisseur ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 10 à 15 m d'épaisseur ;
- Sables de Beauchamp de 3-4 mètres d'épaisseur ;
- Marnes et Caillasses de plusieurs mètres d'épaisseur, qui comportent des niveaux de gypse d'épaisseur variable.

Coupe géologique type rencontrée au droit du plateau de Villejuif
(source : campagnes géotechniques G1 et G2)

Etage	Sous-étage	Formations	Description des caractéristiques géologiques de la formation
Holocène et Pléistocène	-	Remblais (RB)	Formations anthropiques de consistance et de géométrie très hétérogènes.
	Quaternaire	Limons des plateaux	Dépôts fins, meubles, argileux et sableux.
Oligocène	Stampien	Sables de Fontainebleau	Sables fins siliceux (Réservoir aquifère).
		Marnes à huitres	Marnes calcareuses avec niveaux gréseux et filets argileux.
	Sannoisien	Calcaires de Brie	Marno-calcaires souvent silicifiés et pouvant contenir des niveaux gypseux (Réservoir aquifère).
		Argiles vertes	Argiles calcaires compactes constituant un niveau imperméable retenant la nappe sus-jacente.
Eocène supérieur	Ludien	Marnes supra-gypseuses (MSG)	Marnes de Pantin (MP) : marnes calcareuses beige à verdâtre.
			Marnes d'Argenteuil (MA) : alternance de bancs marneux et marno-calcaires plus compacts, pouvant contenir des niveaux gypseux.
	Ludien	Masses et Marnes du gypse (MFL)	Intercalations de marnes gypseuses et de masses de gypse plus ou moins franches.
		Marnes infra-gypseuses (MIG)	Marnes blanchâtre avec traces de gypse.
	Marinésien	Calcaire de Saint-Ouen (MCO)	Marnes argileuses en tête et bancs calcaires à la base, avec une transition marno-calcaire en partie centrale. Présence de gypse possible en partie inférieure (Réservoir aquifère).
	Auversien	Sables de Beauchamp (SB)	Formation sableuse (sables fins au toit de la formation puis plus marneux à la base). Présence éventuelle de niveaux gypseux.
Eocène moyen	Lutétien	Marnes et Caillasses (MC)	Formation composée d'une alternance de bancs marneux métriques et de bancs de calcaires dolomitiques durs et fins. Formation pouvant contenir des niveaux gypseux (Réservoir aquifère).
		Calcaires Grossiers (CG)	Calcaires massifs et compacts séparés par de minces bancs sableux à marneux en tête puis calcaire devenant glauconieux à la base (Réservoir aquifère).
Eocène inférieur	Yprésien	Sables supérieurs (SC et SS)	Sables quartzeux parfois grossiers, avec des passées gréseuses.
		Fausses Glaises (FG)	Argile à fraction sableuse variable (argile sableuse à sable grossier), pouvant contenir des horizons organiques.
		Sables d'Auteuil (SA)	Sables fins quartzeux, parfois ferrugineux (Réservoir aquifère).
		Argiles Plastiques (AP)	Argile très plastique grise devenant bariolée avec la profondeur.

2.4.5.4 Secteur des vallées de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)

Ce secteur, occupant les vallées de la Seine et de la Marne, couvre la zone allant du Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine, jusqu'au contrebas du Parc Départemental du Plateau, à Champigny-sur-Marne.

Dans la partie Vitry-sur-Seine - Créteil, la succession lithologique rencontrée est :

- Alluvions anciennes sur une épaisseur pouvant atteindre une quinzaine de mètres ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 5 à 15 mètres, l'épaisseur de cette formation diminue vers l'est ;
- Sables de Beauchamp sur une épaisseur d'environ 5 mètres ;
- Marnes et Caillasses du Lutétien sur une épaisseur de 12 à 15 mètres.

Coupe géologique type rencontrée entre Vitry-sur-Seine et Créteil
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Etage	Sous-étage	Formations	Description des caractéristiques géologiques de la formation
Holocène et Pléistocène	-	Remblais (RB)	Formations anthropiques de consistance et de géométrie très hétérogènes.
	-	Alluvions anciennes (Fy)	Dépôts fluviatiles plutôt grossiers, caractérisés par la présence de graves et de galets (Réservoir aquifère).
Eocène supérieur	Marinésien	Calcaire de Saint-Ouen (MCO)	Marnes argileuses en tête et bancs calcaires à la base, avec une transition marno-calcaire en partie centrale. Présence de gypse possible en partie inférieure (Réservoir aquifère).
	Auversien	Sables de Beauchamp (SB)	Formation sableuse (sables fins au toit de la formation puis plus marneux à la base). Présence éventuelle de niveaux gypseux.
Eocène moyen	Lutétien	Marnes et Caillasses (MC)	Formation composée d'une alternance de bancs marneux métriques et de bancs de calcaires dolomitiques durs et fins. Formation pouvant contenir des niveaux gypseux (Réservoir aquifère).

Dans la partie Créteil – Champigny-sur-Marne, la succession lithologique rencontrée est :

- Alluvions anciennes sur une épaisseur d'environ 10 mètres ;
- Calcaires Grossiers du Lutétien sur une épaisseur de 12 mètres environ ;
- Formations de l'Yprésien sur une vingtaine de mètres.

Coupe géologique type rencontrée entre Créteil et Champigny-sur-Marne
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Etage	Sous-étage	Formations	Description des caractéristiques géologiques de la formation
Holocène et Pléistocène	-	Remblais (RB)	Formations anthropiques de consistance et de géométrie très hétérogènes.
	-	Alluvions anciennes (Fy)	Dépôts fluviatiles plutôt grossiers, caractérisés par la présence de graves et de galets (Réservoir aquifère).
Eocène moyen	Lutétien	Calcaires Grossiers (CG)	Calcaires massifs et compacts séparés par de minces bancs sableux à marneux en tête puis calcaire devenant glauconieux à la base (Réservoir aquifère).
Eocène inférieur	Yprésien	Sables supérieurs (SC et SS)	Sables quartzeux parfois grossiers, avec des passées gréseuses.
		Fausses Glaises (FG)	Argile à fraction sableuse variable (argile sableuse à sable grossier), pouvant contenir des horizons organiques.
		Sables d'Auteuil (SA)	Sables fins quartzeux, parfois ferrugineux (Réservoir aquifère).
		Argiles Plastiques (AP)	Argile très plastique grise devenant bariolée avec la profondeur.

2.4.5.5 Secteur du plateau de Champigny

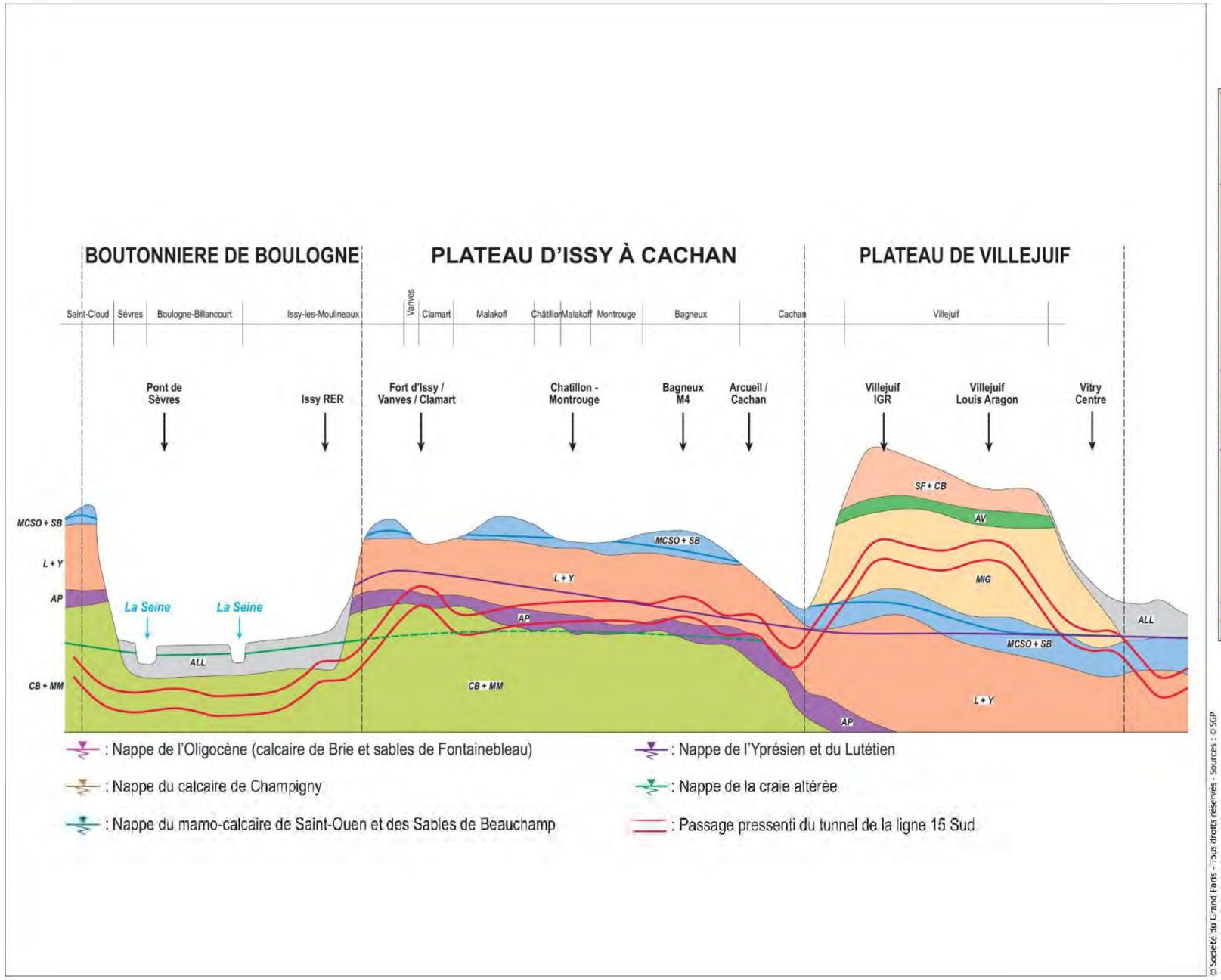
Ce secteur occupe l'extrémité nord-est de la zone d'étude, du Parc Départemental du Plateau, à Champigny-sur-Seine au quartier du Champy (situé à l'ouest du Bois de Grâce), à Noisy-le-Grand. La stratigraphie rencontrée est la suivante :

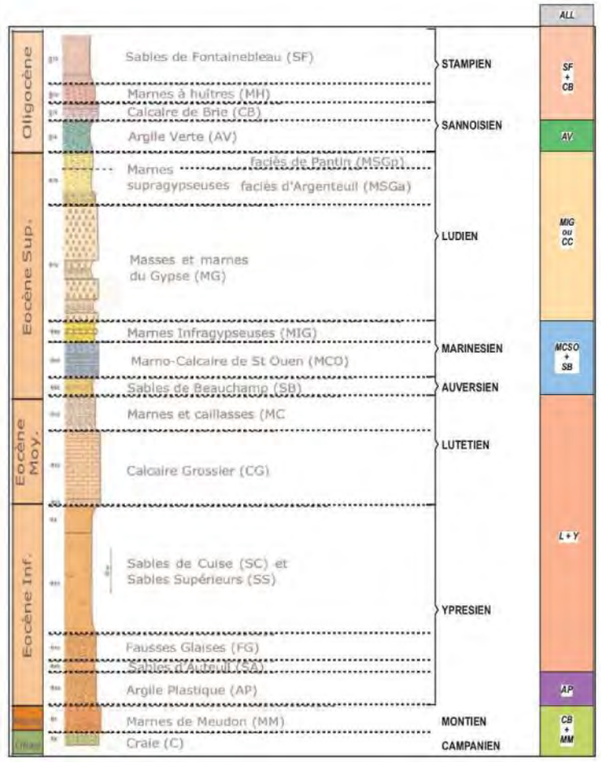
- Limons des plateaux, rencontrés ponctuellement, sur quelques mètres d'épaisseur ;
- Calcaire de Brie (Sannoisien) présents également ponctuellement sur quelques mètres d'épaisseur ;
- Argile verte (Sannoisien), sur 7 m d'épaisseur ;
- Marnes supra-gypseuses (Ludien) sur environ 11 m de profondeur, dont 2 m de marnes de Pantin et 9 m de marnes d'Argenteuil ;
- Calcaire de Champigny (Ludien) sur 15 à 20 m d'épaisseur. Une variation latérale progressive de faciès au sein de cette formation tertiaire est recensée. Dans la partie ouest, le Calcaire de Champigny sont remplacés par les Masses et Marnes du Gypse ;
- Sables de Monceau sur 2 m d'épaisseur ;
- Calcaires et Marnes de Saint-Ouen (Marinésien inférieur), sur 10 m d'épaisseur ;
- Sables de Beauchamp (Auversien) sur 10 m d'épaisseur ;
- Marnes et Caillasses (Lutétien) sur 15 m d'épaisseur ;
- Calcaires Grossiers (Lutétien).

Coupe géologique type rencontrée au droit du plateau de Champigny
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Etage	Sous-étage	Formations	Description des caractéristiques géologiques de la formation
Holocène et Pléistocène	-	Remblais (RB)	Formations anthropiques de consistance et de géométrie très hétérogènes.
	Quaternaire	Limons des plateaux	Dépôts fins, meubles, argileux et sableux.
Oligocène	Sannoisien	Calcaires de Brie	Marno-calcaires souvent silicifiés et pouvant contenir des niveaux gypseux (Réservoir aquifère).
		Argiles vertes	Argiles calcaires compactes constituant un niveau très peu perméable retenant la nappe sus-jacente.
Eocène supérieur	Ludien	Marnes supra-gypseuses (MSG)	Marnes de Pantin (MP) : marnes calcareuses beige à verdâtre.
			Marnes d'Argenteuil (MA) : alternance de bancs marneux et marno-calcaires plus compacts, pouvant contenir des niveaux gypseux.
		Calcaire de Champigny (CC)	Formation constituée de marnes et de calcaire fin, correspondant au faciès non gypsifère du Ludien. Il est possible d'observer des niveaux de gypse dans cette formation (Réservoir aquifère).
		Sables de Monceau (SV)	Complexe sablo-argileux gris verdâtre à passées rousses, avec des intercalations gréseuses et marno-calcaires voire gypseuses.
	Marinésien	Calcaire de Saint-Ouen (MCO)	Marnes argileuses en tête et bancs calcaires à la base, avec une transition marno-calcaire en partie centrale. Présence de gypse possible en partie inférieure (Réservoir aquifère).
	Auversien	Sables de Beauchamp (SB)	Formation sableuse (sables fins au toit de la formation puis plus marneux à la base). Présence éventuelle de niveaux gypseux.
Eocène moyen	Lutétien	Marnes et Caillasses (MC)	Formation composée d'une alternance de bancs marneux métriques et de bancs de calcaires dolomitiques durs et fins. Formation pouvant contenir des niveaux gypseux (Réservoir aquifère).
		Calcaires Grossiers (CG)	Calcaires massifs et compacts séparés par de minces bancs sableux à marneux en tête puis calcaire devenant glauconieux à la base (Réservoir aquifère).

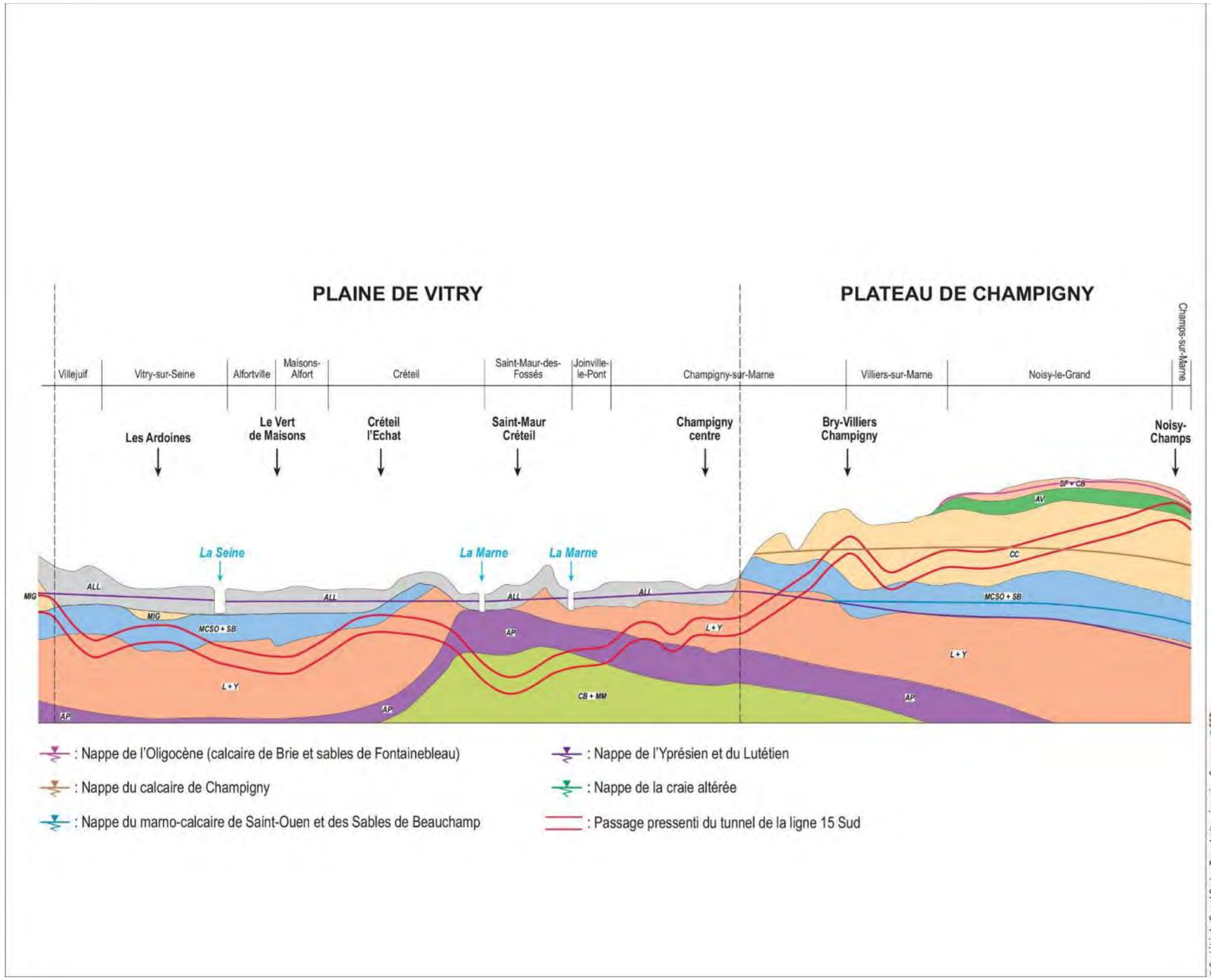
Coupe géologique simplifiée au droit du secteur pressenti pour le passage de la Ligne 15 Sud – Partie occidentale de l'aire d'étude
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)

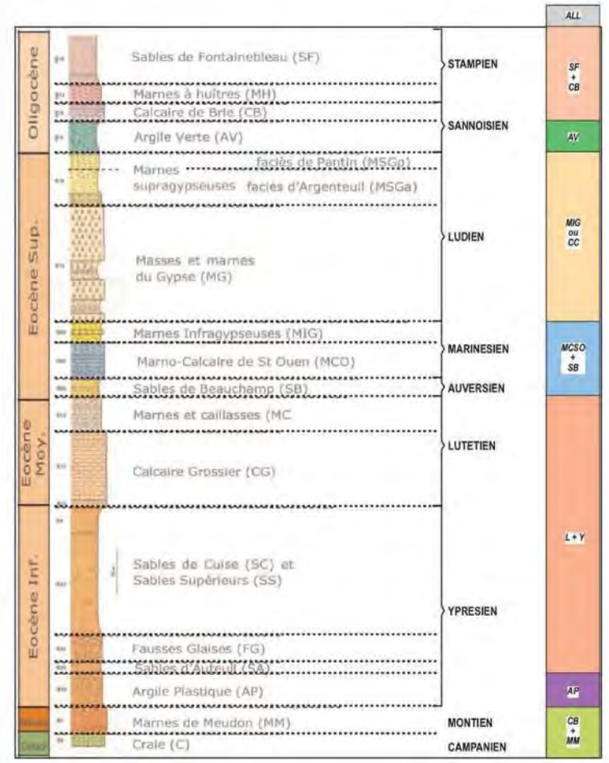




© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

Coupe géologique simplifiée au droit du secteur pressenti pour le passage de la Ligne 15 Sud – Partie orientale de l'aire d'étude
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)





© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

2.4.6 Contraintes mécaniques des couches géologiques traversées

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques géotechniques des couches géologiques identifiées sur le profil dans le chapitre précédent.

La définition de ces caractéristiques sont issues de la synthèse des reconnaissances géotechniques réalisées par la Société du Grand Paris dans le cadre des missions G1 et G2 (essais pressiométriques in situ et essais de résistance au cisaillement et de déformabilité au laboratoire).

Les caractéristiques propres à chaque couche géologique sont susceptibles de générer des contraintes lors de la réalisation des ouvrages souterrains et nécessitent donc la mise en place par la Maître d'œuvre de méthodes constructives adaptées de façon d'une part à assurer le bon déroulement du chantier, et d'autre part, à limiter les risques éventuels qui en découlent. Ces risques sont détaillés par la suite (dissolution du gypse, formation de fontis,...).

Les couches sont analysées des niveaux superficiels vers les formations les plus profondes (cf. tableau ci-dessous).

Contraintes mécaniques des couches géologiques traversées vis-à-vis d'un projet de type métro souterrain (source : campagnes géotechniques réalisées au droit de la Ligne 15 Sud)

Formations	Contraintes
Remblais (RB)	Les contraintes de cette formation découlent de ses caractéristiques : son hétérogénéité (matériaux naturels, gravats, ferrailles, etc.) et sa géométrie inconstante peuvent provoquer des difficultés d'avancement du tunnelier.
Alluvions récentes (Fz)	Pas de contraintes particulières.
Alluvions anciennes (Fy)	Localement, présence potentielle de galets ou blocs pouvant provoquer des difficultés pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées.
Limons de plateaux (LP)	Pas de contraintes particulières.
Sables de Fontainebleau (SF)	Absence de cohésion à l'origine de problèmes de stabilité en particulier en cas de présence d'une nappe : instabilité potentielle du front de taille. Grésification importante dans la partie supérieure, ce qui signifie que les terrains sont très résistants : difficultés pour l'avancement du tunnelier et de mise en place des parois moulées.
Calcaire de Brie (CB)	Hétérogénéité de la formation : présence de dalles calcaires silicifiées dures pouvant impliquer des difficultés pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées. Présence potentielle de zones décomprimées, voire de vides en cas de dissolution du gypse, pouvant introduire des risques aussi bien en phase creusement (blocage du tunnelier, perte de confinement du front, remontée de fontis), qu'en phase d'exploitation (défaut de portance sous le radier). La présence de vides peut nécessiter le traitement des terrains par injections, préalablement à la réalisation des parois moulées, pour éviter les pertes de boues et les surconsommations de béton.
Argiles Vertes (AV)	Présence d'argile potentiellement sujette au fluage et au gonflement pouvant provoquer des difficultés en phase de creusement et en phase définitive par application de forte pression.
Marnes supra gypseuses (MSG)	Présence potentielle de zones décomprimées, voire de vides en cas de dissolution du gypse : contrainte potentielle pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées en phase de creusement et un défaut de portance sous le radier en phase d'exploitation. Le taux de sulfate peut être important, entrainant une agressivité vis-à-vis des bétons.
Masses et Marnes du Gypse (MG)	Présence potentielle de zones décomprimées, voire de vides en cas de dissolution du gypse (voir contraintes décrites ci-dessus). Le taux de sulfate peut être important, entrainant une agressivité vis-à-vis des bétons.
Calcaire de Saint-Ouen (MCO)	Présence potentielle de zones décomprimées, voire de vides en cas de dissolution de gypse (voir contraintes ci-dessus). Passages de calcaires silicifiés durs impliquant des difficultés pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées.
Sables de Beauchamp (SB)	Présence potentielle de zones décomprimées, voire de vides en cas de dissolution de gypse : contrainte potentielle pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées en phase de creusement et un défaut de portance sous le radier en phase d'exploitation. Formations de sables très fins difficilement injectables : instabilité des terrains rencontrés. Présence de niveaux durs en cas de grésification des sables impliquant des difficultés pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées.
Marnes et Caillasses (MC)	Présence potentielle de zones décomprimées, voire de vides en cas de dissolution de gypse (voir contraintes ci-dessus). Caractéristiques géotechniques dégradées « décompression en feuillet » à l'aplomb des carrières de Calcaire Grossier : difficultés pour l'avancement du tunnelier.
Calcaires Grossiers (CG)	Présence de carrières souterraines : présence de vides et/ou de bourrages non compactés. Confortement ou traitement des cavités fréquent : terrains rencontrées par le tunnelier hétérogènes impliquant des difficultés d'avancement. Présence de carrières à ciel ouvert remblayées entrainant une épaisseur de remblais importante : instabilité potentielle du front de taille.
Yprésien (SS, FG, SA et AP)	Formation composée d'une partie sableuse et d'une partie argileuse : hétérogénéité des terrains rencontrés par le tunnelier impliquant des difficultés d'avancement. L'Yprésien sableux est constitué de sables propres, contenant une nappe en charge, pouvant poser des problèmes de stabilité du front de taille. L'Yprésien argileux est une formation sensible au phénomène de gonflement et de fluage pouvant provoquer des difficultés en phase de creusement et en phase définitive par application de forte pression.
Marnes de Meudon (MM)	Formation marno-argileuse pouvant contenir des bancs durs silicifiés pouvant provoquer des difficultés pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées.
Craie (C)	Sommet de la formation parfois altéré (« Craie molle » ou « Craie pâteuse ») lorsqu'elle est peu profonde : hétérogénéité des terrains rencontrés. Présence de bancs de silex impliquant des difficultés pour l'avancement du tunnelier et la mise en place des parois moulées.

2.5 Risques géologiques

Chaque construction d'ouvrage souterrain fait face au défi de réalisation posé par le contexte géologique et les caractéristiques des terrains qui peut être affecté par des désordres liés à sa formation et son évolution.

L'aire d'étude de la Ligne 15 Sud est concernée par plusieurs types de risques géologiques. Dans cette partie, sont évalués les principaux risques géologiques qui sont en mesures d'impacter le projet souterrain. Avant de définir le niveau de risque (ou de sensibilité) les aléas et les enjeux propres à chaque risque ont été définis.

La sensibilité, ou risque, est définie comme la combinaison entre l'aléa et de ses conséquences sur les enjeux.

L'aléa naturel désigne un phénomène pouvant causer des perturbations ou des dommages. L'enjeu se compose des biens ou autres éléments présents dans les zones de risque et qui sont ainsi soumis à des pertes potentielles. C'est l'ensemble des éléments susceptibles d'être affectés par l'aléa quand celui-ci se manifeste.

2.5.1 Risques associés à la sismicité

2.5.1.1 Problématique de la sismicité

L'activité sismique est une manifestation de la tectonique des plaques, se concentrant le long des failles, en général à proximité de frontières entre plaques tectoniques. Le risque sismique est présent partout à la surface du globe, la France n'échappant pas à la règle.

L'aléa sismique est la probabilité, pour un site, d'être exposé à une secousse sismique de caractéristiques données au cours d'une période de temps donnée.

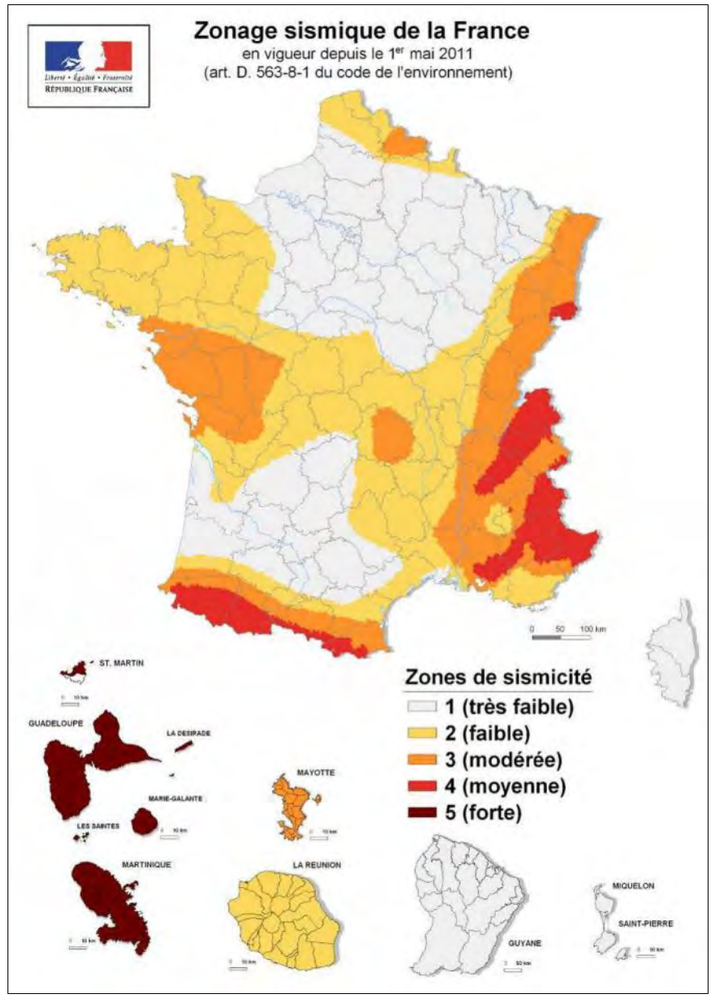
D'une manière générale, les séismes peuvent avoir des conséquences sur les personnes et les biens. Il est toutefois généralement admis que les ouvrages souterrains sont moins sensibles aux séismes que les ouvrages de surface.

2.5.1.2 Données bibliographiques et localisation des risques liés à la sismicité

Le zonage sismique de la France (cf. figure suivante) a été complètement révisé en 2010, les obligations réglementaires associées étant en vigueur depuis le 1er janvier 2011.

Comme le montre la figure suivante, les départements concernés par l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, à savoir les Hauts-de-Seine (92), le Val-de-Marne (94), la Seine-Saint-Denis (93) et la Seine-et-Marne (77), se situent en zone de sismicité 1 (très faible).

Toutefois, le risque sismique est l'un des risques majeurs pour lequel il n'est pas possible d'agir sur l'aléa (il n'est pas possible d'empêcher un séisme de se produire, ni contrôler sa puissance). Ainsi, la seule manière de diminuer le risque est d'essayer de prévoir les séismes et d'en diminuer les effets (par la prévention, notamment en construisant des bâtiments prévus pour ne pas s'effondrer immédiatement en cas de séisme).



Zonage sismique en France
(figure extraite de http://www.planseisme.fr)

2.5.1.3 Caractérisation du risque au droit de l'aire d'étude

Malgré un enjeu fort (aire d'étude située dans zone urbaine dense donc enjeux humains et économiques importants), l'aléa au droit de la zone d'étude est faible.

Le risque au droit de la totalité de l'aire d'étude est donc considéré comme faible.

La construction des ouvrages de la Ligne 15 Sud ne nécessite donc pas la mise en œuvre de mesures particulières pour la résistance sismique (dispositions du décret n° 91-461 du 14 mai 1991).

2.5.2 Risques associés à la présence d'anciennes carrières

2.5.2.1 Problématique des anciennes carrières

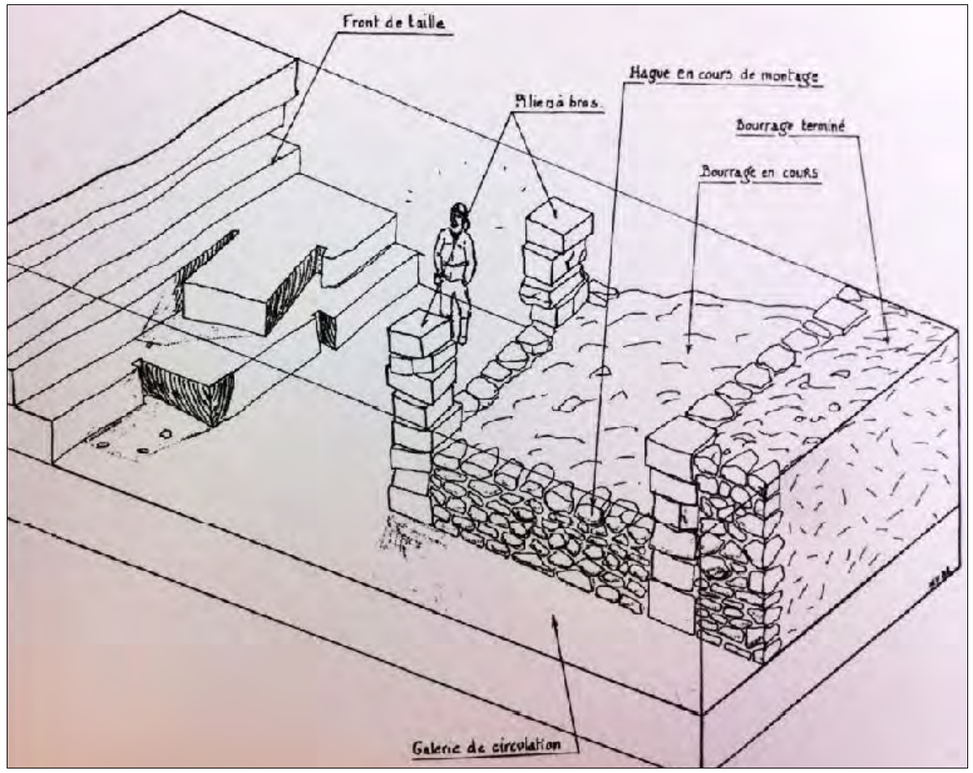
Les formations géologiques rencontrées dans la région parisienne ont largement été exploitées jusqu'au XIXème siècle, afin de fournir en matériaux de construction pour Paris et sa banlieue. Les formations géologiques les plus exploitées sont :

- les Calcaires Grossiers, pour la pierre à bâtir ;
- les formations gypseuses, pour la fabrication du plâtre ;
- la Craie et les formations marneuses, pour la fabrication de la chaux et des ciments ;
- les Limons de plateaux, pour la confection de briques ;
- les sables, pour la verrerie et la fonderie.

Ces carrières se divisent en deux familles principales :

- les carrières à ciel ouvert, remblayées après leur exploitation par du tout-venant. Ces carrières présentent donc l'inconvénient de constituer des terrains médiocres, sous-consolidés, parfois perméables permettant des dissolutions ou des embarquements d'éléments fins. Un projet de type métro souterrain est alors en mesure de déstabiliser ces couches et provoquer des désordres sur le bâti environnant par tassement différentiel ;
- les carrières souterraines, confortées selon plusieurs techniques (cf. figure suivante) :
    - o par des piliers à bras (poteaux montés pour soutenir le ciel de carrière) ;
    - o par hagues et bourrages : réalisation de murs de pierres sèches (hagues) retenant les déchets non utilisés de l'exploitation de la carrière (bourrages).

  Ces confortements quels qu'ils soient, et quelle qu'en soit la qualité de réalisation, laissent des vides. Les anciennes carrières souterraines constituent alors des ouvrages fragiles, sensibles aux modifications du milieu environnant (notamment en termes de contraintes dans le sol), ce qui peut engendrer la remise en cause de leur équilibre. Les instabilités susceptibles d'apparaître se situent principalement en ciel de carrière (toit de la carrière) pouvant aller jusqu'à des effondrements progressifs de la voûte, voire à des fontis remontant en surface.



Confortement d'une carrière souterraine par hagues et bourrages
(figure extraite de l'ouvrage « Les souterrains de Paris » de A. Guini-Skliar)



Photographie de hagues et de bourrages dans une carrière au droit de l'avenue Max Dormoy, sur la commune de Cachan
(Photographie issue du rapport de visite des carrières souterraines du secteur Max Dormoy – SGP)

2.5.2.2 Données bibliographiques et localisation de l'aléa lié aux anciennes carrières

Deux sources bibliographiques ont été utilisées pour répertorier les anciennes carrières :

- les données issues du service de l'Inspection Générale des Carrières (IGC), chargée du recensement des anciennes carrières dans Paris et sa proche couronne. Un zonage spécial a été intégré aux Plans de Prévention des Risques (PPR) pour prendre en compte ce risque d'effondrement ;
- les données issues du Dossier Environnement et Etat Initial (DEEI), réalisé par SYSTRA. Une base de données a ainsi été réalisée à partir des recherches bibliographiques auprès de l'IGC et des données du Conseil départemental du Val-de-Marne et des Hauts-de-Seine.

Les cartes des pages suivantes, permettent de localiser les secteurs où des anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert ont été répertoriées. Elles localisent également les zones de présence potentielle d'anciennes carrières.

Deux zones majeures de présence de carrières souterraines du Calcaire Grossier ont été mises en évidence :

- la première correspondant à la quasi-totalité du secteur situé entre les coteaux d'Issy et la vallée de la Bièvre. La majorité de ce secteur est situé en zone sous-minée, c'est-à-dire que de nombreux indices laissent fortement présumer la présence d'anciennes carrières, sans pour autant qu'il soit possible de les localiser précisément. Des anciennes carrières souterraines ont clairement été répertoriées sur les communes de Bagneux, Montrouge, Arcueil, Cachan et Villejuif ;
- la seconde, au niveau de la plaine de Vitry : plusieurs zones de carrières souterraines ponctuelles ont été recensées, notamment sur les communes de Vitry-sur-Seine, Créteil, Maisons-Alfort, Saint-Maur-des-Fossés et Champigny-sur-Marne ;

Notons également la présence de carrières souterraines dans la Craie à proximité de la gare d'Issy RER. Ces carrières ont été visitées et cartographiées de façon fiable : il n'y a donc pas a priori pas d'extension majeur non cartographiées de ces carrières à craindre.

Des glaisières (puits jusqu'aux Argiles Plastiques) ont été identifiées très localement dans l'aire d'étude, notamment sur les communes de Malakoff et Vanves. Aucune donnée ne subsiste de ces exploitations hormis l'implantation indicative des puits et le fait que les puits et galeries dans l'Argile Plastique se sont refermés par fluage naturel.

Les zones de carrières à ciel ouvert recensées par l'IGC sont nombreuses dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud. Bien que ponctuelles, elles sont principalement présentes dans la plaine de Vitry, sur les communes de Vitry-sur-Seine, Créteil, Maisons-Alfort et Saint-Maur-des-Fossés. Une zone de carrière à ciel ouvert dans le calcaire de Champigny, actuellement remblayée, a également été recensée sur la cartographie faite par l'IGC, à Champigny-sur-Marne.

Des zones de sablières sont également recensées dans le zonage fait par l'IGC :

- au niveau du plateau de Villejuif (sablières dans les sables de Fontainebleau) ;
- dans le secteur des Ardoines, sur la communes de Vitry-sur-Seine (sablières dans les alluvions anciennes) ;
- dans le secteur de Créteil (sablières dans les alluvions anciennes).

2.5.2.3 Résultats issus des campagnes géotechniques sur les anciennes carrières

Ces sources bibliographiques ont été complétées par les observations effectuées sur les sondages réalisés de 2012 à 2014, pour le compte de la Société du Grand Paris, dans le cadre des missions géotechniques G1 et G2.

Ces sondages ont également eu pour objectif de déterminer la hauteur des anciennes carrières, leur profondeur et leur état (remblayé, partiellement remblayé et non remblayée). Tous les forages ont fait l'objet d'enregistrements de paramètres de la foration (vitesse d'avancement, pression sur l'outil, pression d'injection,...).

91 sondages ont mis en évidence la présence d'anciennes carrières dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (cf. tableau suivant).

Formation exploitée	Type de carrière	Nb de sondages	Communes concernées
Alluvions	Carrière à ciel ouvert remblayée	7	Vitry-sur-Seine Créteil
Sables de Fontainebleau	Carrière à ciel ouvert remblayée	18	Villejuif
Calcaires Grossiers	Carrière à ciel ouvert remblayée	22	Cachan Bagneux Clamart Malakoff
	Carrière souterraine remblayée	33	Issy-les-Mlx Cachan Bagneux Montrouge Malakoff
	Carrière souterraine en partie remblayée	6	Bagneux Malakoff
	Carrière souterraine non remblayée	3	Bagneux
Marnes et Caillasses	Carrière à ciel ouvert remblayée	2	Cachan
TOTAL		91	

Sondages traversant des niveaux de carrières dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Les figures suivantes ont été réalisées en croisant les données bibliographiques (données issues du service de l'Inspection Générale des Carrières et du Conseil départemental du Val-de-Marne et des Hauts-de-Seine) aux données issues des campagnes géotechniques réalisées par la Société du Grand Paris.

Ainsi sur ces cartes figurent la localisation des sondages ayant traversé un ou plusieurs niveaux de carrières, les formations anciennement exploitées et l'état actuel de ces anciennes carrières. Il y figure également les sondages n'ayant pas traversés de niveaux de carrières.

La profondeur d'investigation de certains sondages est très courte car ils sont destinés à caractériser des formations de surface. Il n'est donc pas exclu que des carrières souterraines soient présentes sous la profondeur d'investigation de certains sondages géotechniques.

Toutefois, des sondages de profondeur suffisante ont systématiquement été réalisés au droit du tracé pour caractériser la présence de carrières dès lors que celles-ci étaient susceptibles de constituer un aléa.

2.5.2.4 Résultats issus des visites de carrières souterraines

La sensibilité du projet vis-à-vis des carrières est à déterminer sur la quasi totalité du linéaire de la Ligne 15 Sud.

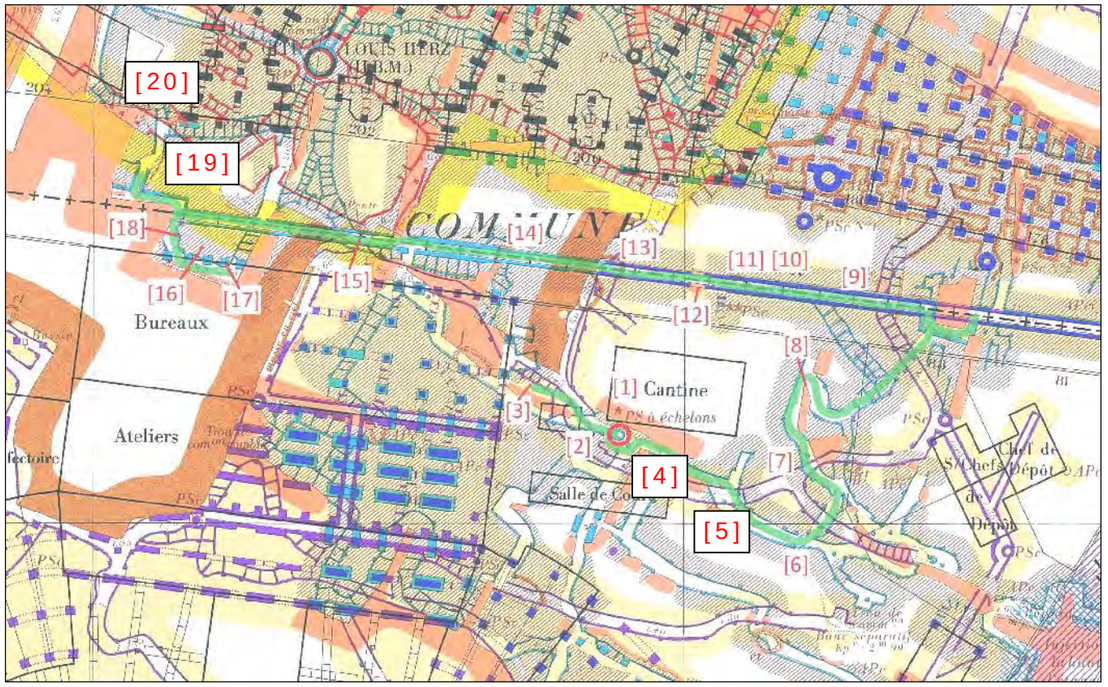
Une zone peut cependant être identifiée comme particulièrement critique étant donné la densité des carrières souterraines de Calcaire Grossier identifiées : il s'agit du secteur situé entre les coteaux d'Issy et la vallée de la Bièvre.

Une démarche a été mise en place avec l'IGC afin de visiter les zones de carrières de ce secteur. En effet, dans l'optique de caractériser des cavités souterraines, l'inspection visuelle, lorsqu'elle est possible, reste l'option la plus fiable.

A ce stade du projet, une seule zone a été visitée. Il s'agit de la zone située sous l'avenue Max Dormoy sur la commune de Montrouge.

Cette visite a permis de mettre en évidence l'état des carrières.

Pour exemple le plan et les photographie ci-dessous illustrent les inspections réalisées lors de la visite des carrières sous l'avenue Marx Dormoy.



Plan et parcours (en vert) des galeries de carrières souterraines visitées au niveau de l'avenue Marx Dormoy à Montrouge
(Données issues du rapport de visite des carrières souterraines du secteur Marx Dormoy)



[4] : galerie exploitée par hagues et bourrages, sans consolidation.



[5] : chambre de dimensions assez importantes confortée par des piliers à bras (état plutôt bon).



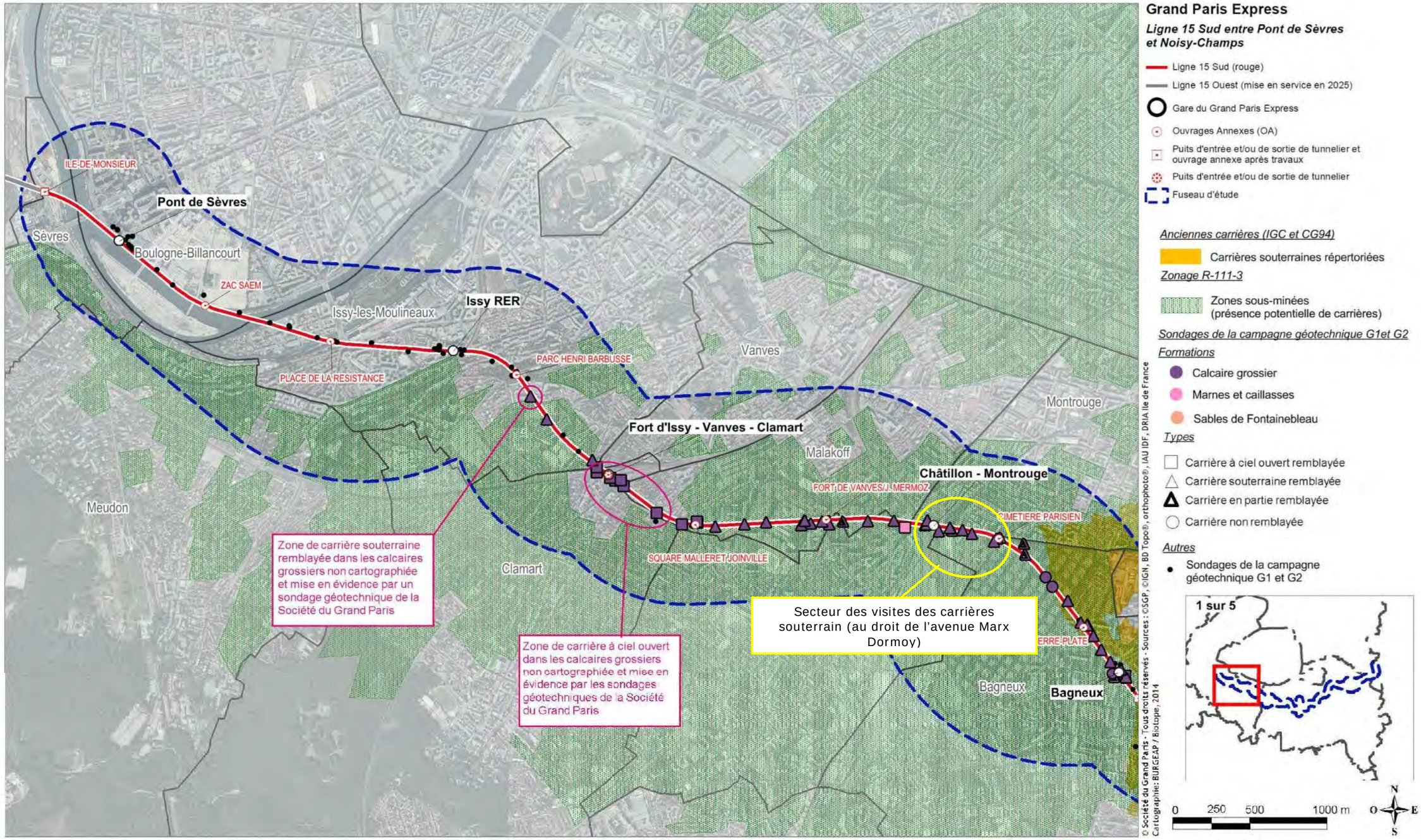
[20] : chambre confortée par des piliers maçonnés en bon état.



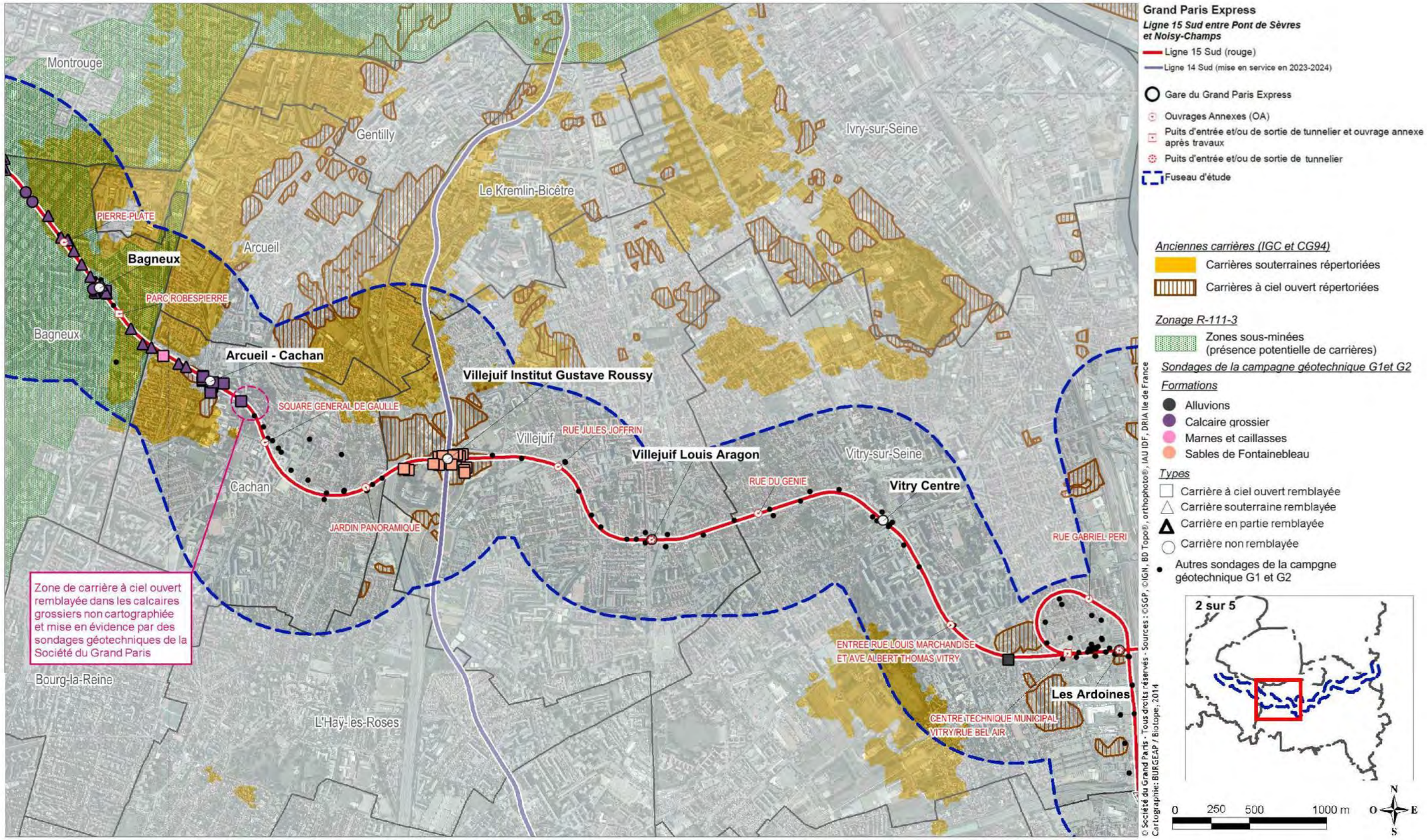
[19] : chambre avec des piliers à bras en mauvais état.

Ces photos illustrent des états de carrière différents. Les visites vont ainsi permettre d'identifier l'état des différentes zones de carrière, et donc déterminer les éventuels travaux et confortement à réaliser sur chaque zone.

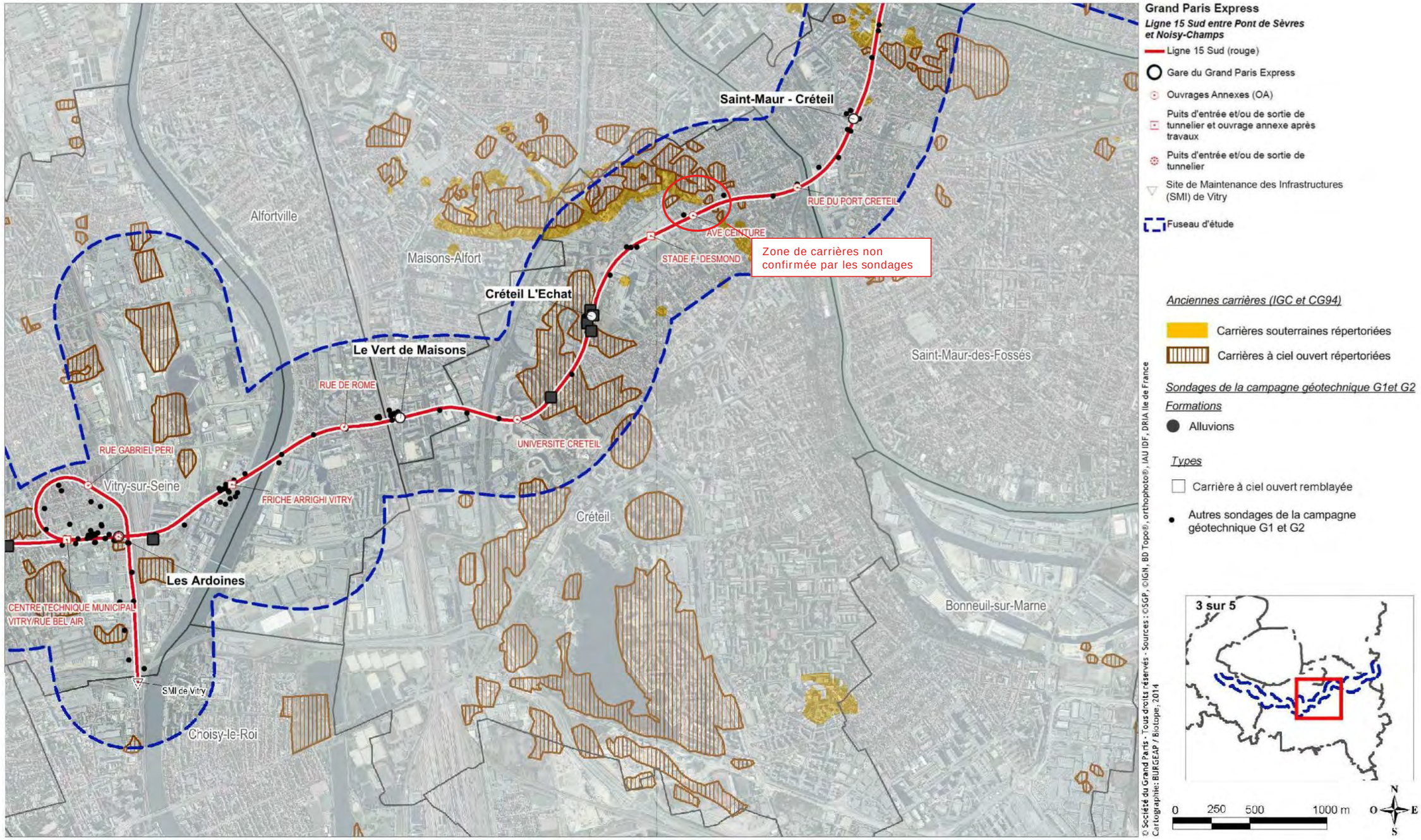
Localisation et typologie d'exploitation des carrières (planche 1/5)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



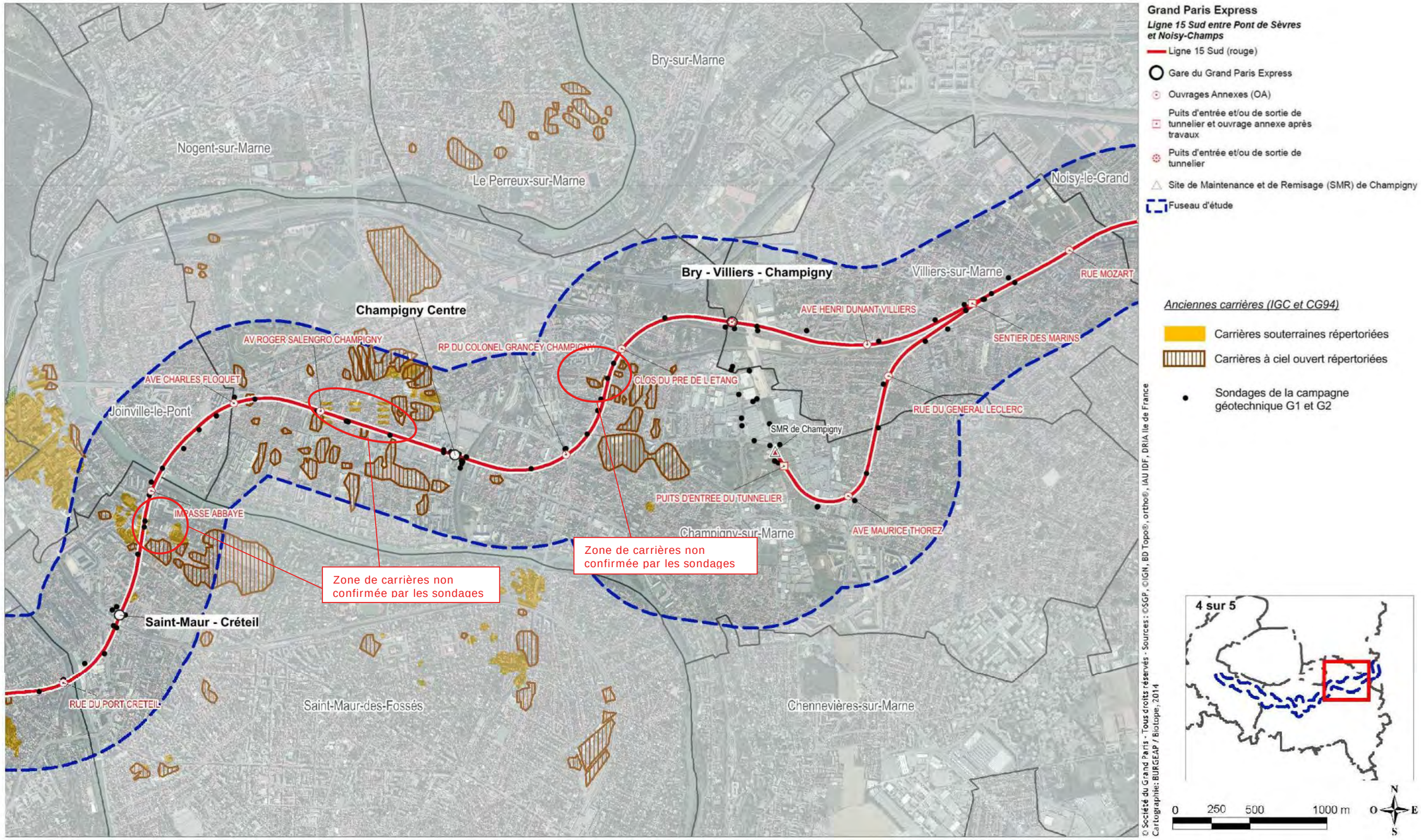
Localisation et typologie d'exploitation des carrières (planche 2 / 5)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



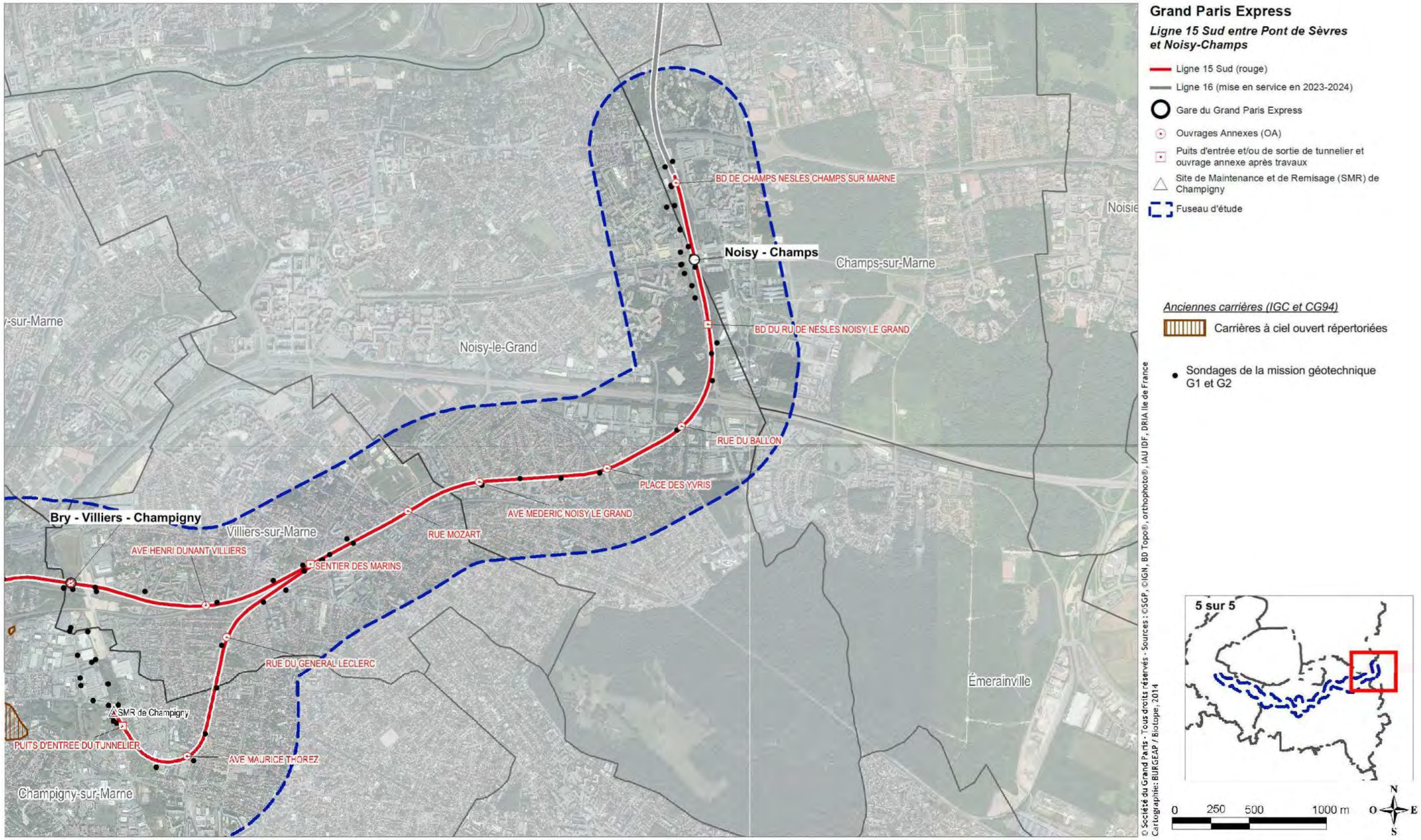
Localisation et typologie d'exploitation des carrières (planche 3 / 5)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Localisation et typologie d'exploitation des carrières (planche 4 / 5)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Localisation et typologie d'exploitation des carrières (planche 5 / 5)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



2.5.2.5 Croisement des données et identification des secteurs concernés

La localisation des carrières souterraines a globalement été confirmée par l'examen précis des coupes de sondages carottés. Des informations supplémentaires ont été apportées par l'examen de ces sondages, notamment :

- la présence de carrières souterraines dans le Calcaire Grossier, sur un à trois niveaux, a été mise en évidence sur le secteur situé entre les coteaux d'Issy et la vallée de la Bièvre, notamment sur les communes de Bagneux, Montrouge, Arcueil, Cachan et Villejuif. La majorité de ces carrières souterraines a été comblée par bourrage, par remblais ou par injections de mortier. Des carrières souterraines non remblayées ont été localisées au niveau de Bagneux.
- la présence de carrières à ciel ouvert dans le Calcaire Grossier sur le secteur de Clamart, Malakoff, Bagneux et Cachan. Sur ces sondages, l'épaisseur moyenne des remblais est de 15 mètres.

Bien que des incertitudes subsistent sur ces carrières (positionnement en plan et en altimétrie, nature de leur comblement, consolidation ou injections), la présence de carrières dans le secteur entre la boutonnière de Boulogne et la vallée de la Bièvre présentent potentiellement un aléa fort. Toutefois, les visites de ces carrières prévues, permettront de répondre en partie à ces incertitudes.

Des zones de sablières ont également été identifiées lors des missions géotechniques G1 et G2 et sont également recensées dans le zonage fait par l'IGC :

- sur le plateau de Villejuif, au niveau du Parc des Hautes-Bruyères (sablières dans les sables de Fontainebleau) ;
- à Vitry-sur-Seine, dans le secteur des Ardoines (sablières dans les alluvions anciennes) ;
- à Créteil dans le secteur de la gare de Créteil – L'Echât (sablières dans les alluvions anciennes).

Les sondages de reconnaissances ont permis également de mettre en évidence des zones de carrières non cartographiées par l'IGC :

- au niveau du Fort d'Issy, où les sondages ont mis en évidence la présence de carrières à ciel ouvert et d'une carrière souterraine remblayée au sein des Calcaires Grossiers ;
- au niveau des coteaux d'Issy, où des carrières souterraines remblayées, au sein des Calcaires Grossiers, ont été localisées ;
- au niveau de la commune de Cachan où un sondage a mis en évidence la présence d'une carrière à ciel ouvert remblayé au droit du Parc Raspail. L'étendue de cette carrière d'exploitation du Calcaire Grossier est incertaine vers l'est.

Les sondages réalisés dans le cadre des missions géotechniques G1 et G2 n'ont pas permis de confirmer la présence des carrières sur les secteurs suivants :

- au niveau de la boutonnière de Boulogne ;
- au niveau de la plaine de Vitry ;
- une zone de carrières à ciel ouvert dans le calcaire de Champigny a été recensée sur la cartographie faite par l'IGC mais sa présence n'a pas été confirmée lors de la réalisation des missions géotechniques.

Les investigations qui seront réalisées en phase projet permettront de préciser et d'affirmer les données, en particulier dans les zones où la présence de carrières indiquée sur les cartes de l'IGC n'a pas été confirmée par les sondages.

2.5.2.6 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

A l'échelle de l'aire d'étude, la présence d'anciennes carrières constitue des risques potentiellement forts pour le projet de la Ligne 15 Sud prévu en souterrain.

L'enjeu principal est constitué par l'importance et le type de bâti. L'aire d'étude étant en zone urbaine dense, l'enjeu est considéré comme fort sur la totalité du secteur.

La présence et le type de carrière constituent l'aléa.

Sont classées en aléa fort :

- les zones où l'existence de cavités est probable (ancien plan, indices en surface) mais dont les limites n'ont pas été reconnues, et où le risque de fontis et/ou affaissement est grand ;
- les zones de carrières souterraines non consolidées, non remblayées, sous faible recouvrement ;
- les zones de superposition de plusieurs cavités, sous faible recouvrement.

Sont classées en aléa modéré :

- les zones de carrières de Calcaire Grossier et de Sables de Fontainebleau à ciel ouvert remblayées dont les limites sont connues ;
- les zones de carrières souterraines non consolidées, non remblayées, sous fort recouvrement ;
- les zones de carrières souterraines remblayées.

Sont classées en aléa faible :

- les zones de carrières consolidées ;
- les zones où l'existence de cavités est probable, mais dont les limites ne sont pas connues, et où le risque de fontis et/ou d'affaissement est faible du fait de la hauteur de recouvrement importante.

Ces critères d'évaluation de l'aléa ont été définis de façon identique que ceux définis dans les notes de présentation du PPRMT de Saint-Cloud et de Chaville.

Une carrière est dite « remblayée » lorsqu'elle a fait l'objet de travaux de remblaiement mais que des vides résiduels décimétriques peuvent subsister.

Une carrière est dite « consolidée » lorsque les vides résiduels, après remblaiement, ont été comblés et clavés, que les remblais de carrières et les terrains décomprimés ont été traités par injection sous pression et que la carrière a fait l'objet de consolidations par piliers maçonnés.

L'analyse croisée entre l'enjeu et les aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- sur le secteur de la boutonnière de Boulogne, les sondages géotechniques n'ont pas mis en évidence la présence d'anciennes carrières. Toutefois, le zonage réglementaire fait état de potentielles zones de carrières sur ce secteur. La sensibilité sur ce secteur est considérée comme faible.

- sur le secteur du plateau d'Issy à Cachan, les sondages géotechniques ont confirmé la présence de nombreuses anciennes carrières souterraines exploitant les Calcaire Grossier sur un à trois niveaux. Certaines de ces carrières souterraines sont non remblayées. Les sondages ont également mis en évidence la présence de carrière à ciel ouvert remblayées, entrainant la présence de niveaux de remblais parfois épais. La sensibilité sur ce secteur est considérée comme forte.

- sur le secteur du plateau de Villejuif, les sondages géotechniques ont confirmé la présence d'anciennes carrières à ciel ouvert remblayées, exploitant les Sables de

Fontainebleau. L'épaisseur de remblais peut parfois être importante. La sensibilité sur ce secteur est considérée comme modérée.

- sur le secteur de la plaine de Vitry, les sondages géotechniques ont confirmé la présence de carrières à ciel ouvert remblayées. La présence de carrières souterraines ponctuelles n'a pas été confirmée par les sondages mais elles sont toutefois répertoriées. La sensibilité est considérée comme modérée sur ce secteur.

- sur le secteur du plateau de Champigny, une zone de carrière à ciel ouvert dans le Calcaire de Champigny a été recensée sur la cartographie faite par l'IGC mais sa présence n'a pas été confirmée lors de la réalisation des missions géotechniques. Dans cette zone, le passage du tunnel est pressenti sous la zone de carrière potentielle. La sensibilité sur ce secteur est considérée comme modérée.

2.5.2.7 Réglementation associée aux zones d'anciennes carrières

Les risques éventuels liés à la présence des anciennes carrières a conduit à l'élaboration des réglementations spécifiques pour les nouveaux projets d'aménagement ou de construction situés sur les territoires sensibles à ce risque.

La prévention des risques est une politique globale visant à permettre un développement durable des territoires et en assurant une sécurité maximale des personnes et des biens. Dans ce cadre, l'un des outils règlementaires de lutte contre le risque est le Plan de Prévention des Risques (PPR) pouvant prescrire des dispositions constructives ou des dispositions concernant l'usage du sol.

L'objectif du PPR est de mettre en place des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde pour garantir la sécurité publique des personnes, biens et activités implantés sur un territoire. Cela consiste, d'une part à délimiter les zones exposées à des risques et celles où l'utilisation du sol pourrait aggraver ces risques, et d'autre part à les réglementer en limitant ou en conditionnant leur constructibilité. Le PPR est donc un document d'information et un outil de prévention.

A défaut de PPR sur un territoire concerné, les périmètres de risques pris au titre de l'article R111-3 du Code de l'Urbanisme valent PPR sur la commune concernée.

La liste des communes concernées par des Plans de Prévention des Risques naturels (PPRn) pour la problématique des carrières est présentée dans le tableau ci-après.

Législation vis-à-vis des carrières des communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud
(Données issues de la base de données du site http://prim.net)

Département	Communes du fuseau	Prescription	Enquête	Approbation
R111.3 Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)				
92	Sèvres	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Meudon	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Issy-les-Moulineaux	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Vanves	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Clamart	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Malakoff	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Montrouge	-	26/10/1984	19/12/1985
92	Châtillon	-	26/10/1984	27/01/1986
92	Bagneux	-	26/10/1984	07/08/1985

Département	Communes du fuseau	Prescription	Enquête	Approbation
PPRn Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)				
92	Meudon	15/04/2003	-	-
94	Cachan	01/08/2001	-	-
94	L'Haÿ-les-Roses	01/08/2001	-	-
94	Villejuif	01/08/2001	-	-
94	Vitry-sur-Seine	01/08/2001	-	-
94	Maisons-Alfort	01/08/2001	-	-
94	Créteil	01/08/2001	-	-
94	Saint-Maur-des-Fossés	01/08/2001	-	-
94	Joinville-le-Pont	01/08/2001	-	-
94	Champigny-sur-Marne	01/08/2001	-	-

Ce tableau indique qu'actuellement, un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn), associé à la présence de carrières, est en cours d'élaboration sur les communes de Meudon, Cachan, L'Haÿ-les-Roses, Villejuif, Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés, Joinville-le-Pont et Champigny-sur-Marne. Il s'agit du PPRn – Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines). Le document a été prescrit le 01/08/2001 sur le département du Val-de-Marne et est encore en cours d'élaboration. D'après les informations obtenues auprès des services compétents, ce document n'est toujours pas approuvé à ce jour. Les projets de constructions devront faire l'objet d'un examen de la part du service de l'Inspection Générale des Carrières (IGC) lors des dépôts des permis de construire.

9 communes du fuseau d'étude sont également couvertes par un périmètre de zones à risques liées à la présence d'anciennes carrières, pris en application de l'article R111-3 du Code de l'urbanisme. Il s'agit des communes de Sèvres, Meudon, Issy-les-Moulineaux, Vanves, Clamart, Malakoff, Montrouge, Châtillon et Bagneux. . L'avis de l'Inspection Générale des Carrières (IGC) est également requis pour toute demande de permis de construire inclus dans ces périmètres.

Par ailleurs, des prescriptions réglementaires s'appliquent, notamment liés à l'Arrêté du 26 janvier 1966, relatif aux anciennes carrières de Paris et du Val-de-Marne présenté à la figure suivante.

Arrêté inter-préfectoral du 26 janvier 1966 relatif aux zones d'anciennes carrières de Paris et du département de la Seine – Permis de construire – Mesures de sécurité

(Document issue du Plan d'urbanisme de Paris – TITRE PREMIER – Servitudes d'utilité publique)

Le Préfet de la Seine,
Le Préfet de police,

Vu l'arrêté des consuls du 12 messidor an VIII déterminant les fonctions du Préfet de police ;

Vu le Code municipal, et notamment ses art. 97 et 110 ;

Vu le Code minier ;

Vu le décret du 12 février 1892 réglementant l'exploitation des carrières dans le département de la Seine ;

Vu le décret n° 61-1298 du 30 novembre 1961 portant règlement d'administration publique pour l'application de l'art. 91 du Code de l'urbanisme et de l'habitation, et notamment les art. 2 et 3 de ce décret ;

Vu l'arrêté interpréfectoral du 15 mai 1961 portant règlement concernant les constructions à édifier dans les zones d'anciennes carrières de Paris et du département de la Seine ainsi que l'utilisation de sols sous-minés par d'anciennes carrières ;

Considérant que dans l'intérêt de la sécurité publique il y a lieu de préciser et de renforcer les prescriptions de l'arrêté susvisé ;

Vu la délibération du Conseil général de la Seine en date du 2 avril 1960 ;

Sur la proposition du Secrétaire général de la Seine (Urbanisme, Aménagement, Construction et Services techniques),

Arrêtent :

Article premier. - Les demandes de permis de construire concernant l'édification, la surélévation, l'extension ou la modification de bâtiments dans Paris et dans le département de la Seine sont transmises pour examen et avis par la Direction de l'Urbanisme à la Direction générale des Services techniques (Inspection générale des carrières), lorsque le terrain est situé dans une zone d'anciennes carrières, afin que soient précisées les conditions qui seront inscrites dans le permis de construire et auxquelles devra satisfaire le maître de l'œuvre en vue d'assurer la stabilité des constructions projetées ainsi que des cours, jardins, garages, parkings, voies de circulation et tous abords de ces constructions.

L'Inspection générale des carrières reçoit de l'autorité compétente copie des permis de construire délivrés dans les zones d'anciennes carrières.

Art. 2. - Le maître de l'œuvre est tenu, préalablement à l'édification de la construction faisant l'objet du permis de construire, de se conformer aux conditions particulières de sécurité qui lui ont été prescrites en application de l'art. 1er ci-dessus.

Art. 3. - Au cours des travaux, les agents de l'Inspection générale des Carrières ont libre accès au chantier. Le maître de l'œuvre doit suivre les indications complémentaires qui peuvent lui être données sur place par ces agents relativement à la nature, au nombre et à l'importance des consolidations à entreprendre. Il demeure responsable de la bonne exécution de ces consolidations.

Art. 4. - Le maître de l'œuvre signalera sans délai à l'Inspection générale des carrières tout désordre qui serait constaté, au cours des travaux de consolidation souterraine, au droit ou au-delà de la mitoyenneté des tréfonds voisins. L'Inspection générale des carrières en avisera le ou les propriétaires intéressés avec indication des mesures qu'elle préconise pour éviter les désordres sur leurs fonds respectifs.

Art. 5. - Dans le délai d'un mois après achèvement des travaux d'exploration et de consolidation souterraines, le maître de l'œuvre doit remettre, contre récépissé, à l'Inspection générale des carrières, un plan de ces travaux. A ce plan sont annexés la coupe géologique des fouilles et des puits foncés ainsi que les coupes, élévations et schémas nécessaires à une parfaite description des travaux exécutés. Ces pièces sont dressées à l'une des échelles 1/200, 1/100 et doivent comporter, en tant que besoin, une notice explicative en vue de fournir tous les renseignements techniques utiles. Le plan est repéré sans ambiguïté par rapport aux ouvrages de surface existants ou aux rues voisines ; il est daté et authentifié par la signature du maître de l'œuvre et doit porter la désignation de la personne qui a dirigé les travaux.

Art. 6. - Sur un terrain situé dans les zones d'anciennes carrières souterraines, l'exercice de toute activité susceptible d'entraîner la présence d'un personnel ou du public doit faire l'objet d'une déclaration préalable au maire de la commune où la carrière est située, au Préfet de la Seine (Direction générale des Services techniques) si elle est située à Paris, lesquels la transmettent pour examen et avis à l'Inspection générale des carrières. Ce service précise les conditions qui seront notifiées au déclarant et auxquelles celui-ci devra satisfaire pour prévenir les accidents pouvant résulter de la présence des vides de carrières dans le sous-sol du terrain.

Art. 7.- Sur le rapport de l'Inspection générale des carrières, le Préfet peut à tout moment interdire sur un chantier une technique ou l'usage de matériel susceptibles par leurs répercussions dans les carrières souterraines de créer des désordres dans les constructions et terrains avoisinants.

Art. 8.- Une clôture efficace doit interdire l'accès du public sur tout terrain sous-miné par d'anciennes carrières souterraines de gypse et qui n'est pas l'objet de précautions spéciales pour prévenir les accidents pouvant résulter de la présence des vides de carrières dans le sous-sol du terrain.

Art. 9.- Faute par le maître de l'œuvre de se conformer aux conditions prescrites en vertu des art. 2 et 3 ci-dessus, faute par le déclarant de satisfaire aux conditions prescrites en vertu de l'art. 6 ci-dessus ou faute par le propriétaire du sol de satisfaire à la mesure prévue par l'art. 8 ci-dessus, il y est pourvu d'office, à ses frais, par les soins de l'Administration.

Art. 10.- Les infractions aux dispositions du présent arrêté sont déférées aux tribunaux compétents.

Art. 11.- Est abrogé l'arrêté interpréfectoral du 15 mai 1961 concernant les constructions à édifier dans les zones des anciennes carrières de Paris et du département de la Seine ainsi que toutes dispositions contraires à celles du présent arrêté.

Art. 12.- Le directeur de la Police municipale de la Préfecture de police, le directeur général des Services techniques et le directeur de l'Urbanisme de la Préfecture de la Seine sont chargés de l'exécution du présent arrêté.

Fait à Paris, le 26 janvier 1966.

Maurice PAPON Raymond HAAS-PICARD

(Voir plan annexe des servitudes relatives à la sécurité publique sur les risques naturels et technologiques. Ce document ne vaut pas informations mises à disposition par le Préfet de Paris au titre des articles L.125-5 et R.125-26 du Code de l'environnement)

Enfin les communes d'Alfortville, de Villiers-sur-Marne, Noisy-le-Grand, Choisy-le-Roi et Champs-sur-Marne ne sont concernées par aucun Plan de Prévention des Risques Mouvement de Terrains ou document valant PPR (R111-3).

Ainsi, dans les communes concernées (Sèvres, Meudon, Issy-les-Moulineaux, Vanves, Clamart, Malakoff, Montrouge, Châtillon, Bagneux, Cachan, Villejuif, l'Haÿ-les-Roses, Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés, Joinville-le-Pont et Champigny-sur-Marne), les projets de constructions doivent faire l'objet d'un examen de la part du service de l'Inspection Générale des Carrières (IGC) lors des dépôts des permis de construire.

Aussi, aucune construction ne peut être entreprise sans avoir reçu, à l'amont, l'autorisation du service de l'Inspection Général des Carrières, précisant les conditions particulières de réalisation (règles techniques) auxquelles le Maître d'Ouvrage est contraint de se soumettre.

La carte de la page suivante identifie les communes concernées par un zonage réglementaire associé à la problématique des anciennes carrières.

2.5.2.8 Conclusion sur les anciennes carrières

L'analyse menée au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud révèle la présence d'anciennes carrières qui constituent un enjeu potentiellement fort pour le projet de la Ligne 15 Sud prévu en souterrain.

Les missions de reconnaissances géotechniques G1 et G2 associées aux travaux de définition menés par les trois bureaux d'étude BURGEAP, TERRASOL et ARCADIS ont permis de localiser et d'identifier l'état des carrières au droit de la future ligne de métro et de définir un niveau de sensibilité au droit de chaque secteur (cf. tableau suivant).

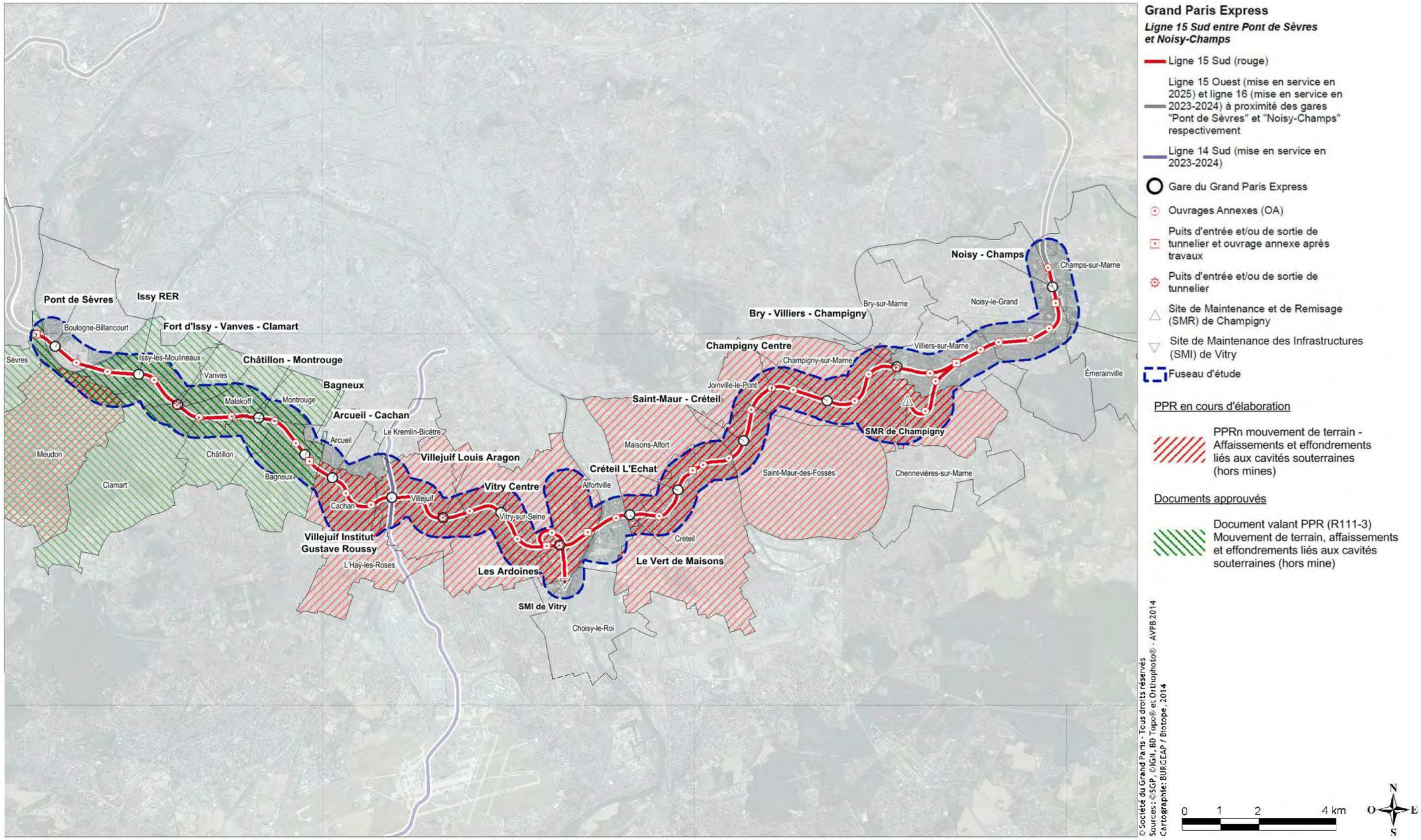
Les méthodes constructives définies par la Société du Grand Paris prendront en compte ces aléas afin d'éviter tout désordre dans le sous-sol. Elles sont détaillées dans le rapport sur l'analyse des impacts du projet de la présente étude d'impact.

L'existence de documents de prévention est également prise en compte. Le tableau suivant présente également les PPR ou documents valant PPR pour les risques associés aux anciennes carrières souterraines, au droit de l'aire d'étude. Les différentes prescriptions et règles en vigueur seront respectées. Il s'agit notamment de la réalisation d'études spécifiques et approfondies sur ces aléas.

Identification de la sensibilité et réglementation associées aux anciennes carrières

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Règlementation associée aux zones d'anciennes carrières	
		R111.3 Mouvement de terrain	PPRn Mouvement de terrain
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Enjeu faible : Présence potentielle d'anciennes carrières	Sèvres Meudon Issy-les-Mlx	Meudon
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Enjeu fort : Présence d'anciennes carrières souterraines Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblai épais	Issy-les-Mlx Vanves Clamart Malakoff Montrouge Châtillon Bagneux	Cachan L'Haÿ-les-Roses
Secteur du plateau de Villejuif	Enjeu modéré : Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblai parfois épais	-	Villejuif
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Enjeu modéré : Présence d'anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblais parfois épais	-	Vitry-sur-Seine Maisons-Alfort Créteil Saint-Maur-des-Fossés Joinville-le-Pont Champigny-sur-Marne
Secteur du plateau de Champigny	Enjeu modéré : Présence potentielle d'anciennes carrières	-	Champigny-sur-Marne

Etat d'avancement des PPR et documents valant PPR pour les risques associés à la présence d'anciennes carrières
(Données issues du site prim.net)



2.5.3 Risques associés à la présence de Gypse dans le sous-sol

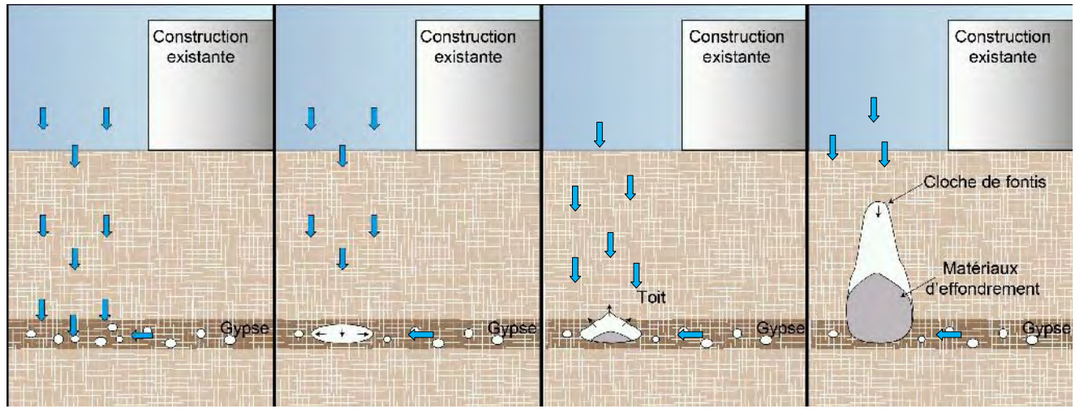
2.5.3.1 La problématique du Gypse

Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate de calcium, soluble dans l'eau. Cette roche est présente soit sous forme de bancs massifs (comme c'est le cas dans les Masses et Marnes du gypse en particulier), soit de manière plus diffuse, sous forme de nodules, d'interlits ou de lentilles dans différentes couches géologiques du sous-sol parisien (Calcaire de Saint Ouen ou Marnes et Caillasses par exemple).

La dissolution du gypse est susceptible de se produire lors de venues d'eau non saturées en sulfate de calcium. Le seuil de solubilité du gypse avoisine 2 g/l, c'est à dire que lorsque la concentration d'une eau circulant dans ce type de formation, est inférieure à ce seuil, la masse de gypse est érodée par dissolution. Dans les conditions naturelles, les nappes aquifères qui s'écoulent relativement lentement au contact des horizons gypseux, se chargent progressivement en sulfate de calcium et sont donc peu agressives. Cependant, des arrivées d'eau insaturées (infiltration d'eau de pluie, mise en communication de nappe de qualité chimique différente, réinjection en nappe d'eau non saturée en sulfate de calcium) ou des pompages dans les nappes (induisant des modifications des écoulements et des réalimentations) sont susceptibles de modifier l'équilibre géochimique et réactiver les mécanismes de dissolution.

Selon le type de cristallisation du gypse et sa densité dans le massif encaissant, ce phénomène peut entraîner soit une dégradation des caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, soit la création de cavités souterraines appelées vides de dissolution, de dimensions variables.

Ce phénomène fait l'objet de plusieurs Plans de Prévention des Risques sur l'ensemble de la région Ile-de-France. Cela signifie que le risque est avéré dans certains secteurs, mais également qu'il est bien identifié et a été étudié (un élément essentiel pour la maîtrise du risque).



Représentation du phénomène de dissolution du gypse

Un projet de type métro souterrain est susceptible d'activer ou de réactiver le phénomène de dissolution du gypse en modifiant le régime d'écoulement des nappes d'eau souterraines dans des zones caractérisées par la présence de gypse.

L'existence de zones décomprimées ou de vides dans le sous-sol peuvent être à l'origine de mouvements de terrain (tassements, remontée de fontis…) susceptibles de causer des désordres sur le bâti et plus généralement sur les ouvrages situés à l'aplomb et au voisinage des infrastructures du projet.

De la même façon des travaux souterrains approchant ou recoupant des zones de dissolution de gypse proches de l'état critique de stabilité peuvent provoquer un effondrement de ces cavités (par vibration, par modification de l'état de contrainte, ou par déstructuration des parois de la cavité).

Il existe également un risque de perte de boue lors de la réalisation des futurs ouvrages en cas de présence importante de poche de dissolution.

2.5.3.2 Données bibliographiques et localisation de l'aléa lié à la présence de Gypse

Un zonage représentant les zones de dissolution des poches de gypse a été réalisé sur certaines communes de la proche couronne de Paris. Les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud n'ont pas fait état de ce zonage.

Bien que le tracé ne soit pas en zone administrative de dissolution du gypse, les formations lithologiques rencontrées au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud sont en mesure de présenter des zones gypsifères.

Les principaux horizons lithologiques de la région Ile-de-France contenant des niveaux de gypse sont :

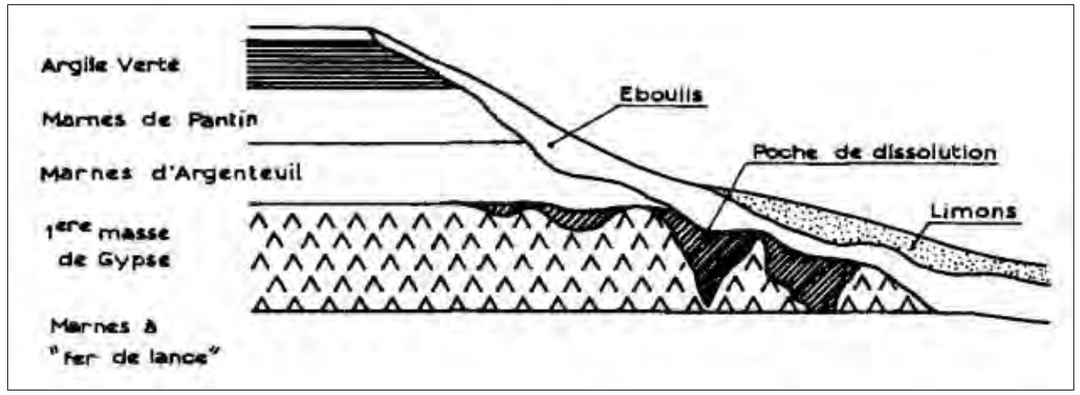
- les Marnes Supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) ;
- les Masses et Marnes du Gypse ;
- les Marnes Infra-gypseuses ;
- les Marnes et Caillasses du Lutétien.

Ces formations sont les plus impactées par cet aléa. Toutefois les horizons lithologiques suivants, peuvent aussi comporter des lentilles gypseuses, de taille plus réduite que les formations énoncées précédemment :

- le Calcaire de Saint-Ouen ;
- les Sables de Beauchamp.

Ces formations sont toutefois moins impactées par l'aléa de dissolution du gypse.

Les observations effectuées dans les nombreuses fouilles et carrières d'exploitation de gypse ont mis en évidence des phénomènes de naissance de poche de dissolution de gypse sur les versants des plateaux. Ces phénomènes sont limités à une auréole ceinturant les massifs gypseux et s'arrêtant pratiquement à la ligne d'affleurement des Argiles Vertes, qui joue un rôle protecteur vis-à-vis des couches gypseuses ludiennes sous-jacentes. En son absence, la vidange des eaux superficielles à travers les Marnes Supra-gypseuses fracturées, et surtout les éboulis, provoque le déclenchement des processus de dissolution (cf. figure suivante).



Schématisation des poches de dissolution de gypse de bordure de versant
(Schéma issu de l'article « Observations géologiques sur les accidents de dissolution du gypse dans la région parisienne – M. Toulemont)

Par opposition aux zones de bordure, le cœur des massifs gypseux est généralement sain et bien conservé sous la couverture argileuse.

Certains secteurs de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud sont potentiellement concernés par la présence de niveaux de gypse, notamment :

- sur le secteur du plateau d'Issy à Cachan, les formations géologiques rencontrées (Marnes et Caillasses, Sables de Beauchamp, Calcaire de Saint-Ouen) sont susceptibles de contenir des niveaux de gypse anté-ludien. Ces formations sont potentiellement en eau au droit de ce secteur ;
- sous le plateau de Villejuif, il faut noter l'importance des formations gypsifères (Marnes supragypseuses, Masses et Marnes du Gypse, Calcaire de Saint-Ouen et Marnes et Caillasses), qui sous l'action de circulations d'eau dans les fractures peuvent présenter des risques importants de dissolution, et notamment en bordure de plateau (cf. figure précédente) ;
- dans la vallée de la Seine et de la Marne, les formations géologiques rencontrées (Marnes et Caillasses, Sables de Beauchamp, Calcaire de Saint-Ouen) sont également susceptibles de contenir des niveaux gypseux. Ces formations sont potentiellement sous l'eau au droit de ce secteur.

2.5.3.3 Résultats issus des campagnes géotechniques sur le gypse

Des zones gypseuses ont été identifiées dans 94 des sondages réalisés lors des campagnes géotechniques G1 et G2, réalisées pour le compte de la Société du Grand Paris.

La présence de gypse dans les formations lithologiques listées précédemment a globalement été confirmée par l'examen précis des coupes de sondages carottés (cf. tableau suivant)

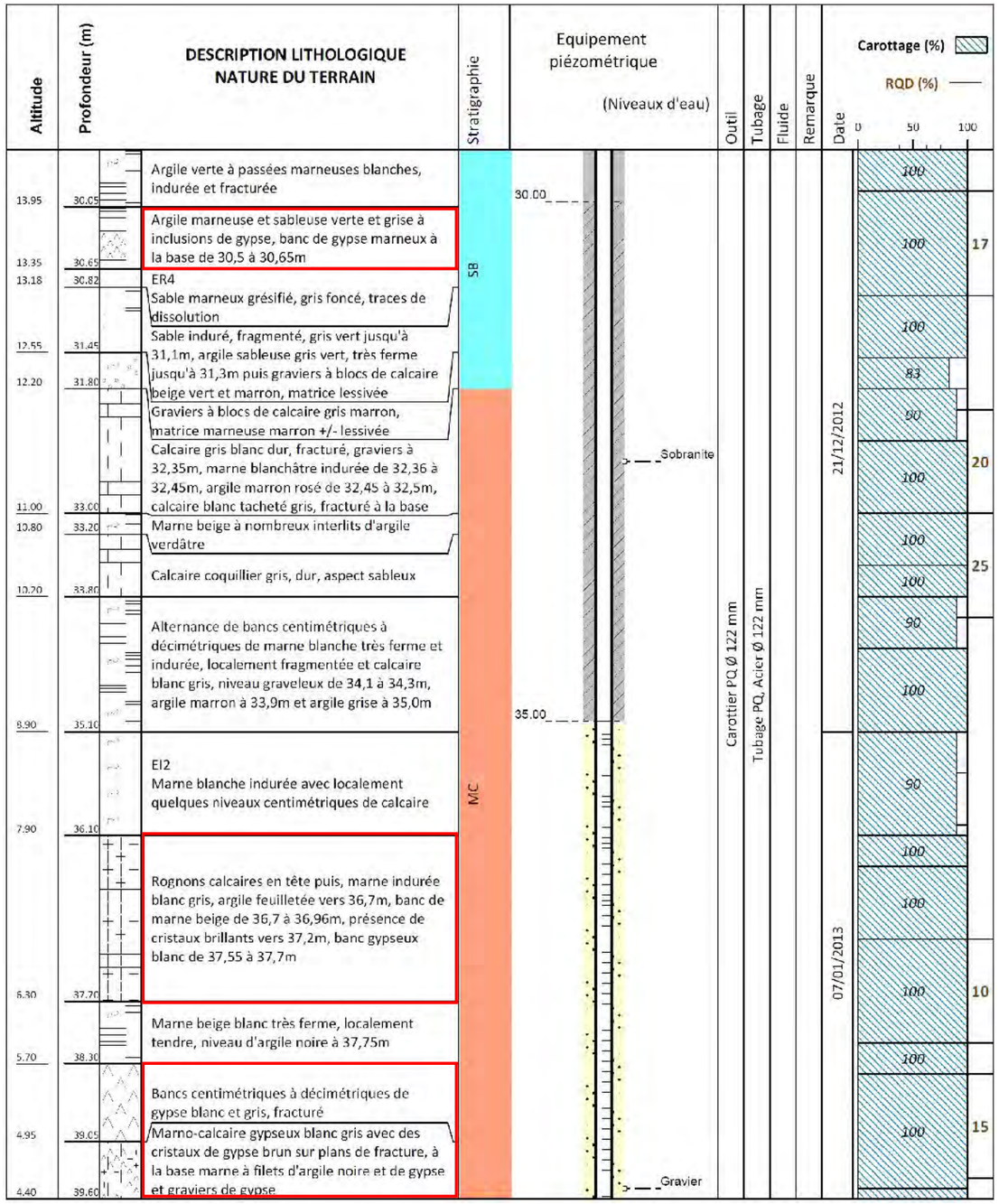
Formation lithologique	Nombre de sondages dans lesquels des zones de gypse ont été identifiées
Marnes de Pantin (MP)	2
Marnes d'Argenteuil (MA)	15
Calcaires de Champigny (CC)	4
Masses et Marnes du gypse (MFL)	42
Marnes infra-gypseuses (MIG)	12
Calcaires de Saint-Ouen (SO)	37
Sables de Beauchamp (SB)	29
Marnes et Caillasses (MC)	46
Fausses Glaises (FG)	1

Sondages traversant des niveaux gypseux dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Il n'est toutefois pas exclu que des zones gypseuses soient présentes sous la profondeur d'investigation des sondages géotechniques.

Il convient de préciser que la localisation et la profondeur des sondages des missions géotechniques G1 et G2 ont été définis selon la profondeur et à l'emplacement prévisionnel du tunnel et des ouvrages. Ainsi si certaines zones gypseuses sont potentiellement présentes à des profondeurs plus importantes, l'aléa sera faible vis-à-vis du projet.

Ci-après est proposé un extrait graphique d'un sondage carotté de la mission G1, réalisé sur le secteur de Vitry-sur-Seine, où des traces de gypse sont retrouvées dans les Sables de Beauchamp et les Marnes et Caillasses (encadré en rouge).



Sondage carotté, réalisé dans le secteur de Vitry-sur-Seine, présentant des traces de gypse dans les Sables de Beauchamp et les Marnes et Caillasses.
(Données issue de la campagne de reconnaissance géotechnique – Arcadis)

2.5.3.4 Croisement des données et identification des secteurs concernés

Les figures suivantes ont été réalisées à partir des données bibliographiques et des données issues des campagnes géotechniques réalisées par la Société du Grand Paris. Le tronçon a fait l'objet d'une cartographie dédiée à la présence du gypse pour trois groupes de formation :

- L'Eocène inférieur et moyen et notamment le Calcaire Grossier et les Marnes et Caillasses du Lutétien ;
- Les Sables de Beauchamp et le Calcaire de Saint-Ouen ;
- les Masses et Marnes du Gypse, les Marnes Infra-Gypseuses et les Marnes Supra Gypseuses (formations du Ludien).

Chaque jeu de cartes permet de visualiser l'extension des formations susceptibles de contenir du gypse sur l'aire d'étude. L'analyse des mesures piézométriques a également permis d'indiquer si ces formations sont susceptibles d'être noyées ou non. L'extension des zones gypseuses potentiellement en eau a été réalisée à partir des cartes géologiques. Sur cette base, les sondages des missions géotechniques ont été localisés avec un symbole permettant d'illustrer si le sondage a permis de mettre en évidence ou non la présence de gypse au sein de la formation concernée.

L'analyse précise des coupes des sondages carottés (coupes géologiques et enregistrement des paramètres de sondages : vitesse d'avancement et pression d'injection), a donc permis de mettre en évidence les secteurs au droit desquels du gypse a été identifié dans les formations géologique susceptibles d'en contenir. Ainsi :

- le gypse a clairement été identifié au sein des Marnes et Masses du Gypse au droit de nombreux sondages au niveau du plateau de Villejuif, sous forme de marnes gypseuses et de gypse cristallisé, avec quelques traces de dissolution. L'épaisseur de ces formations gypseuses atteint plusieurs mètres. Sur ce secteur, le gypse est susceptible d'être en eau en bordure de plateau (cf. figure suivante).

- dans les formations sous-jacentes du Marno-Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp, le gypse a été identifié sous forme d'imprégnation des matrices calcaires, sableuses et marneuses et de nodules, parfois contenant du gypse cristallisé. Le gypse a été identifié sur plusieurs sondages entre Bagneux et Créteil. L'épaisseur de ces bancs gypseux est le plus souvent décimétrique. Sur le secteur d'étude, ces formations gypseuses sont potentiellement en eau ;

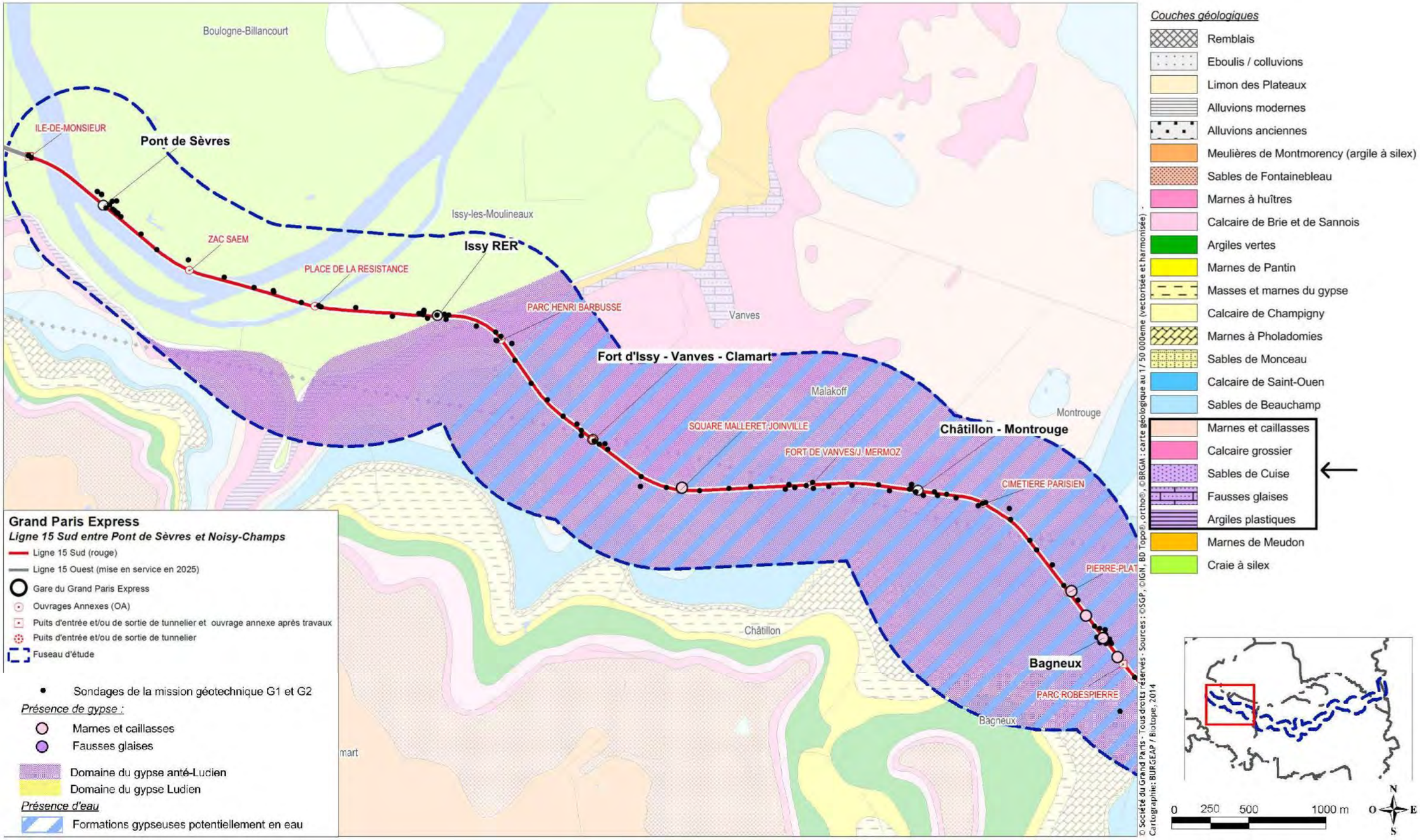
- dans les formations des Marnes et Caillasses, le gypse a également été identifié sous forme d'imprégnation des matrices calcaires, sableuses et marneuses et de nodules, parfois contenant du gypse cristallisé. Quelques traces de dissolution ont été identifiées. Cette formation est présente sur la quasi-totalité du linéaire, hormis dans la boutonnière de Boulogne et dans la vallée de la Marne et de la Seine. Les Marnes

Les sondages de reconnaissances ont permis également de mettre en évidence des zones de gypse dans :

- les Calcaires de Champigny, de façon ponctuelle, sur les communes de Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne et Noisy-le-Grand. Ces niveaux de marnes gypseuses varient de 0,5 à 1 m ;
- les Fausses Glaises, sous forme de gypse saccharoïde, sur un unique sondage au niveau de la commune de Cachan.

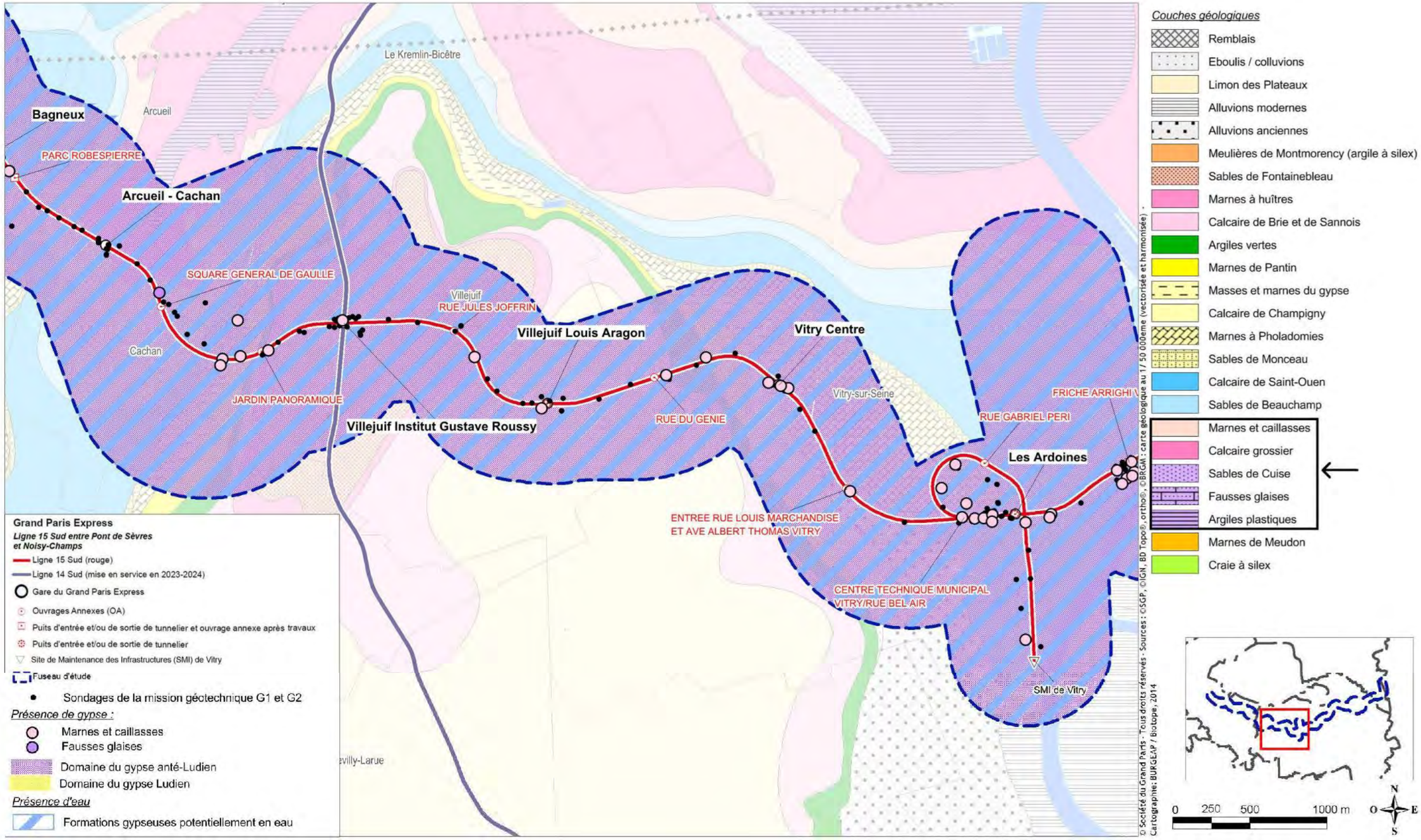
Localisation du Gypse dans les formations de l'Eocène inférieur et moyen au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 1/4)

(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



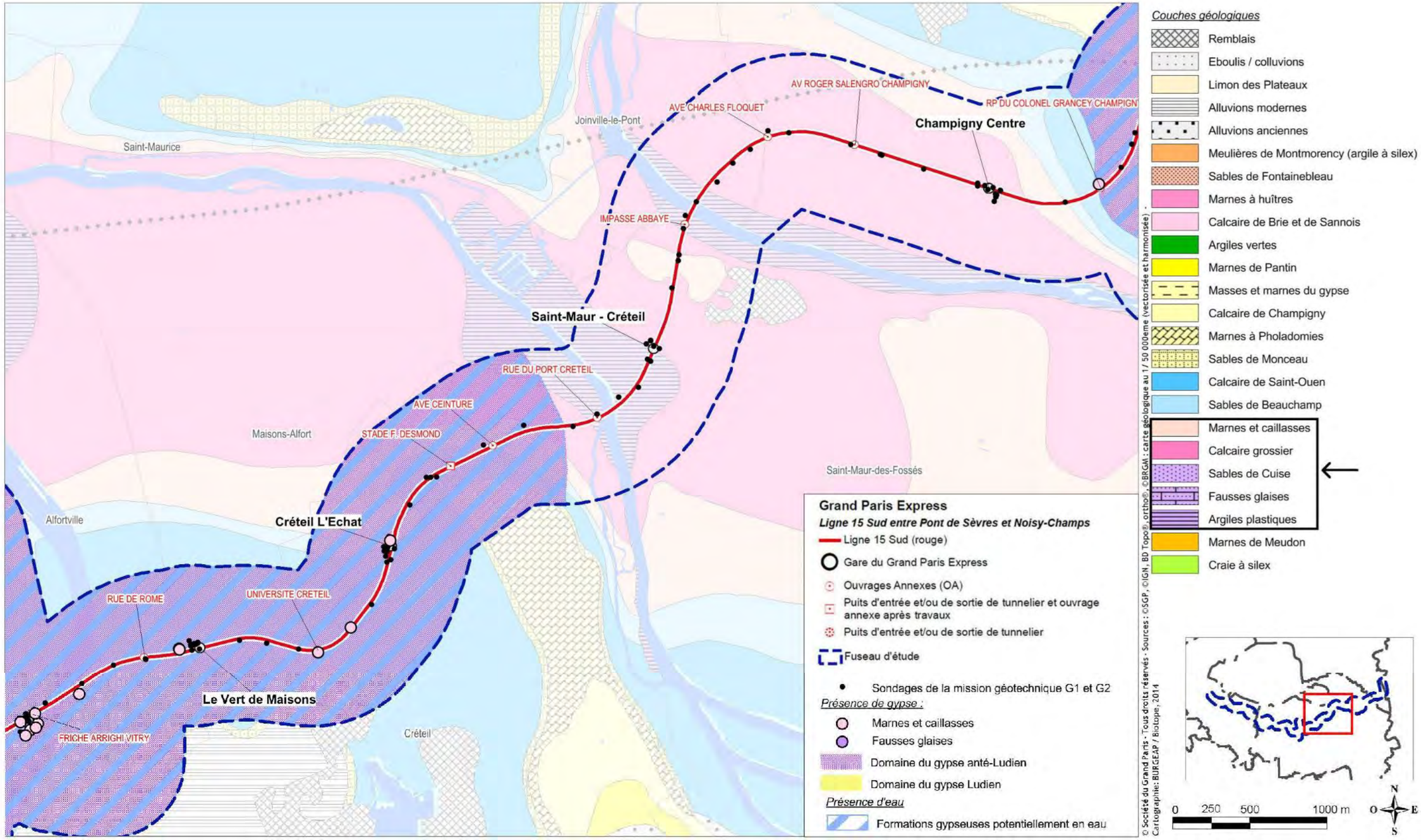
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo®, ortho®, ©BRGM : carte géologique au 1/ 50 000ème (vectorisée et harmonisée) - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Localisation du Gypse dans les formations de l'Eocène inférieur et moyen au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 2/4)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

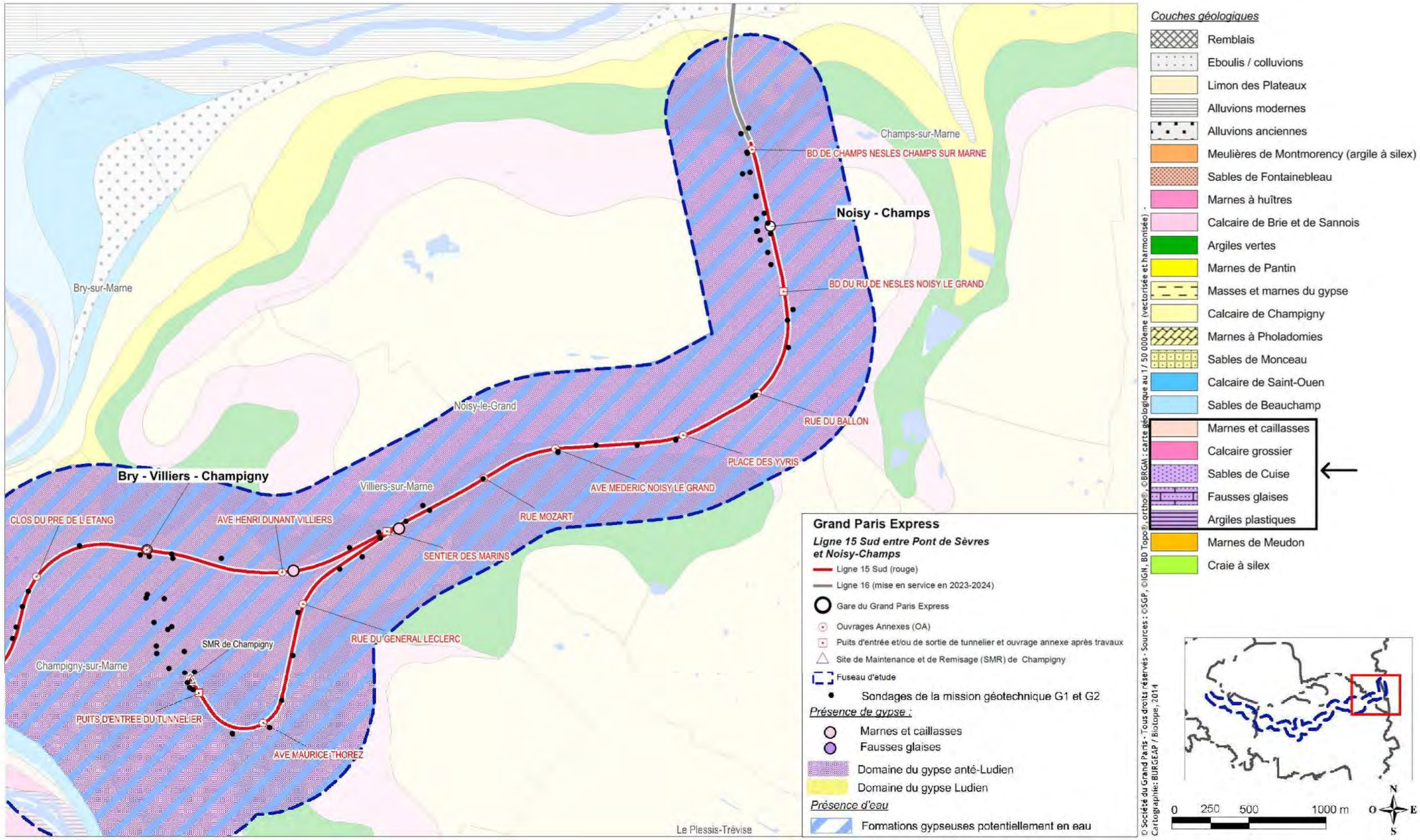


Localisation du Gypse dans les formations de l'Eocène inférieur et moyen au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 3/4)

(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



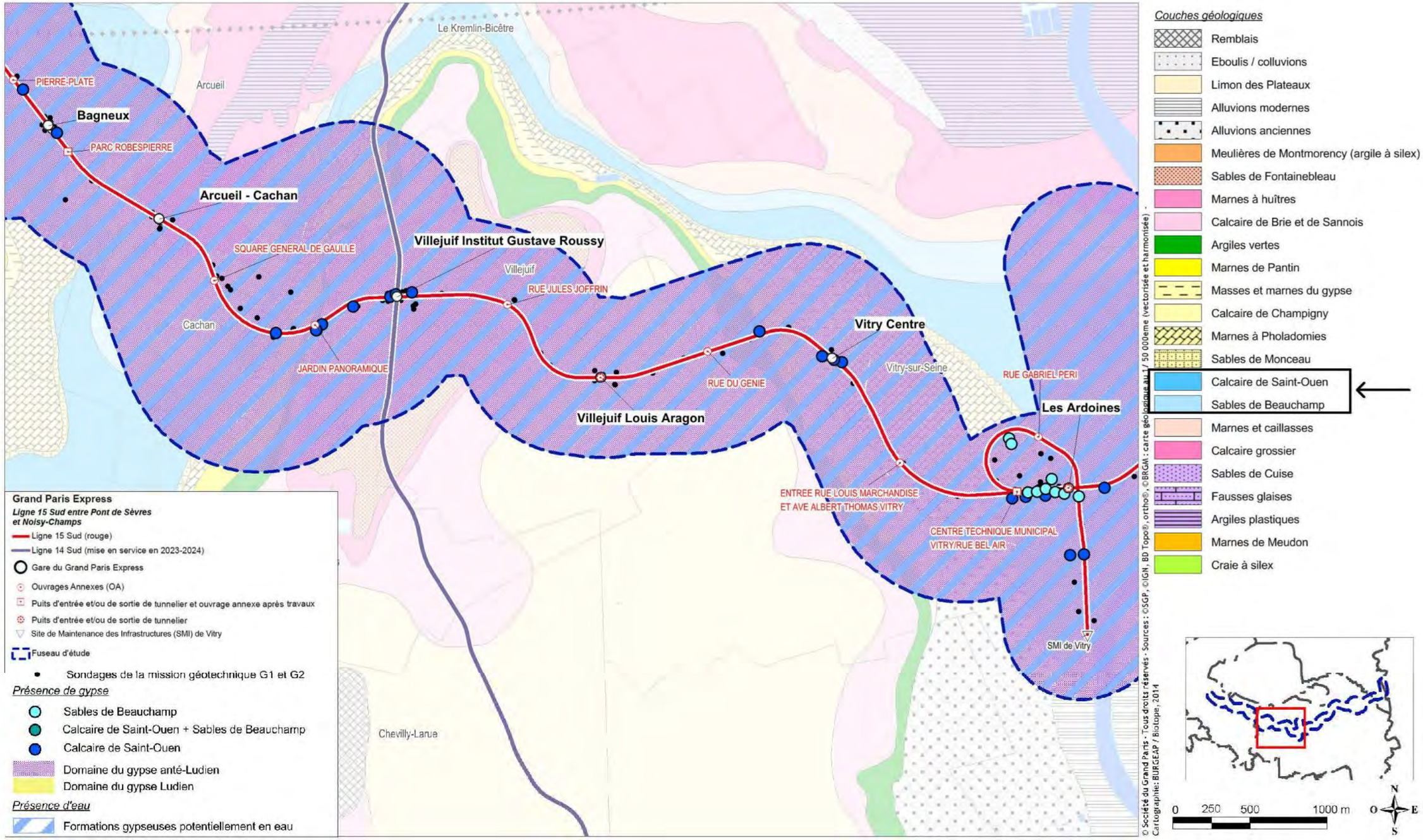
Localisation du Gypse dans les formations de l'Eocène inférieur et moyen au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 4/4)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo®, ortho®, ©BRGM : carte géologique au 1/ 50 000ème (vectorisée et harmonisée) -
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

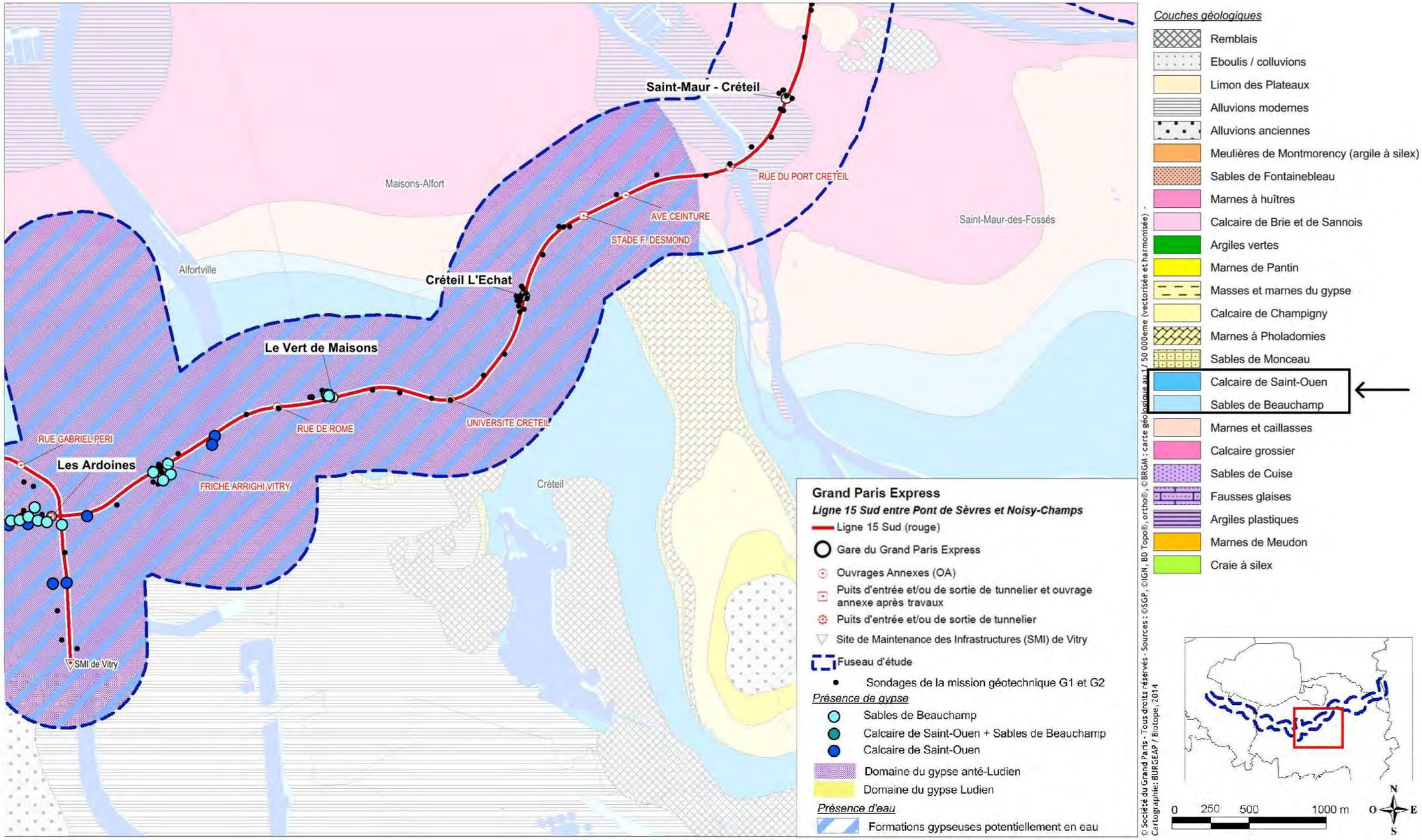
Localisation du Gypse dans les Calcaires de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 1/3)

(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



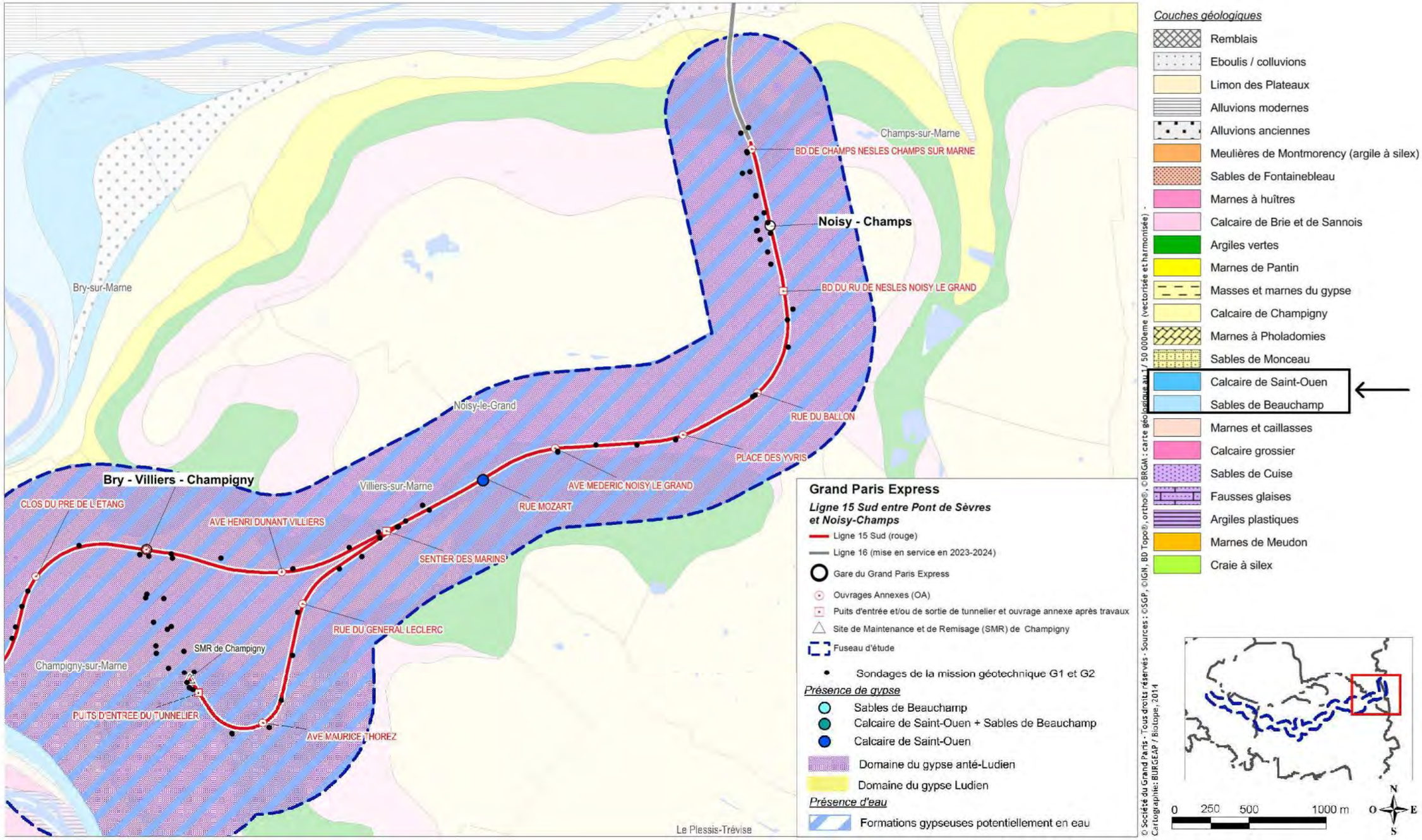
Localisation du Gypse dans les Calcaires de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 2/3)

(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

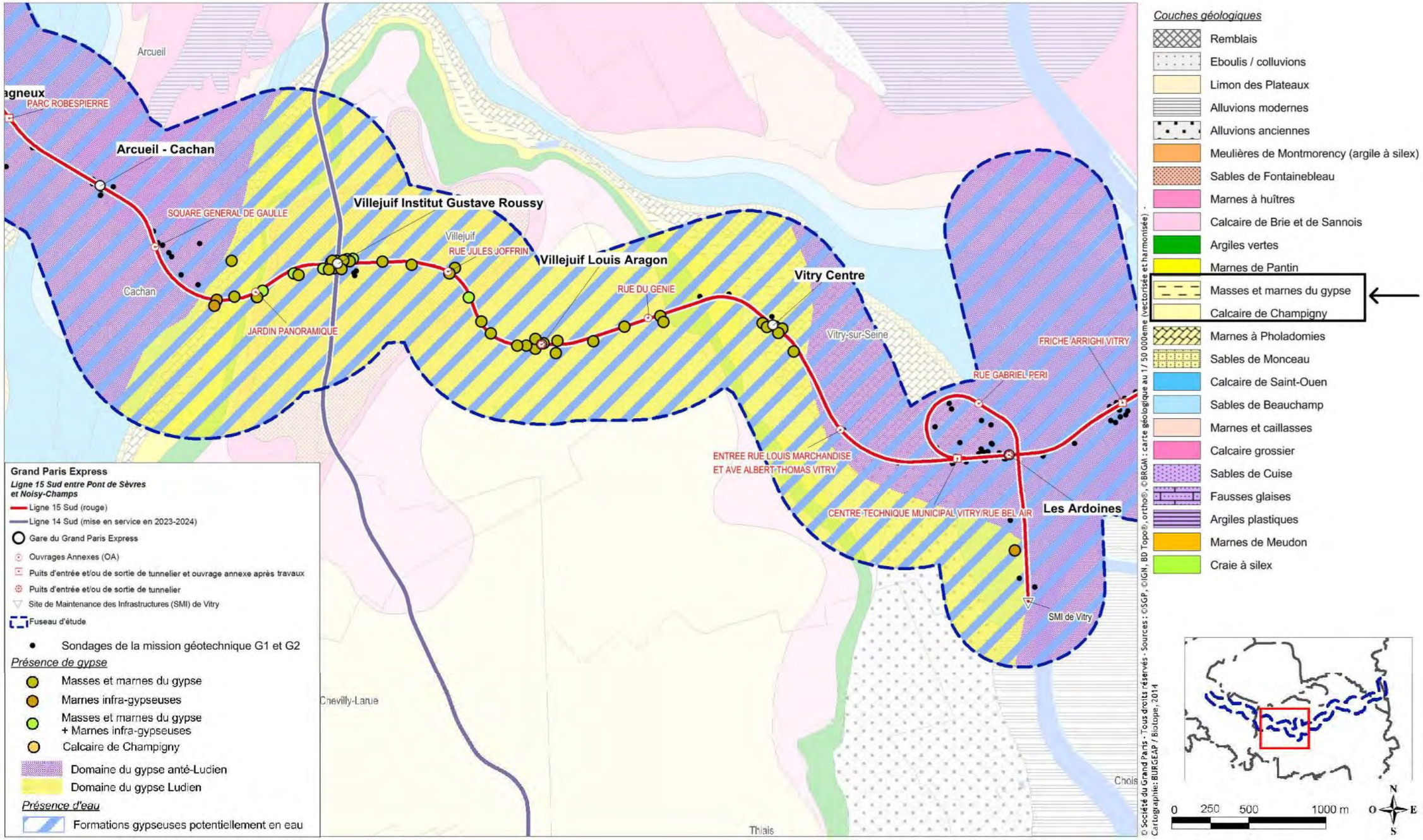


© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo®, ortho®, ©BRGM : carte géologique au 1/ 50 000ème (vectorisée et harmonisée) - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

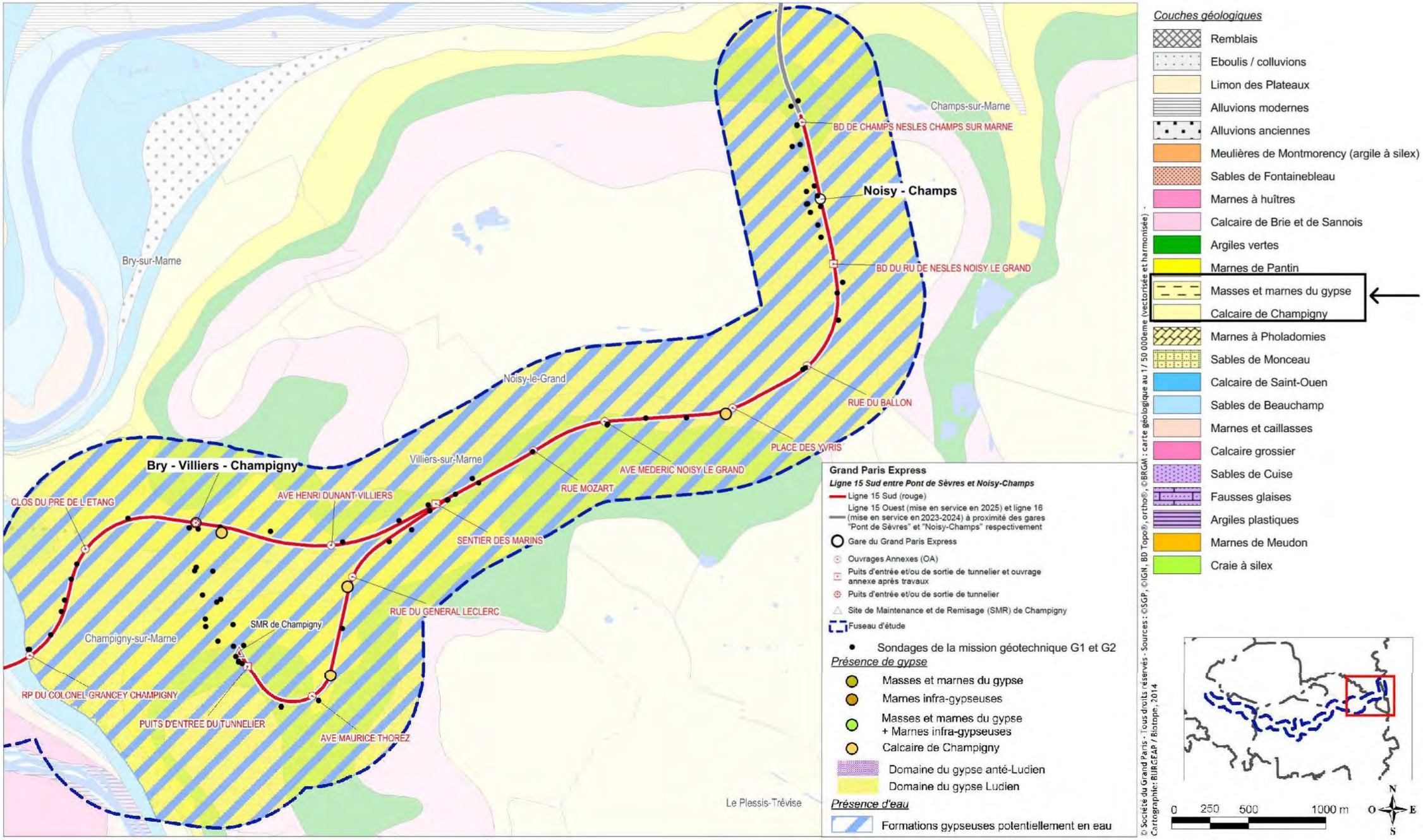
Localisation du Gypse les Calcaires de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 3/3)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Localisation du Gypse dans les formations du Ludien au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 1/2)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

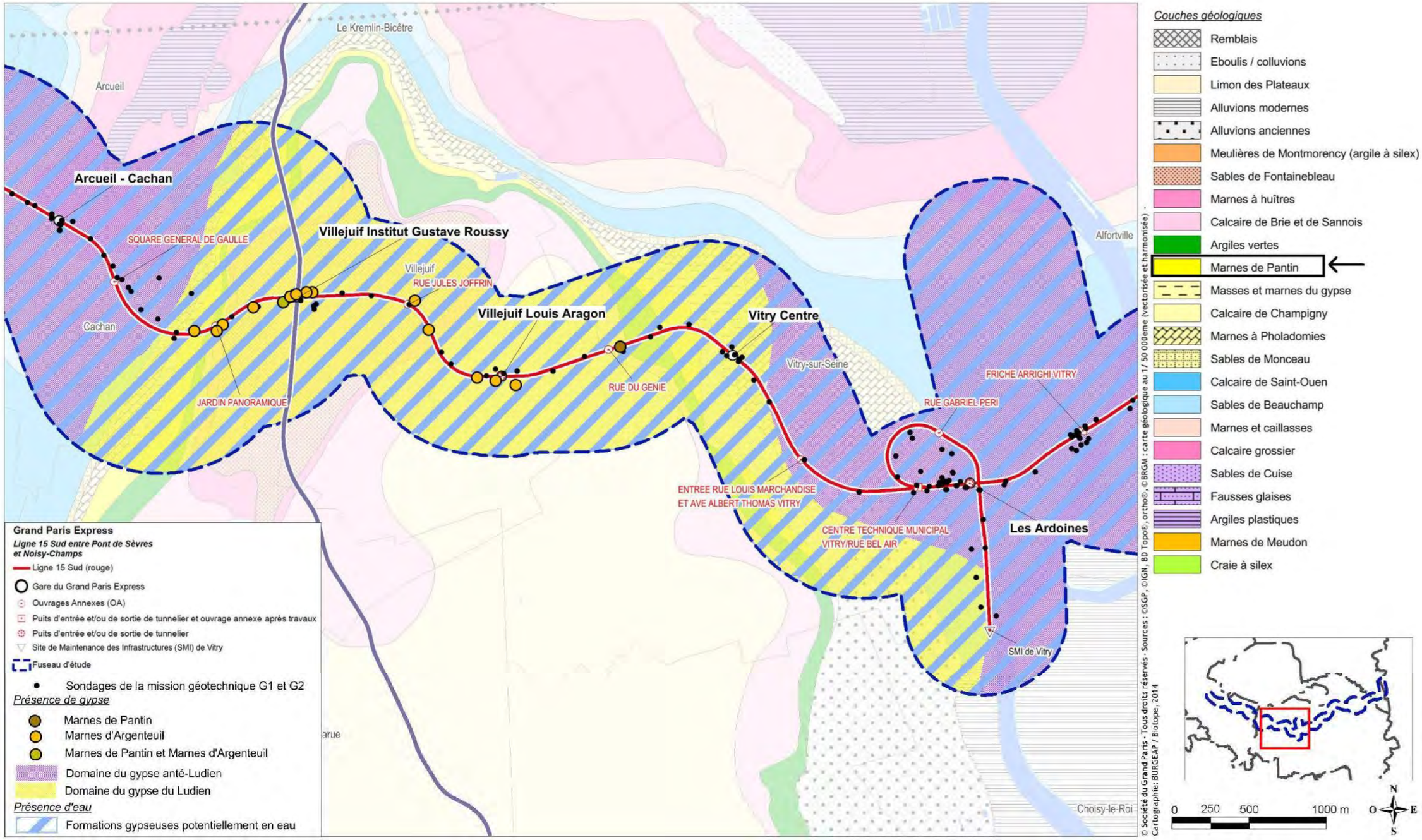


Localisation du Gypse dans les formations du Ludien au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 2/2)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

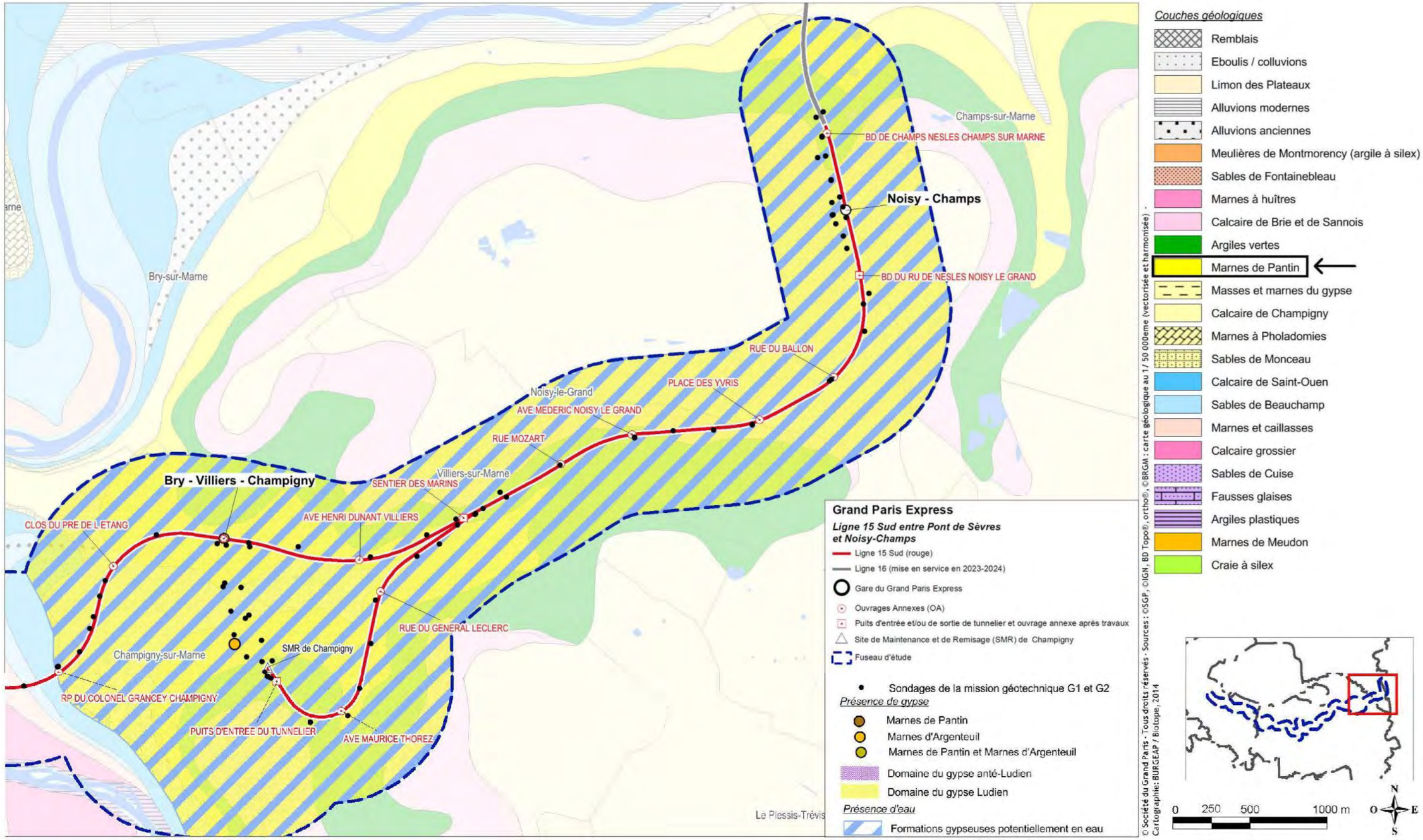


Localisation du Gypse dans les Marnes supra-gypseuses au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 1/2)

(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Localisation du Gypse dans les Marnes supra-gypseuses au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 2/2)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



2.5.3.5 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

L'aire d'étude ne se situe pas en zone administrative de dissolution du gypse (limitée au nord de Paris). Toutefois, à l'échelle de l'aire d'étude, la présence de gypse peut constituer un aléa non négligeable pour le projet de la Ligne 15 Sud prévu en souterrain :

Sont classées en aléa fort :

- les zones où le gypse est rencontré sur plusieurs mètres et baignant dans une nappe ;
- les zones ou le gypse baigne dans la nappe et dont la dissolution peut être accentuée par des pompages intensifs à proximité. Ce cas de figure n'est toutefois pas rencontré au droit de la Ligne 15 Sud.

Sont classées en aléa modéré :

- les zones où le gypse est rencontré sur une faible épaisseur mais dont la masse gypseuse baigne dans la nappe ;
- les zones où le gypse est rencontré sur une forte épaisseur mais qui ne baigne pas dans la nappe.

Sont classées en aléa faible :

- les zones où le gypse est rencontré sur une faible épaisseur et qui ne baigne pas dans la nappe ;
- Les zones ou le gypse est rencontré sur de faibles épaisseurs dans des formations réputées peu gypsifères (Calcaire de Champigny).

L'enjeu principal est constitué par l'importance et le type de bâti au droit de l'aire d'étude. Dans la totalité du secteur qui est urbanisé l'enjeu reste important.

L'analyse croisée de l'enjeu et des aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- sur le secteur de la boutonnière de Boulogne, les sondages géotechniques n'ont pas mis en évidence la présence de gypse. La sensibilité sur ce secteur peut être définie comme nulle.
- sur le secteur du plateau d'Issy à Cachan, quelques sondages géotechniques ont mis en évidence la présence de gypse dans les Marnes et Caillasses du Lutétien et les Marno-calcaires de Saint-Ouen. L'épaisseur de ces niveaux gypseux est le plus souvent décimétrique. La sensibilité de ce secteur est donc modérée.
- sur le secteur du plateau de Villejuif, les sondages géotechniques ont mis en évidence la présence de gypse dans les Marnes de Pantin, les Marnes d'Argenteuil ainsi que dans les Masses et Marnes du Gypse sur plusieurs mètres d'épaisseur. Ces formations sont potentiellement en eau, notamment en zone de bordure de plateau. La sensibilité au phénomène de dissolution de gypse est donc forte dans ces secteurs de bordure. La sensibilité au centre du plateau (sous recouvrement des Argiles Vertes) est modérée.
- sur le secteur de la plaine de Vitry, entre Vitry-sur-Seine et Créteil, les sondages géotechniques ont mis en évidence la présence de gypse dans les Sables de Beauchamp et les Calcaires de Saint-Ouen ainsi que dans les Marnes et Caillasses du Lutétien. Ces zones sont potentiellement en eau. Les bancs gypseux sont pour la plupart décimétriques. La sensibilité de ce secteur reste donc modérée.

  Entre Créteil et Champigny-sur-Marne, les sondages ont montré l'absence de niveaux gypseux dans les formations traversées. La sensibilité sur ce secteur est donc considérée comme nulle.
- sur le secteur du plateau de Champigny, 4 sondages ont rencontrés du gypse dans les Calcaires de Champigny. L'épaisseur de ces bancs gypseux est décimétrique. La sensibilité de ce secteur reste faible quant au phénomène de dissolution de gypse.

2.5.3.6 Réglementation associée à la présence de Gypse

Aucun zonage réglementaire lié au phénomène de dissolution de gypse n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Néanmoins, au vu de l'enjeu pour la construction du futur métro, des dispositions spécifiques sont à prévoir pour éviter tout désordre dans le sous-sol, notamment le phénomène de dissolution du gypse. Ces dispositions techniques et ces mesures sont présentées dans le rapport d'analyse des impacts de la présente étude d'impact. Ces mesures visent à limiter les débits pompés et éviter la réinjection dans les formations lithologiques présentant des horizons gypseux. De manière générale, il s'agit d'éviter toute modification sensible du fonctionnement des nappes souterraines.

Par ailleurs, les anciennes carrières de gypse font l'objet de prescriptions, au même titre que les anciennes carrières (cf. paragraphe 2.5.2.7).

2.5.3.7 Conclusion sur la présence de gypse

L'analyse faite sur le contexte géologique de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud révèle un enchainement de strates aux propriétés très hétérogènes, plus ou moins imprégnées de gypse pour certaines d'entre elles.

A l'échelle du fuseau de la Ligne 15 Sud, la présence de zones de gypse constitue un enjeu potentiellement fort pour le projet de la Ligne 15 Sud prévu en souterrain (cf. tableau de la page suivante).

Les missions de reconnaissances géotechniques G1 et G2 ont permis de déterminer la localisation et les propriétés des couches gypseuses.

Les méthodes constructives définies par la Société du Grand Paris prendront en compte ces aléas afin d'éviter tout désordre dans le sous-sol. Elles sont détaillées dans le rapport sur l'analyse des impacts du projet de la présente étude d'impact.

L'existence de documents de prévention est également prise en compte. Toutefois, aucun zonage réglementaire lié au phénomène de dissolution de gypse n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Identification de la sensibilité et réglementation associées à la présence de gypse

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu		Réglementation associée à la présence de gypse
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Pas d'enjeu : Absence de zones gypseuses		-
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Enjeu modéré : Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques		-
Secteur du plateau de Villejuif	Enjeu modéré : Présence de niveaux de gypse plurimétriques dans certaines couches lithologiques, potentiellement en eau		-
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Enjeu modéré : Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques potentiellement en eau entre Vitry-sur-Seine et Créteil	Pas d'enjeu : Absence de zones gypseuses entre Créteil et Champigny-sur-Marne	-
Secteur du plateau de Champigny	Enjeu faible : Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines dans les Calcaires de Champigny		-

2.5.4 Risques associés au phénomène de retrait-gonflement des argiles en surface

2.5.4.1 La problématique du retrait-gonflement des argiles en surface

Le phénomène de retrait-gonflement des argiles est directement lié aux conditions météorologiques et notamment aux précipitations. Il concerne exclusivement les sols à dominante argileuse. En effet, les sols argileux peuvent être soumis à des changements de volumes : ils gonflent avec l'humidité et se rétractent avec la sécheresse.

Ces variations sont donc essentiellement gouvernées par les conditions météorologiques, mais une modification de l'équilibre hydrique établi (imperméabilisation, drainage, concentration de rejet d'eau pluviale,...) ou une conception des fondations d'ouvrage inadaptée à ces terrains sensibles peut également jouer un rôle pathogène.

Les phénomènes de retrait gonflement de certains sols argileux et des formations géologiques argileuses affleurantes sont en mesure de provoquer des tassements différentiels. Ces tassements se manifestent par des désordres affectant essentiellement les bâtiments à fondations superficielles.

2.5.4.2 Données bibliographiques et localisation de l'aléa dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud

Les niveaux d'aléa du phénomène de retrait-gonflement des argiles sont disponibles sur la base de données argiles.fr, mise en place par le BRGM et le ministère en charge de l'écologie. La carte présentée ci-après précise ces niveaux d'aléa au niveau de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Ont ainsi été considérées comme présentant un aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement, huit formations argileuses et marneuses parmi les formations géologiques affleurant sur le territoire d'étude ; par ordre de surface d'affleurement décroissant :

- les limons des plateaux, en recouvrement de l'Argile à meulière de Brie ;
- l'Argile à meulière dérivant du Calcaire de Brie ;
- les Argiles Vertes du Sannoisien ;
- les Marnes supra-gypseuses ;
- les Masses et Marnes du gypse ;
- les Marnes à huîtres ;
- les Marnes infra-gypseuses ;
- l'Argile Plastique de l'Yprésien.

Il ressort que la majorité du tracé est situé en zone d'aléa faible ou moyen.

Les secteurs les plus sensibles sont les suivants :

- les bords du plateau de Villejuif (sur les communes de Cachan et Vitry-sur-Seine) présentant un aléa fort à moyen. Le centre du plateau est cartographié en aléa à priori nul ;
- le plateau de Champigny (sur les communes de Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne et Noisy-le-Grand), dont une grande partie correspond à une zone d'aléa fort ;
- les rebords du plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux, constituant une zone d'aléa fort.

Le reste du fuseau est cartographié en aléa faible ou à priori nul.

2.5.4.3 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

Compte tenu de la nature des ouvrages qui sont réalisés (ouvrages dont les fondations seront ancrées profondément), l'enjeu vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement des argiles apparaît comme faible au niveau de la totalité du secteur d'étude.

Les constructions les plus vulnérables à ce phénomène sont les maisons individuelles en raison de leur structure légère et souvent peu rigide, et de leurs fondations souvent superficielles.

Malgré l'aléa qui peut être fort sur certains secteurs de l'aire d'étude, la sensibilité est considérée comme faible sur la totalité du secteur d'étude au regard du type de construction qui sera réalisée.

2.5.4.4 Réglementation associée au phénomène de retrait-gonflement des argiles en surface

La présence de cet aléa a conduit à engager l'élaboration d'un Plan de Prévention de Risque (PPR) spécifique à celui-ci. Cette procédure actuellement en cours concerne les communes présentées dans le tableau suivant.

Département	Communes du fuseau	Prescription	Enquête	Approbation
PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels				
94	L'Haÿ-les-Roses	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Cachan	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Villejuif	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Alfortville	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Créteil	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Saint-Maur-des-Fossés	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Champigny-sur-Marne	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Villiers-sur-Marne	09/07/2001	11/02/2012	-
93	Noisy-le-Grand	23/07/2001	-	-
77	Champs-sur-Marne	11/07/2001	-	-

Communes impactées par les risques de retrait-gonflement des argiles
(Données issues du site internet prim.net, pour la prévention des risques majeurs)

Ce tableau indique qu'actuellement, un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn), associé au retrait-gonflement des argiles, est en cours d'élaboration sur le territoire concerné par le projet. Il s'agit du PPRn - Mouvement de terrain - Tassements différentiels, prescrit le 09/07/2001 sur une partie du département du Val-de-Marne.

Sur le département de Seine-Saint-Denis et plus particulièrement sur la commune de Noisy-le-Grand, ce document a été prescrit le 23/07/2001 et est actuellement en enquête publique.

De même, sur le département de Seine-et-Marne, ce document a été prescrit le 11/07/2001 sur la commune de Champs-sur-Marne. D'après les informations obtenues auprès des services compétents, ces documents ne sont toujours pas approuvés à ce jour.

Les communes concernées par un zonage réglementaire associé au risque de retrait-gonflement des argiles en surface sont : L'Haÿ-les-Roses, Cachan, Villejuif, Alfortville, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Noisy-le-Grand et Champs-sur-Marne.

D'après le dossier d'enquête publique du Plan de Prévention des Risques de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, un certain nombre de dispositions constructives préventives est à prendre en compte pour la réalisation de tout projet situé en zone à risque. Ces mesures sont présentées dans le rapport de phase G2.

Aucunes communes des Hauts-de-Seine ne fait l'objet d'un PPR Mouvement de terrain – Tassements différentiels. Toutefois, une carte à l'échelle 1/25 000 de l'aléa retrait gonflement des sols argileux pour ce département a été réalisée. Cette carte doit constituer le point de départ pour l'élaboration des Plans de Prévention des Risques naturels, en vue d'attirer l'attention des constructeurs et maitres d'ouvrages sur la nécessité de respecter certaines règles constructives préventives dans les zones soumises à l'aléa retrait-gonflement. Il n'est donc pas exclu qu'un PPR soit en cours d'élaboration dans ce département. De plus, le département des Hauts-de-Seine est l'un des plus sinistrés vis-à-vis de cet aléa. Les communes de Bagneux, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Meudon et Sèvres ont fait l'objet d'au moins un arrêté de reconnaissance de catastrophe naturelle lié à la sécheresse.

2.5.4.5 Conclusion sur le retrait-gonflement des argiles en surface

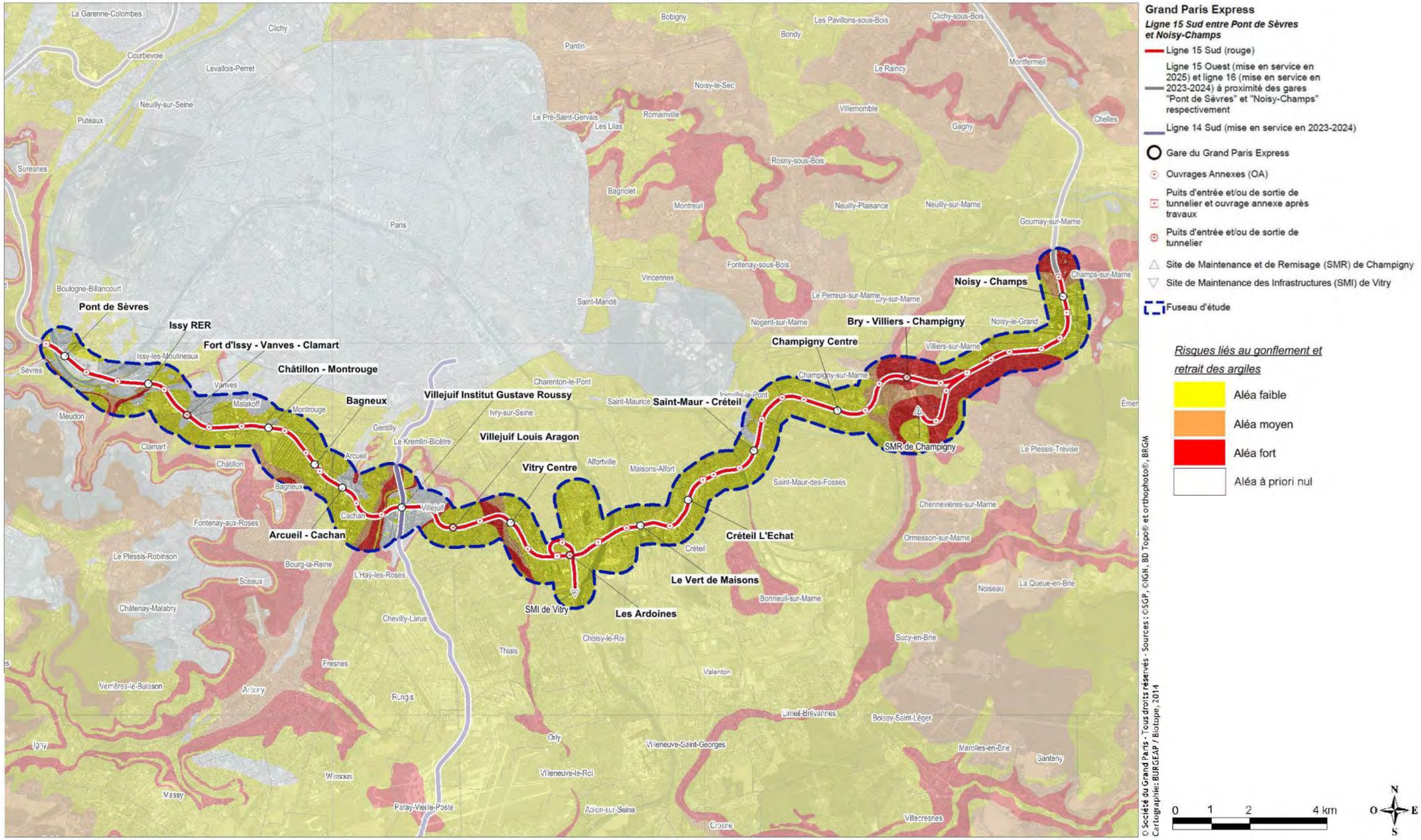
Le périmètre concerné par le projet est soumis à un aléa retrait-gonflement des argiles en surface, principalement d'un niveau faible et quelques secteurs de niveau fort.

Les caractéristiques des ouvrages prendront en compte cet aléa. Cependant, au vu de la nature du projet qui vise la construction d'une infrastructure lourde de transport, cet aléa ne représente pas un enjeu sensible (cf. tableau suivant).

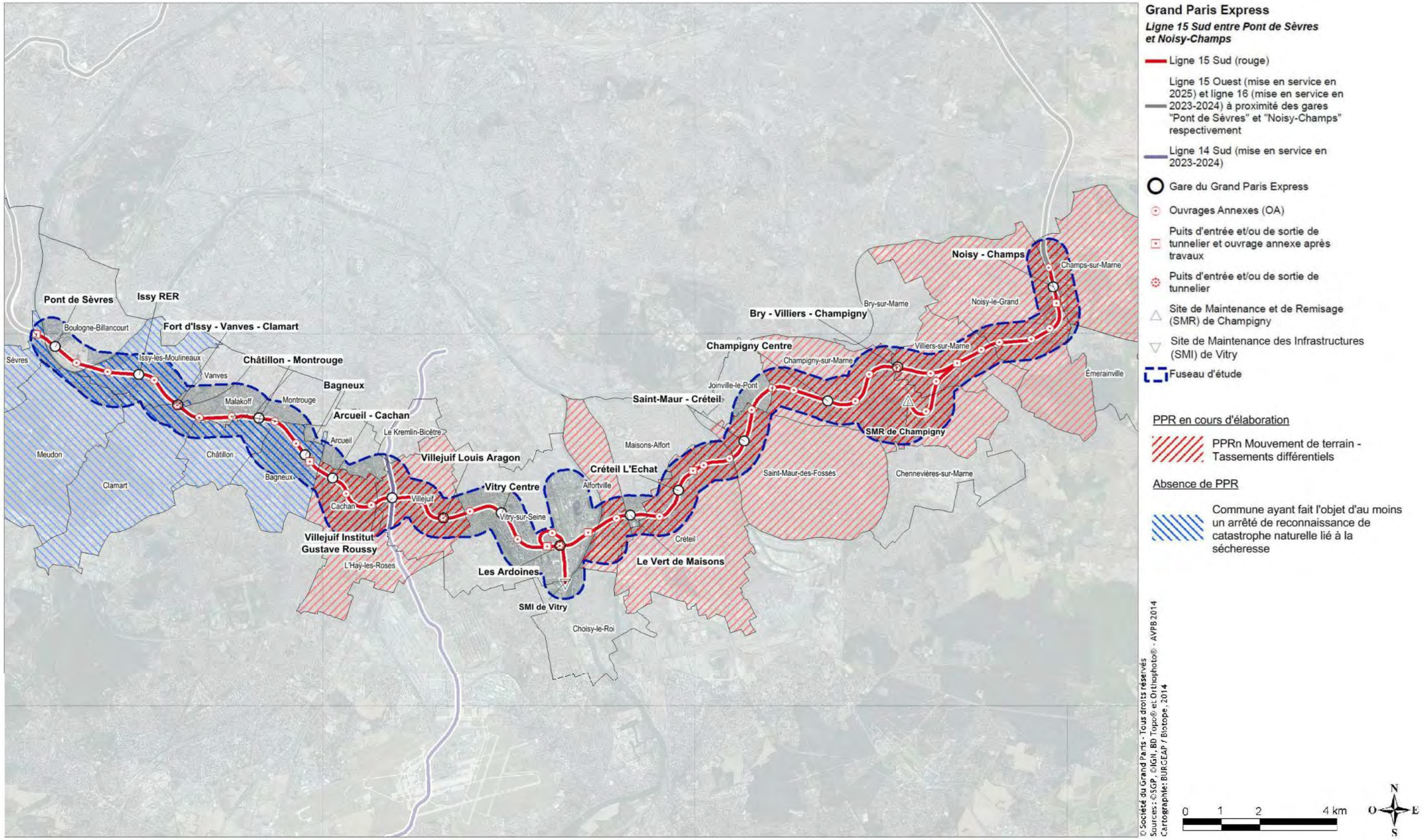
La présence de cet aléa a conduit à engager l'élaboration d'un Plan de Prévention de Risque (PPR) spécifique à celui-ci. Cette procédure actuellement en cours concerne les communes présentées dans le tableau suivant.

D'après le dossier d'enquête publique du Plan de Prévention des Risques de mouvements de terrain différentiels consécutifs à la sécheresse et à la réhydratation des sols, un certain nombre de dispositions constructives préventives est à prendre en compte pour la réalisation de tout projet situé en zone à risque. Ces mesures sont présentées dans le rapport de phase G2.

Aléas liés au risque de retrait-gonflement des argiles en surface
(Données issues du site internet du BRGM argiles.fr)



Etat d'avancement des PPR pour les risques associés au retrait-gonflement des argiles en surface
(Données issues du site prim.net)



Identification de la sensibilité et réglementation associés aux retrait-gonflement des argiles en surface

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Règlementation associée au retrait-gonflement des argiles en surface
		PPRn Mouvement de terrain
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Enjeu faible : Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul	-
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Enjeu faible : Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	L'Haÿ-les-Roses Cachan
Secteur du plateau de Villejuif	Enjeu faible : Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	Villejuif
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Enjeu faible : Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface	Alfortville Créteil Saint-Maur-des-Fossés Champigny-sur-Marne
Secteur du plateau de Champigny	Enjeu faible : Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.	Champigny-sur-Marne Villiers-sur-Marne Noisy-le-Grand Champs-sur-Marne

2.5.5 Risques associés à la présence d'argiles dans le sous-sol

2.5.5.1 La problématique liée à la présence d'argiles dans le sous-sol

Les formations lithologiques argileuses sont susceptibles de développer des désordres de plusieurs types sur les ouvrages :

- lors du creusement du tunnel, ces formations sont en mesure de bloquer le tunnelier à cause des fortes déformations et des tassements excessifs ;
- du fait de la décompression de ces matériaux, et de leur gonflement (notamment en cas de terrassement à ciel ouvert et donc d'exposition des argiles aux aléas météorologiques), les ouvrages peuvent subir des contraintes de pression (notamment lorsque le radier atteint ce niveau argileux).

Les principaux horizons lithologiques franchement argileux de la région Ile-de-France sont :

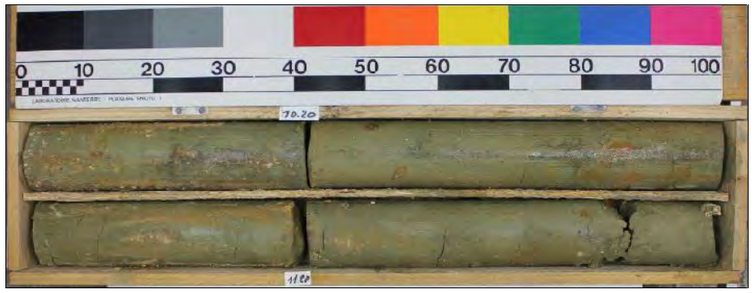
- les Argiles Vertes du Sannoisien ;
- les Argiles Plastiques de l'Yprésien.

2.5.5.2 Résultats issus des campagnes géotechniques

Les investigations géotechnique réalisées au droit de la Ligne 15 Sud ont mis en évidence la présence de plusieurs horizons argileux (les Argiles Vertes, les Argiles Plastiques, et en moindre mesure les Marnes d'Argenteuil et les Fausses Glaises).

Les Argiles Vertes du Sannoisien ont été rencontrées au sommet des plateaux, sur une épaisseur de 4 à 10 mètres, et notamment :

- au niveau du plateau de Villejuif ;
- au niveau du plateau de Champigny, à partir du Parc du Bois Saint-Denis à Villiers-sur-Marne, et jusqu'à l'extrémité est de l'aire d'étude.
-

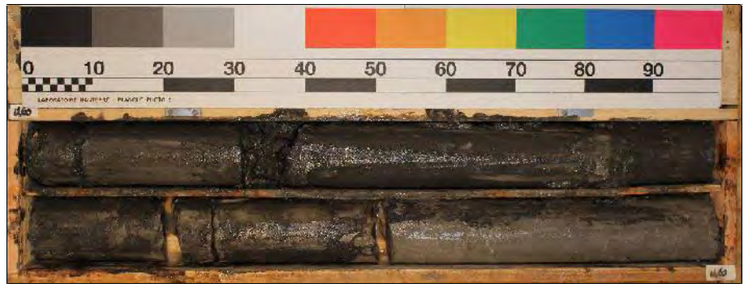


Photographie d'Argile verte sur un sondage carotté (VIL-FAI-SC0162) réalisé au niveau du plateau de Villejuif
(Donnée issue de la campagne de reconnaissance géotechnique – Fugro)

Du fait de la conception du projet (parois moulées des gares ancrées dans des horizons profonds, et passage pressenti du tunnel sous cette formation), les Argiles Vertes ne sont a priori jamais exposées à d'éventuels risques.

Hormis le secteur de la boutonnière de Boulogne, les Argiles Plastiques sont présentes sur la totalité de l'aire d'étude, à des profondeurs plus ou moins importantes. Ces formations argileuses sont rencontrées à de faibles profondeurs :

- du rebord du plateau d'Issy jusqu'à la vallée de la Bièvre, à Cachan. Le toit de ces formations se situe dans ce secteur entre 15 et 45 mètres. L'épaisseur ces Argiles Plastiques varie de 3 à 15 mètres dans ce secteur ;
- au niveau de la vallée de la Marne, entre le CH Henri Mondor à Créteil et le rebord occidental du plateau de Champigny. Les Argiles Plastiques sont directement affleurantes sous les alluvions de la Marne, sur environ 1 200 mètres, au niveau de la boucle de la Marne sur les communes de Créteil et Saint-Maur-des-Fossés. L'épaisseur de cette formation varie de 17 à 22 mètres au niveau de ce secteur.



Photographie d'Argile verte sur un sondage carotté (SMF-FAI-SC0122) réalisé au niveau de la commune de Saint-Maur-des-Fossés
(Donnée issue de la campagne de reconnaissance géotechnique – Fugro)

La figure de la page suivante présente les zones où le tunnel est susceptible de rencontrer la formation des Argiles Plastiques de l'Yprésien, c'est à dire où cette formation est rencontrée à une faible profondeur.

Au niveau des plateaux de Villejuif et de Champigny, cette formation est située à plus de 50 mètres de profondeur.

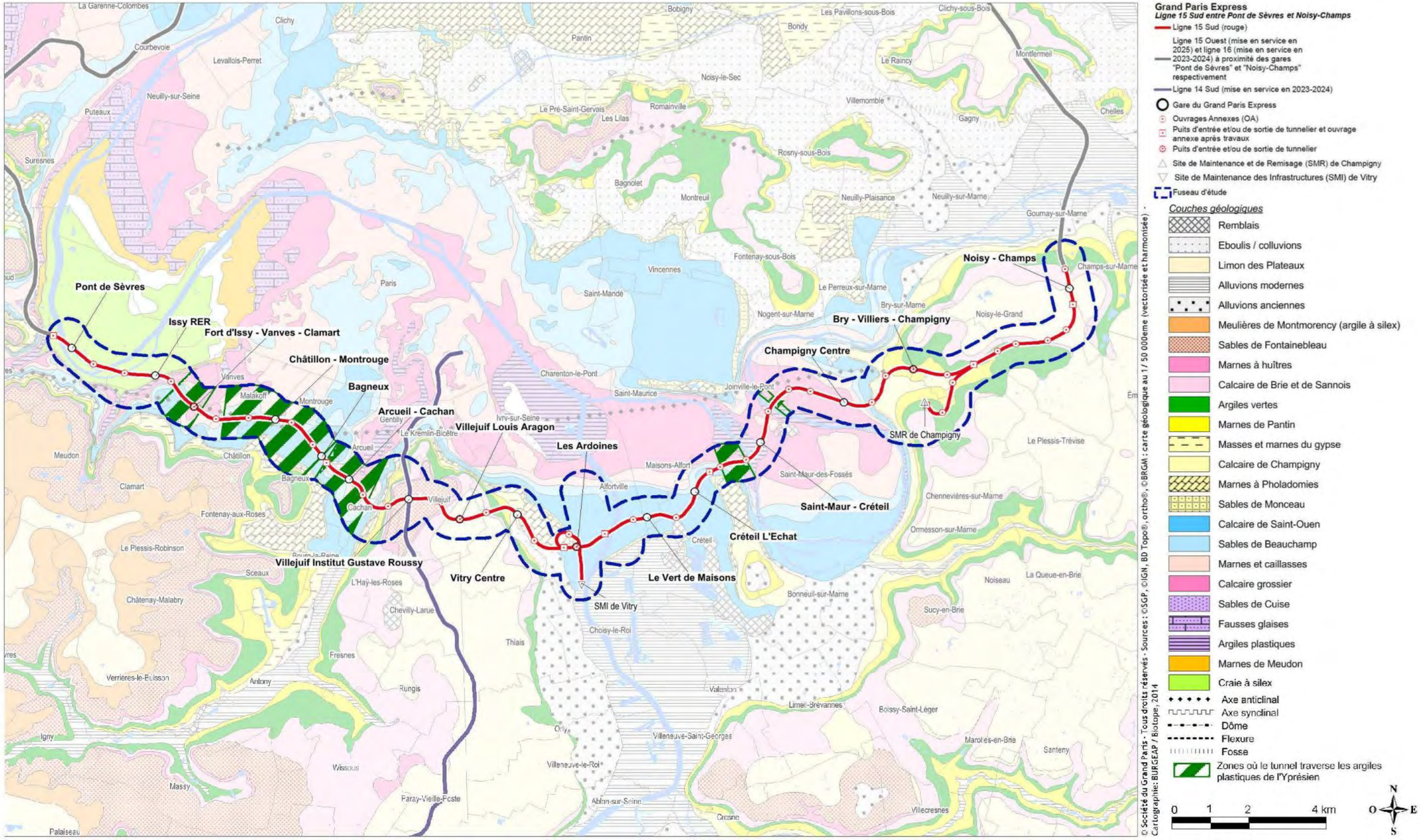
2.5.5.3 Croisement des données et identification des secteurs concernés

La zone pressentie au passage du tunnel de la Ligne 15 Sud s'inscrit systématiquement sous les Argiles Vertes. Seule la mise en place des ouvrages depuis la surface (de type gares ou ouvrages annexes) sont susceptibles de traverser ces formations (notamment les ouvrages qui seront situés sur les secteurs du plateau de Villejuif et du plateau de Champigny). Du fait des méthodes constructives qu'il est prévu de retenir (mise en place de parois moulées), les Argiles Vertes ne seront jamais exposées aux intempéries météorologiques. L'impact lié au retrait gonflement des Argiles Vertes est donc quasi nul. Les Argiles Vertes ne sont pas en mesure de causer de réels désordres.

La carte de la page suivante présente les secteurs où la zone pressentie au passage du tunnel recoupe la formation des Argiles Plastiques, soit :

- entre le fort d'Issy et la vallée de la Bièvre, sur les communes d'Issy-les-Moulineaux, Clamart, Malakoff, Châtillon, Montrouge, Bagneux et Cachan. ;
- de l'extrémité orientale de la boucle de la Marne, sur la commune de Joinville-le-Pont, jusqu'à la piscine Auguste-Delaune à Champigny-sur-Marne, sur un linéaire d'environ 2 000 m.

Localisation des secteurs où le tunnel est susceptible de rencontrer les Argiles Plastiques de l'Yprésien
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



2.5.5.4 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

L'enjeu principal est constitué par l'importance et le type de bâti.

L'aléa est uniquement constitué par l'épaisseur et la profondeur des Argiles Plastiques.

La réalisation du tunnel au tunnelier perturbe peu les conditions hydriques des Argiles Plastiques : le phénomène de retrait/gonflement de ces formations est donc quasi nul. Les secteurs où le tunnel est susceptible de rencontrer les Argiles Plastiques seront donc classés en aléa faible.

Concernant les gares potentiellement ancrées dans les Argiles Plastiques, les risques de retrait/gonflement de ces formations est plus conséquent, car elles sont potentiellement soumises aux aléas météorologiques. Les zones où les radiers des gares sont susceptibles d'être ancrés dans ces formations (Argiles Plastiques rencontrés à faible profondeur) sont classées en aléa modéré.

Sont classés en aléa nul, les secteurs au droit desquels les Argiles Plastiques se situent à une profondeur relativement importante.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- sur le secteur de la boutonnière de Boulogne, aucuns niveaux argileux importants n'ont été identifiés. La sensibilité sur ce secteur peut être définie comme nulle.
- au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan, les Argiles Plastiques sont présents à faible profondeur et sur plusieurs mètres. La sensibilité de ce secteur est considérée comme modérée.
- au droit du secteur du plateau de Villejuif, les Argiles Plastiques sont présents à une profondeur relativement importante. La sensibilité est considérée comme nulle au droit de celui-ci.
- au droit du secteur de la plaine de Vitry, la profondeur des Agriles Plastiques est très variable. Cette couche remonte en surface au niveau de la boucle de la Marne, et est épaisse de plusieurs mètres. La sensibilité sur ce secteur est donc modérée.
- au droit du secteur du plateau de Champigny, les Argiles Plastiques sont présents à une profondeur relativement importante. La sensibilité est considérée comme nulle au droit de celui-ci.

2.5.5.5 Réglementation associée à la présence d'argile en profondeur

Aucun zonage réglementaire lié à la présence de couches argileuses en profondeur n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Néanmoins, au vu de l'enjeu pour la construction du futur métro, des dispositions spécifiques sont à prévoir pour éviter tout désordre. Ces dispositions techniques et ces mesures sont présentées dans le rapport d'analyse des impacts de la présente étude d'impact.

2.5.5.6 Conclusion sur la présence d'argile en profondeur

L'analyse faite sur le contexte géologique de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud révèle la présence de plusieurs niveaux lithologiques argileux (Argiles vertes du Sannoisien et Argiles Plastiques de l'Yprésien).

A l'échelle du fuseau de la Ligne 15 Sud, la présence de ces couches argileuses constitue un enjeu potentiellement fort pour le projet de la Ligne 15 Sud prévu en souterrain (cf. tableau de la page suivante).

Les missions de reconnaissances géotechniques G1 et G2 ont permis d'identifier la profondeur de ces niveaux argileux.

Les méthodes constructives définies par la Société du Grand Paris prendront en compte ces aléas afin d'éviter tout désordre dans le sous-sol. Elles sont détaillées dans le rapport sur l'analyse des impacts du projet de la présente étude d'impact.

L'existence de documents de prévention est également prise en compte. Toutefois, aucun zonage réglementaire lié à la présence d'argile en profondeur n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Hiérarchisation de la sensibilité et réglementation associés à la présence d'argile en profondeur

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Réglementation associée à la présence d'argile en profondeur
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Pas d'enjeu : Absence de couches argileuses dans le sous-sol	-
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Enjeu modéré : Présence de couches argileuses dans le sous-sol à faible profondeur	-
Secteur du plateau de Villejuif	Pas d'enjeu : Présence de couches argileuses dans le sous-sol, mais situées à forte profondeur	-
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Enjeu modéré : Présence de couches argileuses dans le sous-sol à faible profondeur	-
Secteur du plateau de Champigny	Pas d'enjeu : Présence de couches argileuses dans le sous-sol, mais situées à forte profondeur	-

2.5.6 Risques associés aux autres aléas géologiques

Le fuseau n'est pas concerné par les risques géologiques autres que ceux énoncés dans les paragraphes précédents (glissements de terrain, chutes de blocs et éboulements, coulées de boues, érosion de berges).

Notons toutefois la présence potentielle de terrains indurés dans certains horizons lithologiques, notamment :

- dans les Calcaires de Brie et de Champigny sous forme de calcaire silicifié ;
- dans les Marnes et Caillasses et les Calcaires Grossiers du Lutétien sous forme de calcaire dur et abrasif ;
- dans les Sables de Beauchamp sous forme de bancs, ou lentilles grésifiées,
- dans la Craie sous forme de bancs de silex.

Ces terrains peuvent entraîner l'usure du tunnelier, et ralentir les cadences de forage.

Lors des campagnes géotechniques, des bancs gréseux ont été identifiés dans les Sables de Beauchamp :

- sur le plateau de Champigny, au niveau de la commune de Villiers-sur-Marne ;
- dans la plaine alluviale de la Seine et de la Marne, entre Créteil et Vitry-sur-Seine.

2.5.7 Synthèse des enjeux liés à la géologie et aux risques associés

L'analyse faite sur le contexte géologique de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud révèle un enchainement de strates aux propriétés très hétérogènes, plus ou moins imprégnées de gypse pour certaines d'entre elles.

A l'échelle du fuseau de la Ligne 15 Sud, la présence d'anciennes carrières et de zones de gypse constituent des enjeux potentiellement forts pour le projet de la Ligne 15 Sud prévu en souterrain.

Les missions de reconnaissances géotechniques G1 et G2 associées aux travaux de définition menés par les trois bureaux d'étude BURGEAP, TERRASOL et ARCADIS a permis de déterminer les propriétés des différentes couches géologiques vis-à-vis des travaux à entreprendre.

Les méthodes constructives définies par la Société du Grand Paris prendront en compte ces aléas afin d'éviter tout désordre dans le sous-sol. Elles sont détaillées dans le rapport sur l'analyse des impacts du projet de la présente étude d'impact.

L'existence de documents de prévention est également prise en compte. La carte de la page suivante présente l'état d'avancement des PPR pour les risques associés au sous-sol. Les différentes prescriptions et règles en vigueur seront respectées. Il s'agit notamment de la réalisation d'études spécifiques et approfondies sur ces aléas.

Par ailleurs, le périmètre concerné par le projet est également soumis à un aléa retrait-gonflement des argiles, principalement d'un niveau faible et quelques secteurs de niveau fort. Les caractéristiques des ouvrages prendront en compte cet aléa. Cependant, au vu de la nature du projet qui vise la construction d'une infrastructure lourde de transport, cet aléa ne représente pas un enjeu sensible.

Hiérarchisation des enjeux liés à la géologie et risques associés

Section	Niveau d'enjeu	
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Présence potentielle d'anciennes carrières	
	Absence de zones gypseuses	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul	
	Absence de couches argileuses dans le sous-sol	
Issy RER à Arcueil - Cachan	Présence d'anciennes carrières souterraines - Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblai épais	
	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à faible profondeur	
Arcueil–Cachan à Vitry Centre	Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblai parfois épais	
	Présence de niveaux de gypse plurimétriques dans certaines couches lithologiques, potentiellement en eau	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à forte profondeur	
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence d'anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblais parfois épais	
	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques potentiellement en eau entre Vitry-sur-Seine et Créteil	Absence de zones gypseuses entre Créteil et Champigny-sur-Marne
	Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à faible profondeur	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence potentielle d'anciennes carrières	
	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines dans les Calcaires de Champigny	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à forte profondeur	

2.6 Hydrogéologie

Le projet de métro souterrain, de par sa profondeur et du contexte géologique du bassin parisien, se situe majoritairement sous nappe.

La création des ouvrages et du tunnel de la Ligne 15 Sud est donc en mesure de générer différents phénomènes liés à l'hydrogéologie Dont les risques sont évalués dans ce chapitre. Avant de définir le niveau de risque (ou de sensibilité) les aléas et les enjeux propres à chaque risque ont été définis.

La sensibilité, ou risque, est définie comme la combinaison entre l'aléa et de ses conséquences sur les enjeux.

L'aléa naturel désigne un phénomène pouvant causer des perturbations ou des dommages. L'enjeu se compose des biens ou autres éléments présents dans les zones de risque et qui sont ainsi soumis à des pertes potentielles. C'est l'ensemble des éléments susceptibles d'être affectés par l'aléa quand celui-ci se manifeste.

2.6.1 Généralités

Le bassin parisien est un vaste bassin sédimentaire formé par une succession de formations géologiques. Certaines d'entre elles sont perméables et constituent des réservoirs aquifères qui présentent des relations hydrauliques complexes entre eux.

Certains de ces aquifères jouent un rôle important, puisqu'ils sont exploités an tant que ressource en eau souterraine (production d'eau potable, irrigation, industrie).

Des notions d'hydrogéologiques sont alors essentielles pour la bonne compréhension des éléments développées au sein de cette partie.

2.6.1.1 Notion d'aquifère

Les formations géologiques qui composent le sous-sol ont, lorsqu'elles sont assez perméables et poreuses, la capacité de permettre les écoulements verticaux et transversaux de l'eau et de l'emmagasiner. Elles constituent alors des aquifères dans lesquels le comportement des eaux souterraines est très variable en fonction des caractéristiques des terrains.

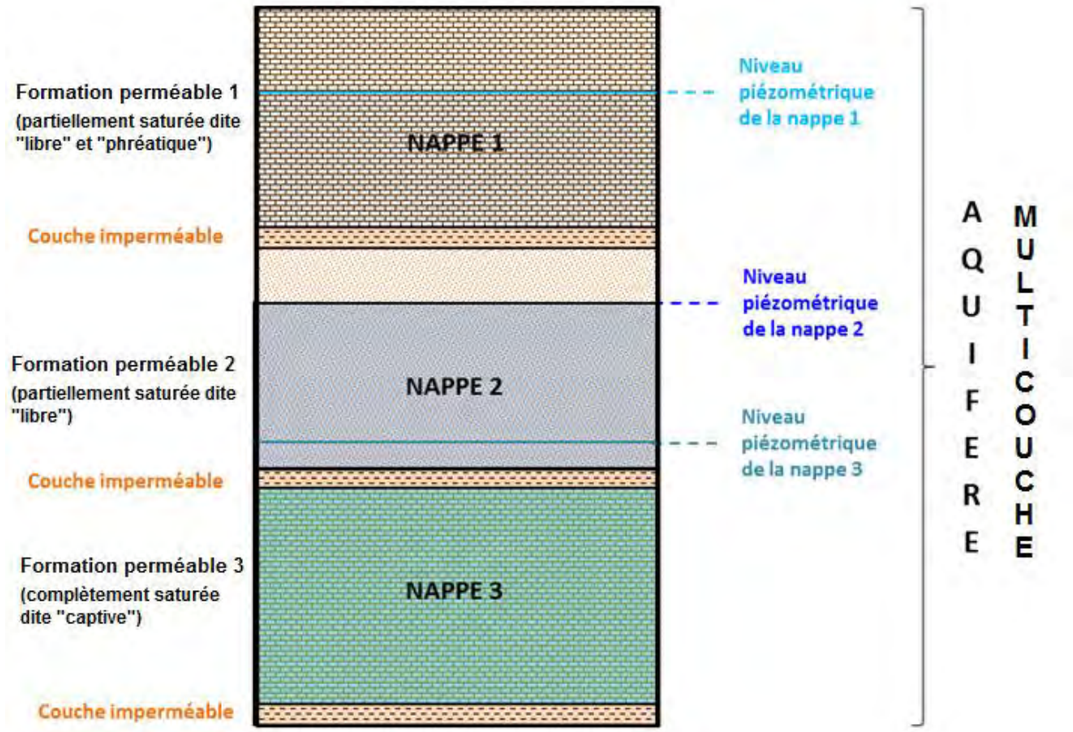


Schéma conceptuel d'un aquifère multicouche
(Figure réalisée par le bureau d'étude BURGEAP)

Un aquifère est défini comme étant un corps (couche, massif) de roches perméables comportant une zone saturée suffisamment conducteur d'eau pour permettre l'écoulement significatif d'une nappe souterraine (cf. paragraphe suivant) et le captage de quantité d'eau appréciables. Un aquifère est l'ensemble du milieu solide (contenant) et de l'eau contenue.

Un aquifère peut être monocouche ou multi-couches et alors être le siège de flux d'échange par drainance à travers des couches peu perméables.

Un aquifère est qualifié de « multicouches » lorsque plusieurs formations géologiques perméables superposées (éventuellement séparées par des niveaux imperméables) permettent l'écoulement de l'eau. Ces niveaux aquifères peuvent avoir des piézométries sensiblement différentes. En général, la notion d'aquifère multicouche est utilisée pour distinguer de grands ensembles aux propriétés hydrogéologiques proches à l'échelle régionale. La séparation entre aquifères multicouches est alors un niveau peu perméable très épais.

Un aquifère peut contenir une (ou plusieurs) zone non saturée.

2.6.1.2 Notion de nappe d'eau souterraine

Une nappe d'eau souterraine est définie comme étant l'ensemble des eaux comprises dans la zone saturée d'une couche géologique perméable, dont toutes les parties sont en liaison hydraulique.

L'eau souterraine mobile s'emmagasine et circule dans les vides de la formation géologique. En hydrogéologie, deux grands types de réservoirs sont distingués :

- Réservoir en milieu poreux (roches meubles ou non consolidées à porosité d'interstices) : les pores sont des vides de petite dimension entre les grains solide constituant le réservoir. Les joints ne sont jamais jointifs et les pores communiquent entre eux permettant le déplacement des particules d'eau ;
- Réservoir en milieu fracturé : dans les roches consolidées, les vides sont constitués par des joints de stratification, des fissures ou fractures interconnectées.

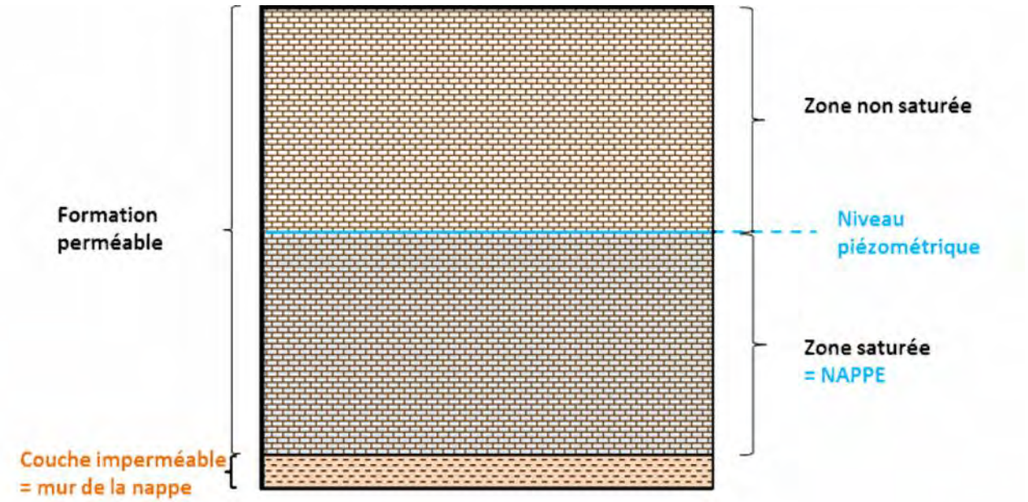


Schéma conceptuel d'une nappe libre
(Figure réalisée par le bureau d'étude BURGEAP)

Une nappe « libre » est une nappe dont la limite supérieure dans la formation poreuse est à surface libre, sans contraintes physiques.

Une nappe est qualifiée de « phréatique », lorsqu'il s'agit de la première nappe libre rencontrée. La pression exercée sur le toit de cette nappe est égale à la pression atmosphérique.

Une nappe d'eau « captive » est une nappe d'eau souterraine emprisonnée dans une formation géologique perméable, entre deux formations imperméables. L'eau contenue dans une nappe captive est donc soumise à une pression supérieure à la pression atmosphérique. La surface fictive de cette nappe correspondant au niveau piézométrique est située au-dessus de la limite supérieure de l'aquifère.

Une nappe « semi-captive » appartient à un aquifère dont le toit ou/et le substratum est constitué par une formation semi-perméable. Les échanges d'eau avec cette formation semi-perméable superposée ou sous-jacente, réalisés dans certaines conditions hydrodynamiques favorables (différence de charge) sont appelés « drainance ».

Pour évaluer l'état quantitatif d'une nappe, il convient de mesurer son niveau piézométrique. Ce niveau correspond à la pression de la nappe et peut être mesuré à l'aide d'une sonde (descendue dans un puits ou un piézomètre).

La mesure de niveaux piézométriques, en plusieurs points, sur une zone géographique donnée, permet d'établir une carte piézométrique de la zone étudiée. Cette carte piézométrique permet de connaître le sens et le gradient d'écoulement d'une nappe.

2.6.1.3 Dispositif de mesure et de suivi du niveau de nappe

Un piézomètre est un dispositif permettant de mesurer le niveau d'une nappe d'eau souterraine en un point donné.

Il s'agit d'un trou de forage dans lequel est installé un tubage constitué d'une partie percée permettant de laisser passer l'eau (tube crépiné) reliée en surface par un tube plein.

Le tubage doit être crépiné au droit de la hauteur saturée de l'aquifère étudié.

Une fois le tubage mis en place, un filtre en gravillon (massif filtrant) est placé dans l'espace annulaire tout autour de la partie crépinée et sur une hauteur supérieure à la hauteur crépinée.

Un bouchon étanche est placé au-dessus du massif filtrant.

Enfin, l'espace annulaire entre le sommet du bouchon et la surface sera comblé par un coulis de ciment ou par un remblai.

La figure ci-dessous représente de manière schématique la coupe technique d'un piézomètre réalisé dans les règles de l'art.

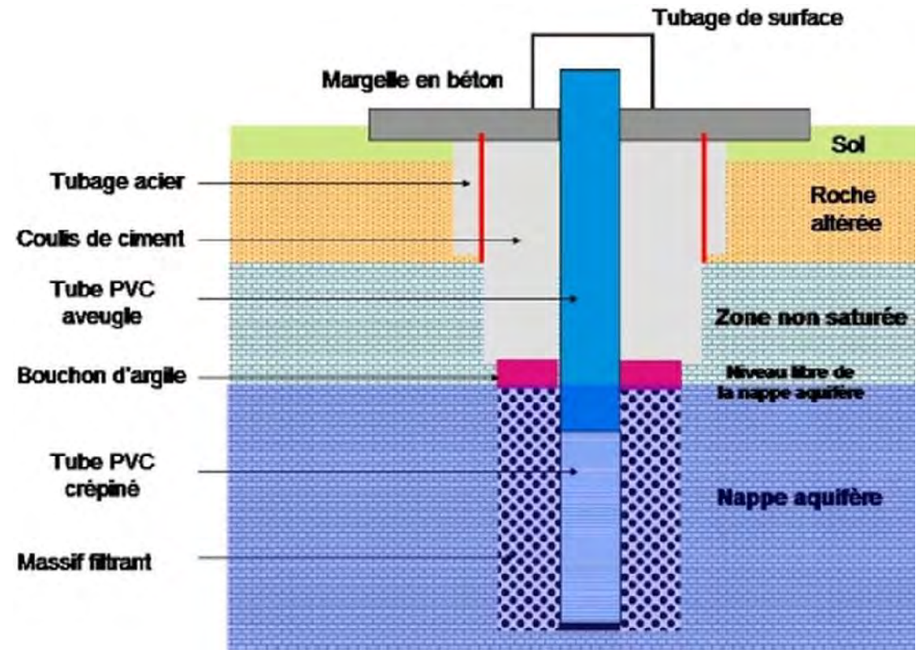
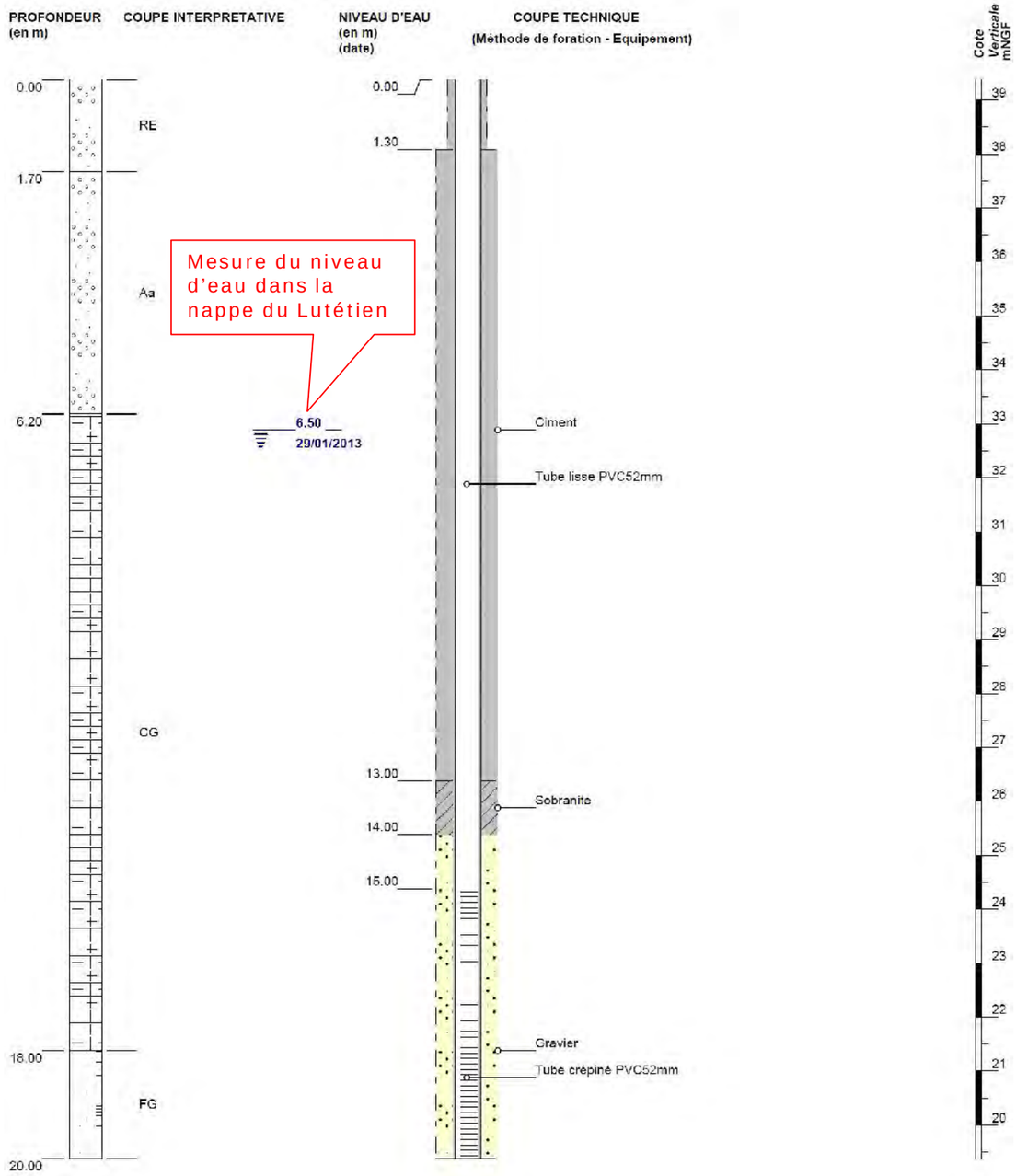


Schéma conceptuel d'un piézomètre
(Figure issue de http://environnement.wallonie.be/, réalisée par V. Hallet)

Dans le cadre des campagnes de reconnaissance géotechniques, de nombreux piézomètres ont été mis en place dans le secteur d'étude afin de caractériser les nappes souterraines susceptibles d'être rencontrées.

La fiche ci-dessous présente un exemple de fiche technique représentant la coupe d'un piézomètre mis en place par Fugro, lors des campagnes de reconnaissance géotechnique :



Coupe schématique d'un piézomètre mis en place au niveau de la commune de Champigny-sur-Marne
(Figure réalisée par le bureau d'étude FUGRO)

La nappe captée par ce piézomètre est celle contenue dans le Calcaire Grossier et les Fausses Glaises puisque les crépines sont situées au droit de ces formations.

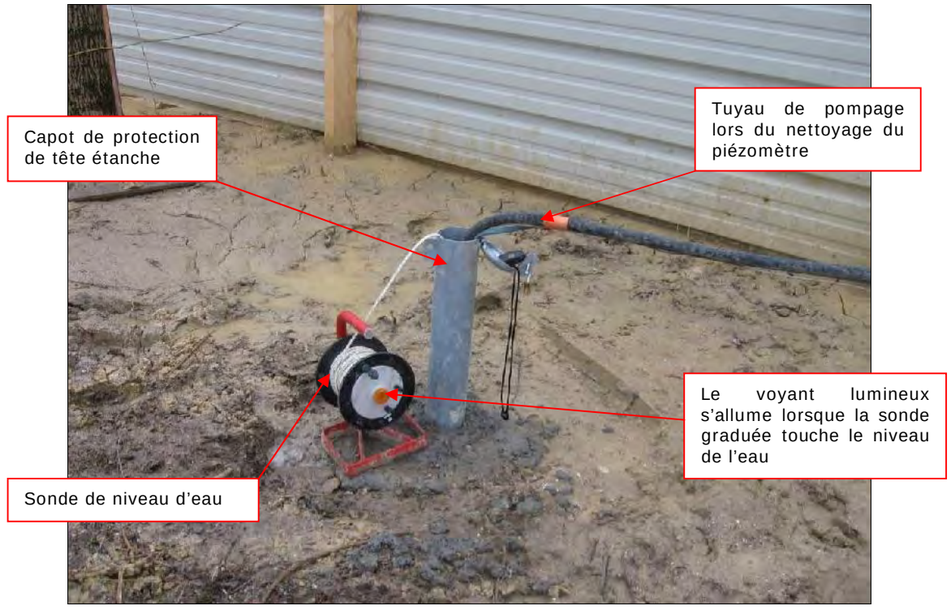
Le niveau d'eau a été mesuré manuellement à 6,5 mètres de profondeur le 29/01/2013.

Ces mesures peuvent être faites de manière manuelle ou à l'aide de capteurs automatiques. La mise en place de ces capteurs permet de réaliser un suivi des niveaux d'eau à pas de temps régulier sur plusieurs mois/années.

Dans le cadre du projet, des suivis sont en cours de réalisation ; les données enregistrées par les capteurs sont relevées régulièrement et interprétées.



Mise en place d'un piézomètre
(Photographies réalisées par BURGEAP)



Mesure du niveau d'eau
(Photographies réalisées par BURGEAP)

2.6.2 Méthodologie retenue par la Société du Grand Paris

Un projet de transport en souterrain est par essence en forte interaction avec le sous-sol ; de ce fait, afin de réaliser des études de qualité, la connaissance détaillée du sous-sol au sens large est nécessaire.

Les études géotechniques sont régies par la norme NF P 94-500 relative aux missions géotechniques. Cette dernière détermine selon la phase d'étude les niveaux d'investigations et les objectifs pour tenir compte des aléas géologiques et hydrogéologiques. Ces missions sont mises en regard des phases d'études de conception définies par la loi relative à la Maîtrise d'Ouvrage Publique (« loi MOP »). Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques de chacune des phases :

Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique
(Données issues de la norme NF P 94-500)

Phases d'études Loi MOP	Phases d'études géotechniques (NF P 94-500)[28]	Nature de la donnée	Dossier à remettre
Etudes de faisabilité	Mission G1 ES et G1 PGC – Etudes géotechniques préalables (précédemment : mission « G11 »)	Bibliographique	Premier modèle géologique et hydrogéologique
Etudes préliminaires		Reconnaissances sur site	Première identification des risques
Production du dossier d'enquête publique			
Phase d'avant-projet	Mission G2 AVP – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G12 »)	Reconnaissances sur site	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences
Phase projet	Mission G2 PRO et G2 DCE/ACT – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G2 » complète)	Reconnaissances sur site	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduite les conséquences

Chaque nouvelle étape est l'objet de sondages et piézomètres complémentaires : au fur et à mesure de l'avancement des études, le maillage entre les points de mesures s'affine, et le modèle géologique et hydrogéologique s'enrichit et se précise.

Dans le but d'organiser un double regard sur l'analyse du sous-sol réalisée par le maître d'œuvre, la Société du Grand Paris s'est également adjoint les conseils d'un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage spécialisé en géotechnique, afin d'avoir un regard partagé sur l'interprétation des données et concevoir un projet adapté au contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique.

Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires contribuent à :

- établir le modèle géologique du projet. Les investigations permettent tout au long du tracé de la Ligne 15 Sud, de fournir une coupe géologique au droit de chaque sondage et des valeurs de niveau de nappe dans les sondages équipés en piézomètre ; le travail de l'ingénieur géologue/géotechnicien a consisté à établir une coupe linéaire avec niveaux piézométrique par corrélation entre ces points de sondages tout au long du tracé ;
- établir un modèle hydrogéologique. Les investigations doivent permettre de caractériser le ou les aquifères en présence, tant d'un point de vue piézométrique (niveau de la ou des nappes d'eau souterraines) que d'un point de vue perméabilité (paramètre permettant notamment d'estimer les venues d'eau) ;
- caractériser les couches rencontrées tant d'un point de vue mécanique (paramètres permettant de dimensionner les ouvrages de génie civil) qu'environnemental (paramètres permettant de déterminer la destination d'évacuation des déblais).

Chaque nouvelle phase d'étude fait l'objet de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et donc permettre de fiabiliser les hypothèses prises à la phase précédente. L'implantation des nouveaux sondages résulte des éléments découverts dans la phase précédente. Les recherches peuvent s'axer sur des points très spécifiques, comme par exemple : la présence de terrains décomprimés dans un sondage entrainera la réalisation de sondages autour de ce point afin de déterminer l'extension de cette zone.

Le but final est de localiser et caractériser des zones dites « homogènes » afin d'adapter les méthodes constructives à chacune d'entre elles. Des zones singulières peuvent également être identifiées, et feront l'objet de reconnaissances spécifiques au regard de la singularité rencontrée, permettant ainsi de mettre en place les méthodes constructives et les confortements adaptés.

2.6.3 Déroulement du projet et données utilisées pour la description du milieu

La description de l'hydrogéologie au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud a été réalisée à partir :

- de données bibliographiques :
  - o des cartes hydrogéologiques de l'Atlas des Nappes Aquifères de la Région Parisienne du BRGM (Service Géologique Régional Bassin de Paris, 1970) ;
  - o de la carte hydrogéologique de la feuille de PARIS du BRGM (Ph. Diffre, 1970) ;
  - o de la synthèse hydrogéologique de la région parisienne du BRGM (Feuille N°183, rapport BRGM DSGR.66.A66/1966) ;
  - o de l'ouvrage « Hydrogéologie du centre du bassin de Paris » de Claude Mégnien (1979) ;
  - o du SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands ;
  - o de la Banque de données du Sous-sol (BSS) disponibles sur le site internet INFOTERRE (BRGM) ;
  - o le Guide d'aide à la décision pour l'installation de pompes à chaleur sur nappe aquifère en région Île-de-France (Rapport BRGM/RP-53306-FR) ;
  - o de la thèse « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » de Aurélie Lamé (2014) ;
  - o des archives du bureau d'étude ANTEA ;
  - o des archives du bureau d'étude BURGEAP.

Ces données ont permis de dresser des cartes piézométriques des différents aquifères concernés, permettant d'avoir une vision globale sur les gradients et le sens d'écoulement des différentes nappes. Des données plus précises au droit de l'aire d'étude la Ligne 15 Sud étant nécessaires pour l'analyse des impacts, ces cartes piézométriques ont été ajustées par l'intégration de données récentes :

[28] NF P 94-500 révisée en novembre 2013

- des données fournies par le Conseil départemental du Val-de-Marne, au niveau de la plaine de Créteil, sur 10 piézomètres captant la nappe des alluvions ;
- des données acquises in situ, au cours de la campagne géotechnique G1 réalisée en 2012 et 2013 au droit du tracé, pour le compte de la Société du Grand Paris ;

  En effet, dans le cadre des études préliminaires, une campagne de travaux de reconnaissance a été entreprise par le groupement d'entreprises ERG-FONDOUEST, et les entreprises FUGRO et TECHNOSOL au droit de la Ligne 15 Sud. 128 sondages ont ainsi été équipés en piézomètres dans lesquels les niveaux d'eau sont relevés régulièrement.

  Ces piézomètres font l'objet d'un suivi mensuel, non synchrone, depuis avril - octobre 2012. Dans le cadre de ce suivi, une mesure du niveau d'eau manuelle est réalisée une fois par mois.

  La synthèse des résultats de cette campagne d'investigations a permis d'affiner la connaissance du contexte géologique et hydrogéologique au droit du passage pressenti du tunnel. Ces données permettent d'avoir une vision précise du niveau des nappes au passage du tunnel et des gares.

  Le tableau suivant détaille l'aquifère capté des 128 piézomètres, mis en place lors de la mission G1.

Piézomètres mis en place lors de la campagne géotechnique G1
(Données issues de la campagne géotechnique G1 - Société du Grand Paris)

Aquifère capté	Nombre de piézomètres
Sables de Fontainebleau	1
Calcaire de Brie	3
Marnes de Pantin	12
Masses et Marnes du Gypse	4
Calcaire de Champigny	12
Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp	25
Formations du Lutétien	37
Formations de l'Yprésien	13
Marno-calcaire de Meudon et Craie	21
TOTAL	128

- des données acquises in situ, au cours de la campagne géotechnique G2 au droit du passage pressenti du tunnel, pour le compte de la Société du Grand Paris.

  Cette campagne est en cours de réalisation, une partie des informations disponibles est traitée à ce stade.

  Ces piézomètres font également l'objet d'un suivi mensuel depuis mai 2013.

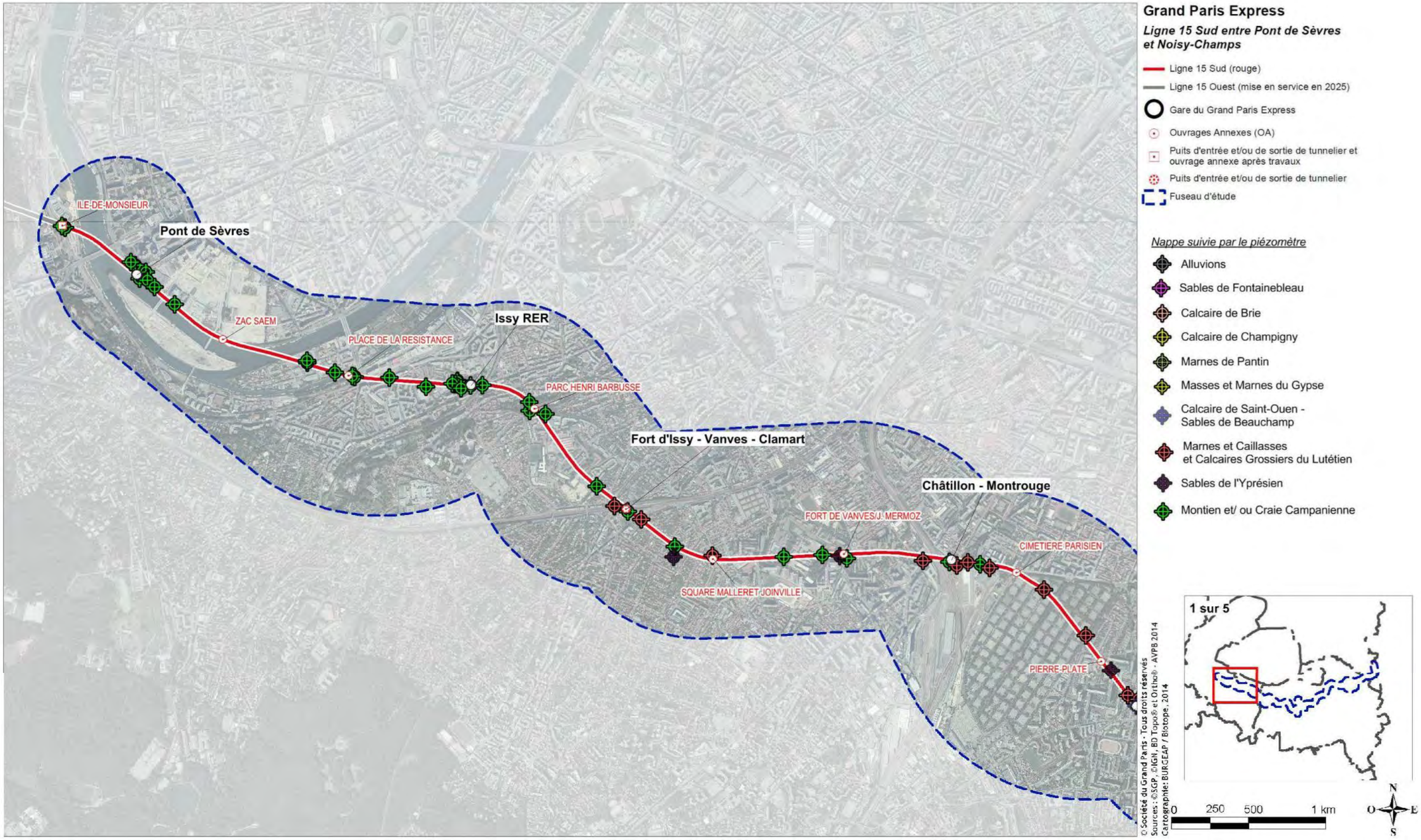
  Le traitement des données disponibles à l'heure actuelle (mission non finalisée) a permis de recenser 88 piézomètres complémentaires dans lequel des niveaux d'eau sont relevés régulièrement.

  Le tableau suivant détaille le nombre de piézomètres, mis en place lors de la mission G2, captant les différentes nappes rencontrées au droit de l'aire d'étude.

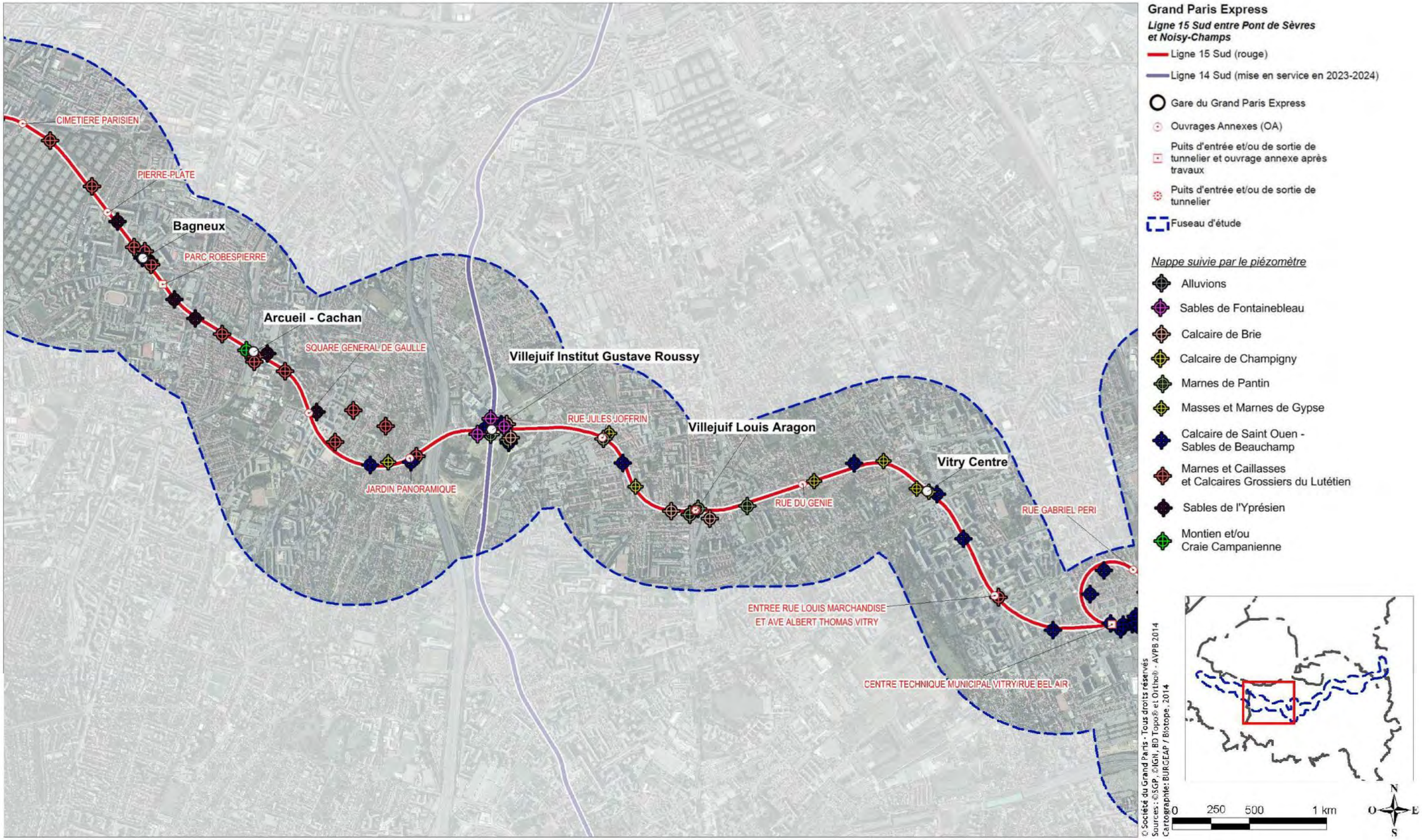
Piézomètres mis en place lors de la campagne géotechnique G2
(Données issues de la campagne géotechnique G2 - Société du Grand Paris)

Aquifère capté	Nombre de piézomètres
Sables de Fontainebleau	1
Calcaire de Brie	3
Marnes de Pantin	6
Masses et Marnes du Gypse	2
Calcaire de Champigny	7
Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp	11
Formations du Lutétien	24
Formations de l'Yprésien	9
Marno-calcaire de Meudon et Craie	25
TOTAL	88

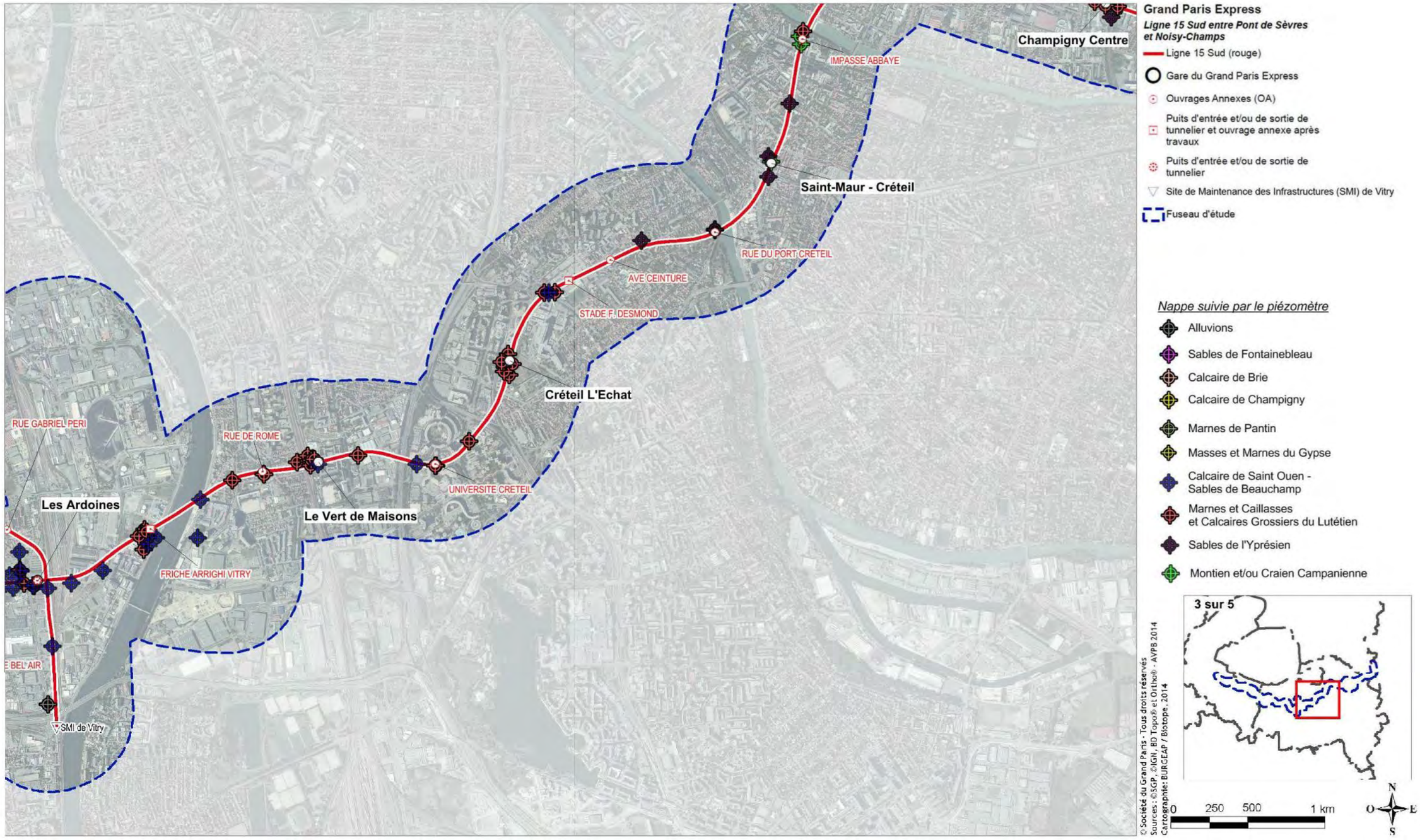
Localisation des piézomètres mis en place par la Société du Grand Paris (planche 1 / 5)
(Données issus de la Société du Grand Paris)



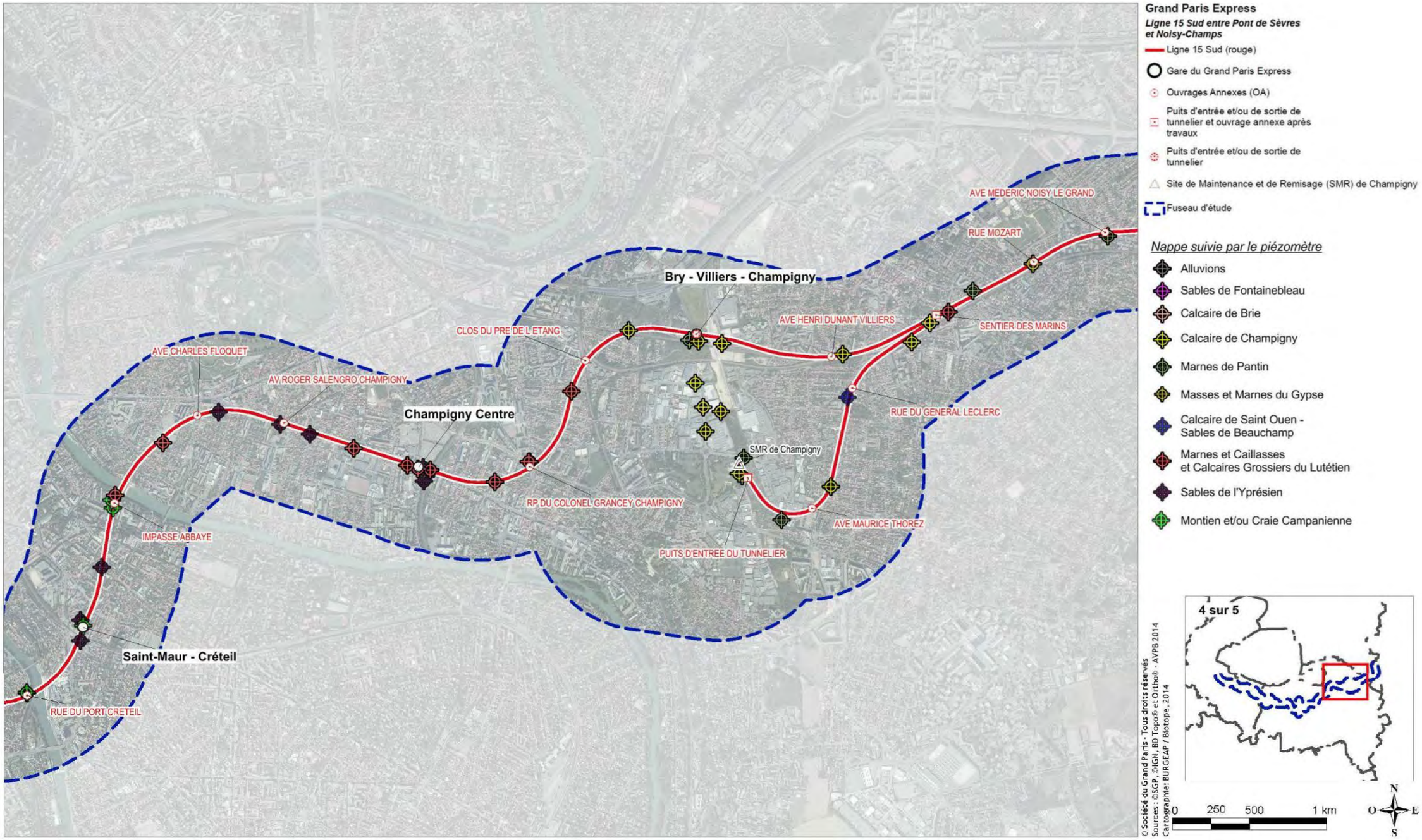
Localisation des piézomètres mis en place par la Société du Grand Paris (planche 2 / 5)
(Données issus de la Société du Grand Paris)



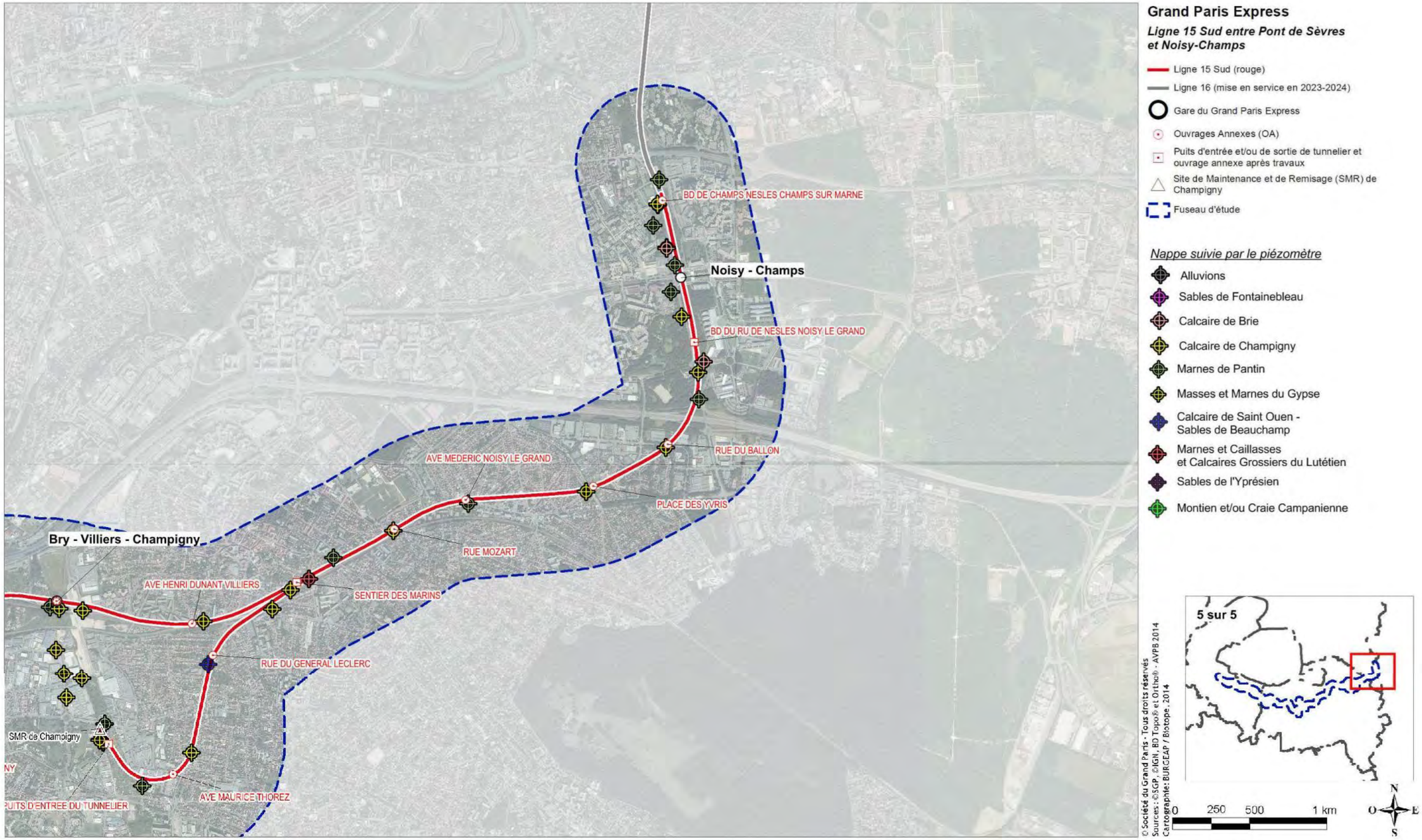
Localisation des piézomètres mis en place par la Société du Grand Paris (planche 3/5)
(Données issus de la Société du Grand Paris)



Localisation des piézomètres mis en place par la Société du Grand Paris (planche 4 / 5)
(Données issus de la Société du Grand Paris)



Localisation des piézomètres mis en place par la Société du Grand Paris (planche 5 / 5)
(Données issus de la Société du Grand Paris)



2.6.4 Aquifères rencontrés dans l'aire d'étude

2.6.4.1 Contexte réglementaire des masses d'eau au sens de la Directive Cadre sur l'Eau

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), les eaux souterraines ont été classées en « masses d'eau souterraines ».

Une masse d'eau représente un ensemble d'aquifères, correspondant à un type géologique. Pour chacune de ces masses d'eau, la DCE fixe un objectif de bon état à l'horizon 2015, tant sur le plan chimique que quantitatif, avec possibilité de prolongations des délais d'atteinte de cet objectif.

Dans le cadre de la première étape de la mise en œuvre de la DCE, un état des lieux a été réalisé. Il a permis d'identifier et de cartographier les différentes masses d'eau souterraines.

La carte de la page suivante présente les principaux aquifères superficiels exploités dans la région. Elle présente les trois domaines concernés par le futur projet, à savoir :

- le domaine de l'Eocène du Valois au Nord : ce domaine correspond à la masse d'eau souterraine n°3104 du SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands. La masse d'eau est en bon état quantitatif et qualitatif, moyennement vulnérable. La Ligne 15 Sud traverse ce domaine au niveau de la boucle de la Marne à Saint-Maur-des-Fossés et au niveau de la boutonnière de Boulogne ;
- le domaine du Tertiaire du Brie-Champigny et du Soissonnais : ce domaine correspond à la masse d'eau souterraine n°3102 du SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands. La masse d'eau est en mauvais état quantitatif et qualitatif, très vulnérable et peu protégée. La nappe des Sables de Fontainebleau est surexploitée et de plus très exposée aux pollutions provenant de la surface, en particulier de l'agriculture intensive de la région. La Ligne 15 Sud traverse ce domaine hydrogéologique dans la partie est de l'aire d'étude, entre Créteil et Noisy-le-Grand ;
- le domaine du Tertiaire du Mantois à l'Hurepoix : ce domaine correspond à la masse d'eau souterraine n°3103 du SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands. La masse d'eau est en mauvais état quantitatif et qualitatif, très vulnérable et peu protégée. Cette nappe est surexploitée et est très exposée aux pollutions provenant de la surface, en particulier de l'agriculture intensive de la région. La Ligne 15 Sud traverse ce domaine hydrogéologique dans la partie ouest de l'aire d'étude, entre Boulogne-Billancourt et Vitry-sur-Seine.

A l'exception de l'Eocène du Valois en bon état (très peu représentée le long de l'aire d'étude), les masses d'eau concernées sont dans un mauvais état au sens réglementaire, et fortement exploitées à surexploitées.

2.6.4.2 Recensement des aquifères rencontrés dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud

Sur la base des travaux menés et des études préalablement entreprises, les grandes entités hydrogéologiques identifiées en Ile-de-France, au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, sont présentées ci-dessous :

- Les nappes alluviales ;
- Les nappes des Sables de Fontainebleau et des Calcaire de Brie constituant l'aquifère de l'Oligocène ;
- Les nappes de l'aquifère multicouche de l'Eocène supérieur, à savoir, les nappes des Marnes de Pantin, des Masses et Marnes du Gypse ou du Calcaire de Champigny, et nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp ;
- Les nappes de l'aquifère de l'Eocène inférieur et moyen ; celles des Marnes et Caillasses et des Calcaires Grossiers du Lutétien ainsi que celle des Sables de l'Yprésien ;
- La nappe de la Craie, représentée par l'aquifère des Marnes de Meudon et de la Craie.

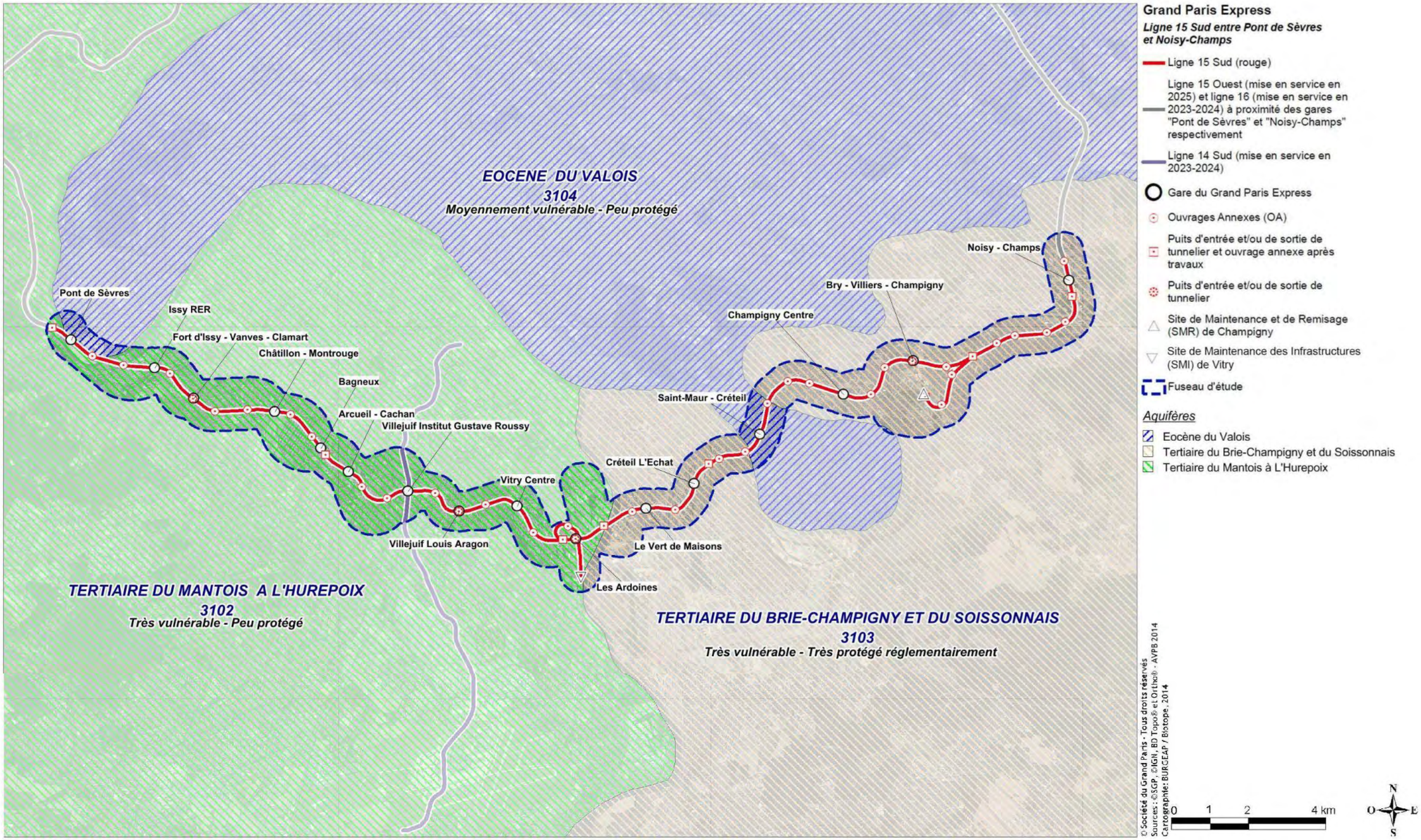
Pour chacun de ces aquifères, des cartes piézométriques ont été réalisées. La carte piézométrique indique la cote atteinte par l'eau souterraine (altitude) dès lors que l'on pénètre dans la formation considérée.

Les cartes piézométriques présentées dans les paragraphes suivants sont issues de l'interprétation de BURGEAP, réalisée sur la base de l'analyse croisée des cartes hydrogéologiques régionales (Ph. Diffre, ...) et des mesures locales (données disponibles dans la base de données BSS, données issues des campagnes de reconnaissance des missions G1 et G2, données issues des archives de BURGEAP).

Ce travail a permis de proposer des cartes piézométriques pour chacune des nappes situées au droit du projet. Les données disponibles ont permis de dresser des cartes permettant de représenter de manière assez satisfaisante les niveaux d'eau, sens, gradient et directions des écoulements. Toutefois, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit d'un travail d'interprétation réalisé sur la base de mesures issues de sources différentes et non synchrones (mesures qui ne sont pas effectuées en même temps). De ce fait, les cartes piézométriques proposées ne peuvent représenter un état piézométrique fin attribuable à des conditions climatiques précises (basses eaux ou hautes eaux etc...).

Contexte réglementaire – Masses d'eau du SDAGE Seine-Normandie dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud

(Données issus du site internet sigessn.brgm.fr)



2.6.4.3 Nappes alluviales (Quaternaire)

Dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, les nappes alluviales sont principalement représentées par la nappe des Alluvions de la Seine et de la Marne. Les relations entre la nappe et la rivière sont dépendante du colmatage des rives et du fond du lit.

Dans le secteur du tracé situé à la confluence de la Marne et de la Seine, la distinction entre les formations déposées par l'un ou l'autre de ces cours d'eau est impossible ; une nappe unique est alors considérée.

Par ailleurs, dans le secteur d'étude, les nappes alluviales sont généralement en connexion hydraulique avec les formations sous-jacentes ; c'est en particulier le cas dans la boutonnière de Boulogne-Billancourt où l'association de l'aquifère des Alluvions anciennes de la Seine et de celui de la Craie sous-jacente donne un réservoir remarquablement productif.

De même, au niveau de la plaine de Vitry, la nappe des alluvions est à l'équilibre avec la nappe de Calcaires Grossiers du Lutétien de Champigny-sur-Marne à Saint-Maur-des-Fossés et à l'équilibre avec la nappe des Calcaires de Saint-Ouen de Créteil à Vitry-sur-Seine.

Afin d'évaluer la piézométrie de la nappe alluviale, des ouvrages ont été réalisé dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud. La plupart de ces ouvrages sont crépinés dans les alluvions et la partie supérieure de la formation sous-jacente (ces deux formations étant connectées d'un point de vu hydrogéologique).

Une carte piézométrique de la nappe phréatique a ainsi été réalisée sur l'ensemble de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud. Celle-ci a pu être tracée en corrélant les différentes piézométriques du secteur (voir paragraphe suivants) et la carte géologique afin de connaitre les formations affleurantes.

2.6.4.4 Aquifère de l'Oligocène

L'aquifère de l'Oligocène est représenté par la nappe des Sables de Fontainebleau et la nappe du Calcaire de Brie. Cet aquifère est limitée en partie inférieure par les formations peu perméables des Argiles Vertes du Sannoisien.

Les résultats des missions géotechniques G1 et G2 ont montrés que les Sables de Fontainebleau ne sont présents, sur le tronçon, qu'au niveau du plateau de Villejuif. Dans la partie est, au niveau du plateau de Brie, les Sables de Fontainebleau ayant été érodés, le Calcaire de Brie constitue à lui seul le réservoir.

Au droit du plateau de Villejuif, ces deux formations sont séparées par la formation semi-perméable des Marnes à Huîtres. L'épaisseur de cette formation est relativement faible, soit de l'ordre de 3 mètres.

La piézométrie de la nappe des Sables de Fontainebleau épouse assez fidèlement la topographie du plateau de Villejuif, où cette nappe est présente. Seulement 2 piézomètres captant la nappe des Sables de Fontainebleau ont été mis en place au niveau du plateau. Le niveau de cette nappe au droit de la Ligne 15 Sud se stabilise aux alentours de 105 m NGF.

La carte piézométrique de cette nappe, essentiellement réalisée sur base bibliographique (données issues de la BSS) et données des archives BURGEAP, est présentée ci-dessous.

L'extension de l'aquifère des Calcaires de Brie et sa piézométrie sont présentés en fin de partie (voir pages suivantes). Cette carte donne une estimation de la piézométrie actuelle de cette nappe dans les zones de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud où elle est présente.

Au niveau du plateau de Villejuif, la piézométrie des Calcaires de Brie épouse assez fidèlement la topographie, s'échelonnant de 80 à 100 m NGF. L'épaisseur de la zone saturée du réservoir est modérée (au maximum 6 m).

Cette carte met en évidence un écoulement général de la nappe vers le sud, suivant la topographie et le pendage des argiles vertes. Cependant, les eaux sont drainées, en partie, latéralement en bordure du plateau, où les gradients sont plus importants (1.10^{-2} m/m) qu'au centre du plateau.

Au niveau du plateau de Brie, très peu de données sont disponibles. La carte piézométrique proposée reste donc très interprétative. Elle a été établie sur la base de quelques mesures disponibles et sur la base de l'altitude du toit de l'argile verte indiquée sur la carte géologique au 1/50 000 du BRGM et qui constitue le mur de l'aquifère. Il est fait l'hypothèse que l'allure du toit de l'argile verte influence directement le sens et la direction de l'écoulement de la nappe du calcaire de Brie.

L'écoulement semblerait s'écouler en direction du nord au droit de la gare de Noisy-Champs avec un gradient d'environ 2.10^{-2} m/m.

2.6.4.5 L'aquifère multicouche de l'Éocène supérieur

L'Eocène supérieur regroupe une multitude de faciès différents qui cloisonnent le réservoir. Le long de la Ligne 15 Sud, l'aquifère de l'Eocène supérieur est représentée par :

- la nappe des Marnes de Pantin ;
- la nappe des Calcaires de Champigny à l'est de la Marne et dont la faciès devient de plus en plus gypseux en se dirigeant vers l'ouest. Ainsi, à l'ouest de la Marne, il est représenté par l'aquifère des Masses et Marnes du Gypse ;
- la nappe du Marno-Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp.

L'ensemble de cet aquifère multicouche est limité en partie inférieure par le sommet semi-perméable des Marnes et Caillasses du Lutétien supérieur et par les niveaux argileux au sein des Sables de Beauchamp.

Les formations des Marnes supra-gypseuses, et notamment les Marnes de Pantin, renferment une première nappe, comme l'ont montrées les conclusions de la mission G1 et G2 (12 piézomètres (en G1) et 6 piézomètres (en G2) captent le nappe des Marnes de Pantin). Le niveau de cette nappe est légèrement en charge par endroits sous les argiles vertes. Le mur de cette nappe est constitué par les formations moins perméables des marnes d'Argenteuil. Cet aquifère est alimenté essentiellement par les infiltrations verticales depuis le réservoir sus-jacent (infiltrations à travers les argiles vertes). Ce réservoir aquifère est présent au niveau des plateaux de Villejuif et de Brie.

L'extension de l'aquifère des Marnes de Pantin et sa piézométrie sont présentés en fin de partie (voir pages suivantes). Cette carte a été réalisée uniquement à partir des données piézométriques issues des sondages des missions géotechniques G1 et G2 ainsi que de quelques mesures issues de la BSS.

De même que pour la nappe sus-jacente du Calcaire de Brie, la piézométrie de cette nappe épouse assez fidèlement la topographie.

Cette carte met en évidence un dôme piézométrique centré sur l'Institut Gustave Roussy de Villejuif. Les écoulements sont orientés vers les bordures du plateau. Il en résulte un écoulement orienté vers le nord au Nord de Villejuif, et vers le Sud – Sud-est au sud de Villejuif.

Au niveau du plateau de Brie, très peu de données sont disponibles. Les sens et gradients d'écoulement sont très variables sur l'aire d'étude la Ligne 15 Sud. De manière globale, les écoulements sembleraient s'écouler en direction des coteaux du Plateau de Brie.

Le Calcaire de Champigny, formation aquifère apparaissant dans la partie est du tronçon, entre les communes de Champigny-sur-Marne et de Noisy-le-Grand, correspond à une variation latérale du faciès des Masses et Marnes du Gypse. Cette dernière est rencontrée au niveau du plateau de Villejuif. Ces formations superficielles sont suivies par 16 piézomètres réalisés en G1 et 9 piézomètres en G2.

L'extension de l'aquifère des Masses et Marnes du gypse et sa piézométrie sont présentés en fin de partie (voir pages suivantes). Cette carte a été réalisée à partir des données des missions géotechniques G1 et G2, de quelques mesures anciennes issues de la BSS et de données des archives BURGEAP. Elle donne ainsi une estimation de la piézométrie actuelle de cette nappe dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, au niveau du plateau de Villejuif où elle est présente, captive sous les Marnes d'Argenteuil.

Le niveau piézométrique de la nappe contenue dans les Masses et Marnes du Gypse s'équilibre entre 50 et 80 m NGF au niveau du plateau de Villejuif.

L'extension de l'aquifère des Calcaires de Champigny et sa piézométrie sont présentés en fin de partie (voir pages suivantes). Deux cartes piézométriques de la nappe des Calcaires de Champigny (hautes eaux 2004 et basses eaux 2003) sont disponibles sur le site AQUI'BRIE. Elles recouvrent l'extrémité est du secteur d'étude. Ces cartes, à l'échelle trop importante, permettent seulement de déterminer l'orientation globale de cette nappe à l'échelle régionale. L'orientation générale de cette nappe à l'est du secteur d'étude est SSE-NNO. La carte piézométrique a été uniquement réalisée à partir des suivis des missions géotechniques G1 et G2.

Cette carte donne une estimation de la piézométrie actuelle de cet aquifère au niveau du plateau de Brie, à l'extrémité est de la Ligne 15 Sud.

La piézométrie du Calcaire de Champigny est comprise entre 55 et 65 m NGF dans cette zone.

Au regard du peu de données disponibles dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud concernant cette nappe, il est difficile de donner un sens et des valeurs de gradients d'écoulement représentatifs de l'ensemble de l'aire d'étude. L'écoulement de cette nappe est globalement orienté en direction de l'ouest avec des gradients relativement faibles, de l'ordre de 6.10^{-3} m/m.

Le Calcaire de Saint-Ouen et les sables de Beauchamp renferment également une nappe. La moitié inférieure des sables de Beauchamp, plutôt argileuse et donc peu perméable, ainsi que le toit des Marnes et Caillasses, constituent le « mur » de cet aquifère, limitant ainsi les échanges hydrauliques avec les formations calcaires sous-jacentes.

Selon les résultats des missions géotechniques G1 et G2 et des travaux menés par les bureaux d'étude BURGEAP-ARCADIS-TERRASOL, la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp, et celle des Masses et Marnes du Gypse sont individualisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

L'extension de l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp et sa piézométrie sont présentés en fin de partie (voir pages suivantes). Cette carte a été réalisée à partir des données piézométriques issues des sondages des missions géotechniques G1 et G2, à partir des niveaux piézométriques issus du CG94 (au niveau de Créteil) et des données des archives BURGEAP.

La piézométrie du réservoir du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp, présent uniquement sur le plateau de Villejuif et sur le plateau de d'Issy à Cachan, suit l'inclinaison des formations.

Dans le secteur de Montrouge, la piézométrie s'équilibre entre 50 et 75 m NGF. L'écoulement de cette nappe est orienté en direction de l'ouest au niveau de la gare de Bagneux avec un gradient d'environ 5.10^{-2} m/m.

Au niveau du plateau de Villejuif, la piézométrie de la nappe prend la forme d'un dôme piézométrique atteignant 75 m NGF, en bordure nord du plateau.

L'écoulement général de cette nappe est orienté vers le sud au niveau de l'institut Villejuif IGR avec un gradient de l'ordre de 2.10^{-2} m/m.

2.6.4.6 L'aquifère multicouche de l'Éocène inférieur et moyen

Cet aquifère est qualifié de multicouche car il est composé de deux réservoirs géologiques aux propriétés hydrauliques différentes. Deux nappes sont distinguées :

- la nappe des Marnes et Caillasses et des Calcaires Grossiers du Lutétien ;
- la nappe des Sables de l'Yprésien.

Les échanges hydrauliques entre ces deux réservoirs sont contrôlés par la base du Calcaire Grossier, composée des calcaires sableux et glauconieux, généralement assez peu perméables, et par les couches d'argile pouvant se situer au sein de l'Yprésien.

Cette importante formation aquifère est limitée en partie inférieure par la formation très peu perméable des Argiles plastiques du Sparnacien.

La nappe du Lutétien s'établit dans la base des Marnes et Caillasses et dans les Calcaires Grossiers. Cette nappe est séparée des Sables de Beauchamp sus-jacents par le faciès marneux en tête des Marnes et Caillasses et/ou par des niveaux argileux au sein des Sables de Beauchamp. La formation des Calcaires Grossiers du Lutétien possède une perméabilité de fracture, c'est-à-dire que la perméabilité de ce réservoir est contrôlée par l'état de fissuration des calcaires. Cet aquifère est une ressource exploitée en Ile-de-France pour différents usages (industriels, eau potable, géothermie). Il semblerait que la productivité de ce réservoir soit essentiellement contenue dans la partie inférieure des Marnes et Caillasses et le sommet des calcaires grossiers (Mégnien, Hydrogéologie du centre du Bassin de Paris, 1979). Le long du tracé, cet aquifère est drainé par la Seine, la Marne ainsi que par la vallée de la Bièvre, exutoires naturels de l'aquifère.

La nappe des Sables de l'Yprésien est constituée par des horizons sableux dans sa partie supérieure (sables de Cuise et Sables du Soissonnais) et par un horizon sableux dans sa partie médiane (Sables d'Auteuil). Ces horizons sableux sont séparés par des horizons à dominante argileuse peu perméables (Fausses Glaises sous les Sables de Cuise et les Argiles Plastiques sous les sables d'Auteuil).

Les niveaux sableux n'ont pas une épaisseur constante à l'échelle de la région Ile-de-France. Ainsi, une limite approximative séparant le domaine où les sables ont une épaisseur importante (Nord de la limite) du domaine où les formations yprésiennes sont principalement formées de couches à dominante argileuse (au sud) peut être distinguée.

Les données des missions G1 et G2 concernent essentiellement les formations lutétiennes. Ainsi, la carte piézométrique représentée est plutôt représentative de la nappe du Calcaire Grossier et des Marnes et Caillasses. Toutefois, les mesures disponibles dans les Sables de l'Yprésien semblent montrer que les cotes des nappes lutétiennes et yprésienne sont proches. Ainsi, la nappe des Sables yprésiens est probablement globalement en équilibre avec celle des formations lutétiennes.

Dans le détail, les formations sableuses internes à l'Yprésien peuvent présenter des charges hydrauliques légèrement différentes entre elles et avec les Calcaires Grossiers mais il serait extrêmement difficile et sans intérêt réel pour concevoir le projet, de réaliser des piézomètres spécifiques permettant de dresser une piézométrie précise de chaque lentille de niveau sableux yprésien.

Sous les Argiles Plastiques, les sondages des missions G1 et G2, ont mis en évidence la présence d'un autre horizon sableux (sables inférieurs) dont la cote piézométrique apparait à l'équilibre avec

l'aquifère des Marnes de Meudon et de la Craie. Il est difficile à ce stade de dater précisément cet horizon de sables inférieurs et de l'associer soit avec les formations ypresiennes, soit avec les formations du Montien.

L'aquifère de l'Eocène inférieur et moyen est présent sur l'ensemble de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, à l'exception de la vallée de la Seine, au niveau de la boutonnière de Boulogne. Les Marnes et Caillasses et les Calcaires Grossiers sont érodés progressivement dans la plaine alluviale de la Marne et de la Seine (plaine de Vitry), mettant les formations de l'Yprésien directement en contact avec les alluvions, au niveau de la Gare de Saint-Maur–Créteil.

L'extension de l'aquifère de l'Eocène inférieur et moyen et sa piézométrie sont présentés en fin de partie (voir pages suivantes). Cette carte a été réalisée à partir des données piézométriques issues des piézomètres mis en place lors des missions G1 et G2 ainsi que de la carte piézométrique de la nappe du Lutétien (2010), réalisée par A. Lamé.

Le sens d'écoulement de la nappe n'est pas homogène à l'échelle de l'aire d'étude. La piézométrie de la nappe de l'Eocène inférieur est comprise au droit du tracé entre 25m NGF (sur la majorité du tracé) et 65 m NGF (à l'ouest de la ligne notamment sur les communes de Chatillon – Malakoff – Vanves).

Au niveau de la plaine de Vitry, la nappe est confondue avec celle des alluvions de la Marne et de la Seine. Les gradients dans cette zone sont relativement faibles.

Au niveau du plateau de Villejuif et du secteur situé entre la boutonnière de Boulogne et la vallée de la Bièvre, les gradients sont plus élevés, de l'ordre de 1.10^{-2} m/m.

2.6.4.7 L'aquifère de la Craie du Crétacé supérieur

Sous les Argiles Plastiques de l'Yprésien, la Craie constitue le dernier aquifère concerné par le projet, auquel est rattaché le calcaire de Meudon, qui peut contenir une nappe.

La Craie est peu perméable si elle est saine, c'est-à-dire non fracturée, ni fissurée. C'est en général le cas lorsque la Craie se trouve en profondeur sous une couverture géologique tertiaire importante En revanche, dans la vallée de la Seine, aux endroits où elle est recouverte directement par les alluvions (typiquement au niveau de la boutonnière de Boulogne-Billancourt), la Craie est décomprimée et est entaillée par un réseau de fissures développées par la circulation d'eau. Cette fissuration importante confère à la Craie une forte perméabilité, généralement sur ses 20 premiers mètres, et donc une productivité remarquable. De nombreuses études BURGEAP menées sur les communes de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux permettent de bien cerner la piézométrie et la perméabilité de la nappe de la craie fissurée.

Ces données ont été complétées par les 46 piézomètres captant la Craie, réalisés lors des missions géotechniques G1 et G2. La nappe de la Craie s'équilibre entre 26 et 26,7 m NGF au niveau de la boutonnière de Boulogne.

Les gradients de la nappe sont relativement faibles et sont orientés globalement en direction de Boulogne-Billancourt.

Ainsi au droit de l'actuelle gare de Pont de Sèvres, l'écoulement est orienté en direction du nord-est avec un gradient aux alentours de 5.10^{-4} m/m.

Au droit de l'actuelle gare d'Issy RER, l'écoulement est orienté en direction du nord, avec un gradient d'environ $1,7.10^{-3}$ m/m.

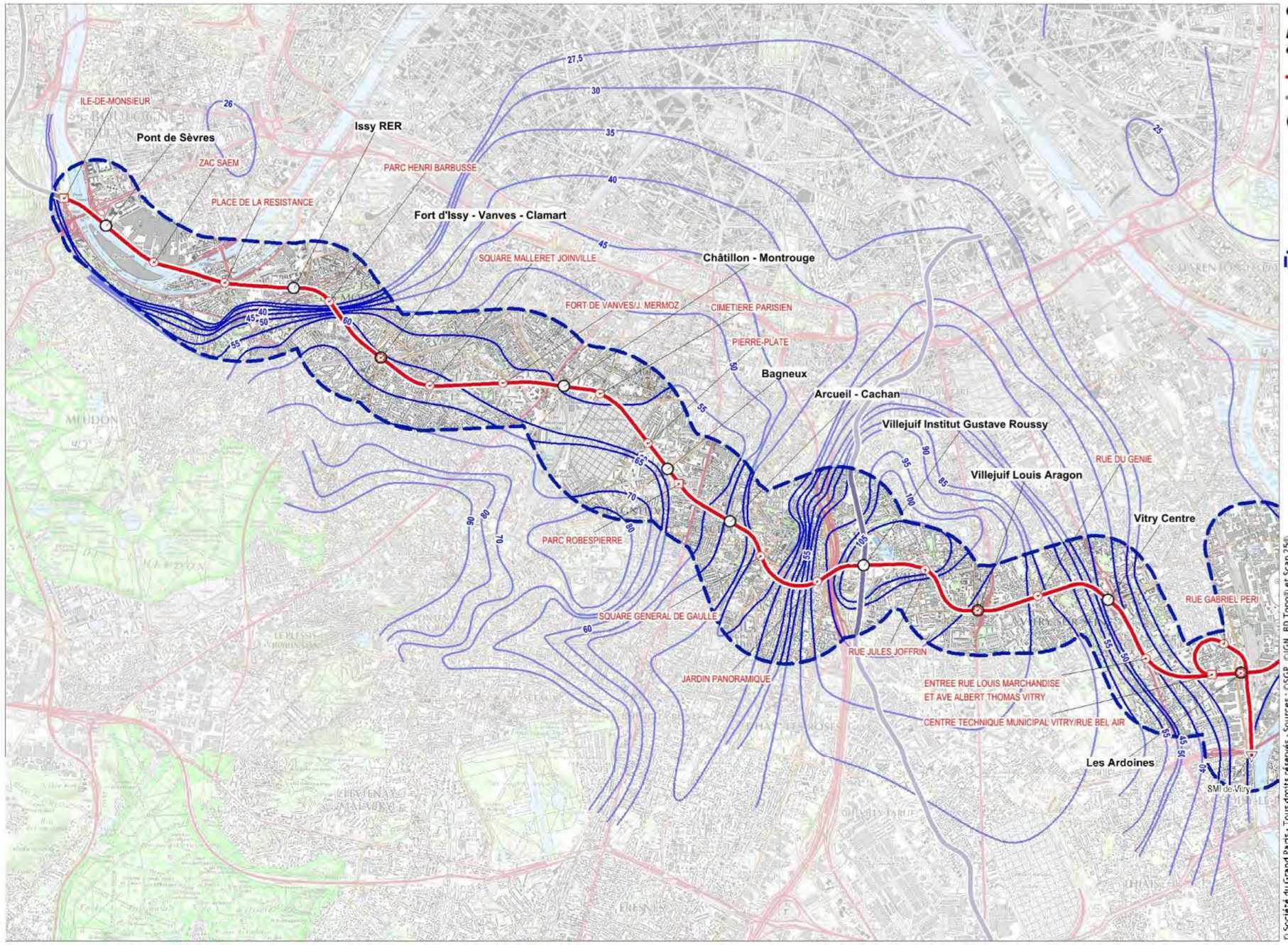
2.6.4.8 Autres aquifères

Il existe plusieurs autres aquifères, non décrits, car très profonds et ne constituant ainsi pas une contrainte vis-à-vis du projet. Il s'agit de :

- la nappe des Sables de l'Albien. Cette nappe est située sous la craie entre 500 et 750 m de profondeur.
- La nappe du Dogger, exploitée à des fins géothermiques dans la région parisienne, qui se situe quant à elle entre 1 600 et 1 800 mètres de profondeur au droit la Ligne 15 Sud.

Carte piézométrique de la nappe phréatique au droit de la Ligne 15 Sud (planche 1 / 2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



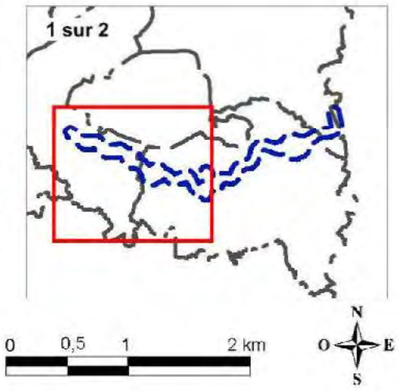
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- —40— Courbes isopièzes* de la nappe phréatique (cote m NGF)

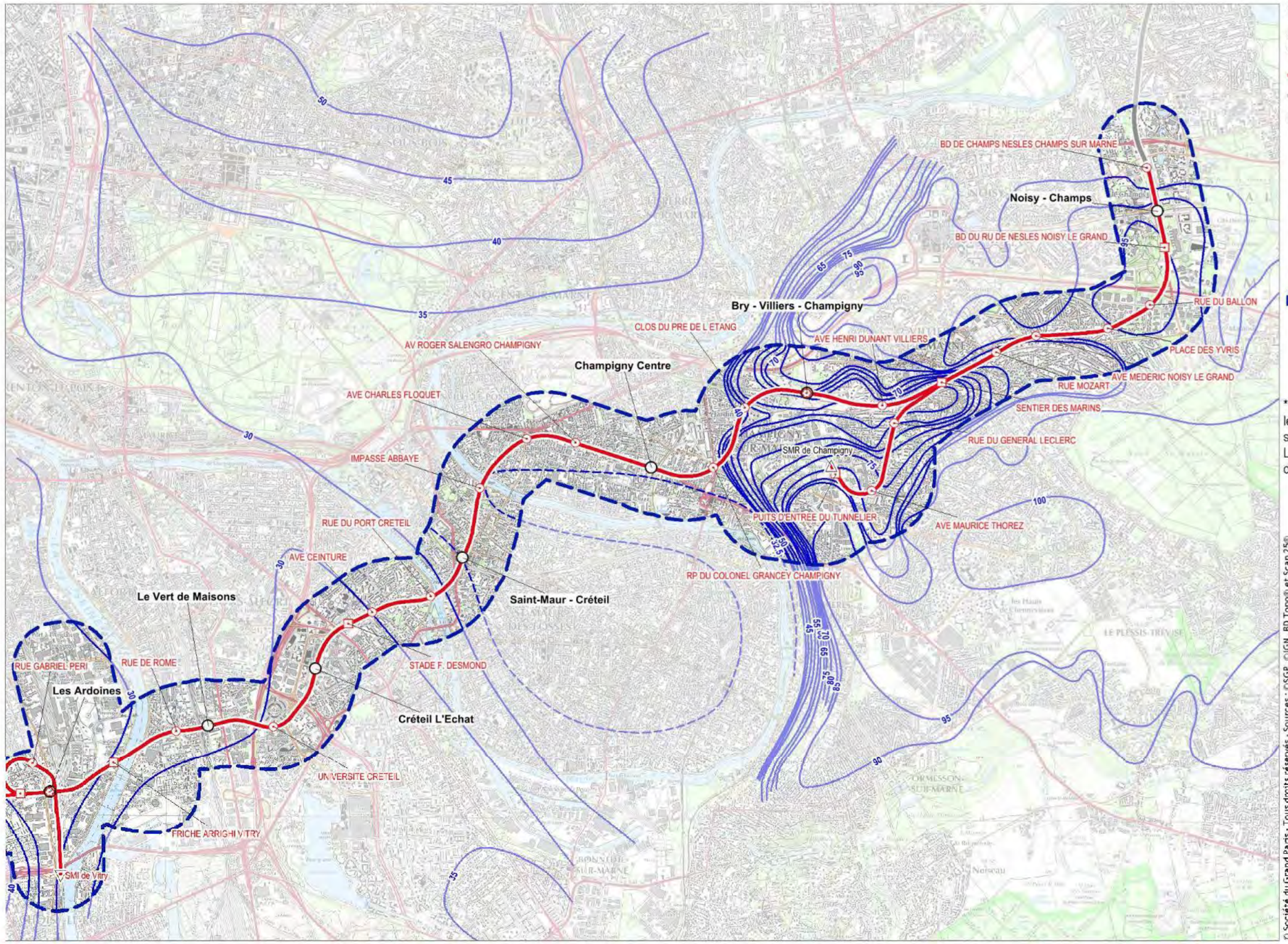
* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographies: BURGEAP / Biotope, 2014



Carte piézométrique de la nappe phréatique au droit de la Ligne 15 Sud (planche 2/2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Grand Paris Express

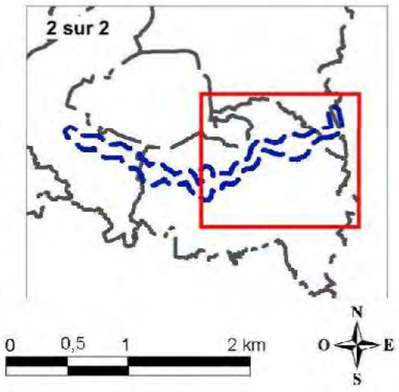
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

—30— Courbes isopièzes* de la nappe phréatique (cote m NGF)

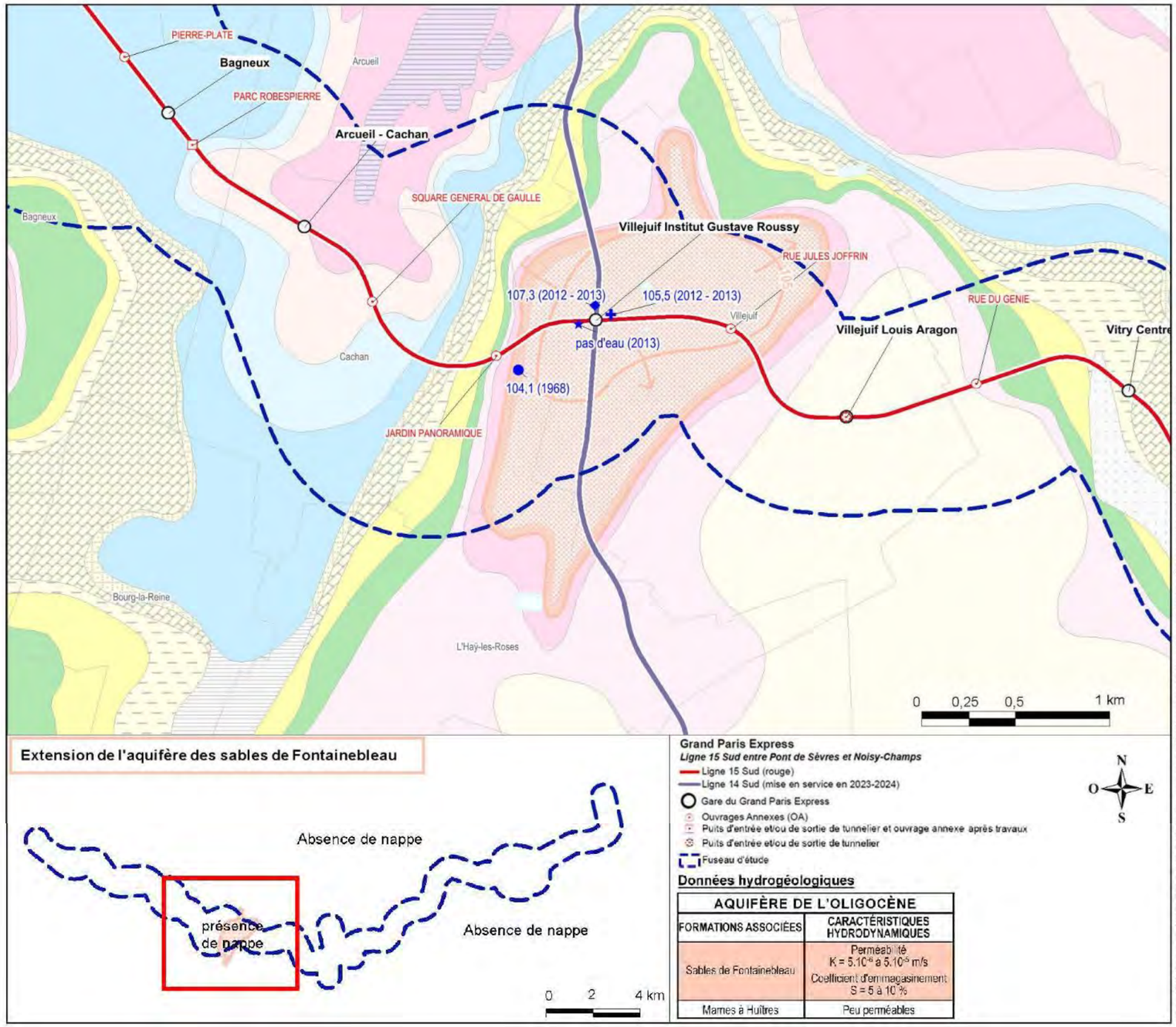
* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014



Extension de l'aquifère des Sables de Fontainebleau et piézométrie associée

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe des sables de Fontainebleau

- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude la L14 Sud

105 Isopièze* de la nappe des sables de Fontainebleau (cote m NGF)

Extension de la formation des sables de Fontainebleau

Sens écoulement de la nappe des sables de Fontainebleau

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

Log stratigraphique depuis la surface

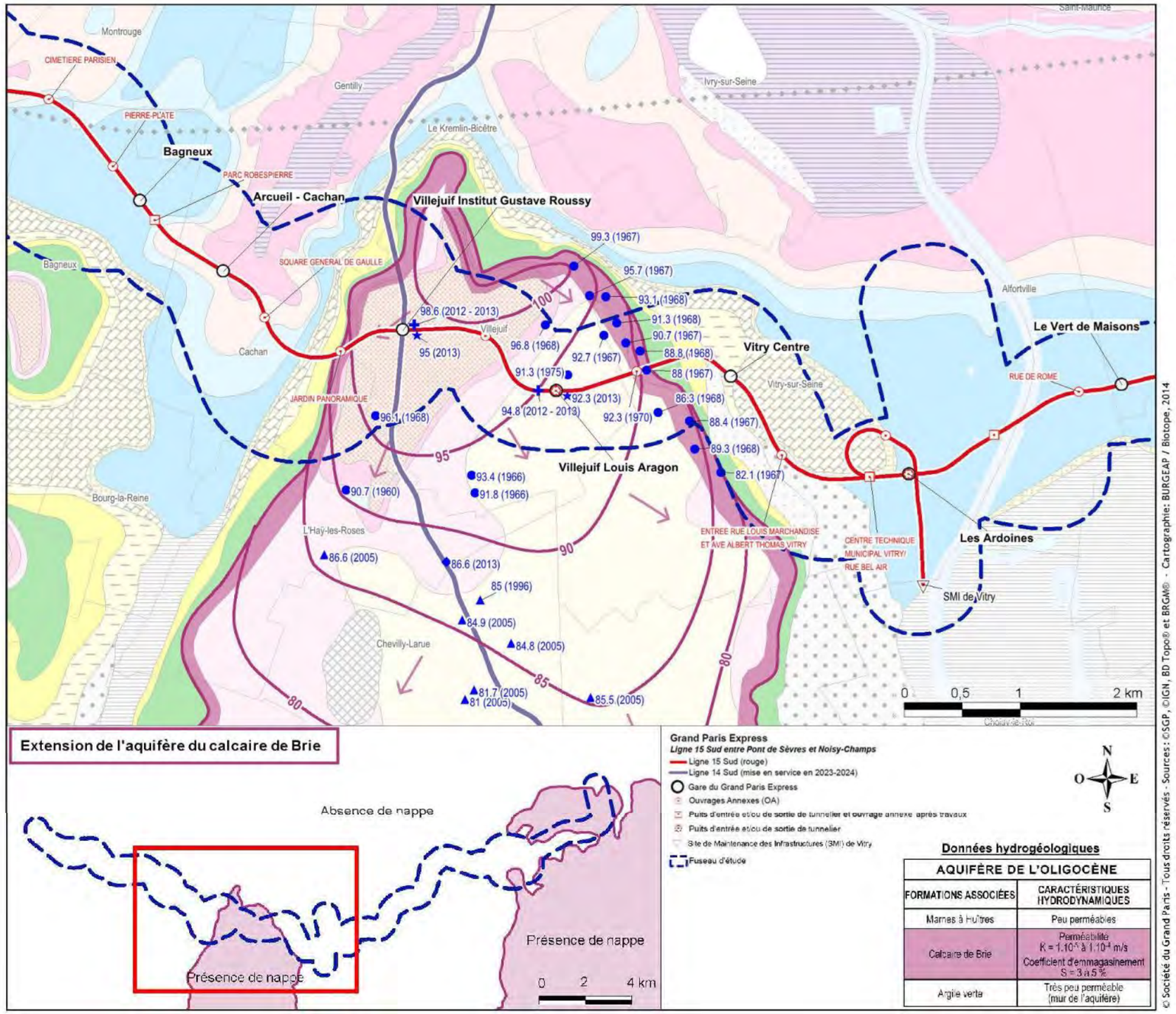
TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM© - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Calcaire de Brie et piézométrie associée (Planche 1 / 2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Données hydrogéologiques

AQUIFÈRE DE L'OLIGOCÈNE	
FORMATIONS ASSOCIÉES	CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES
Marnes à Huîtres	Peu perméables
Calcaire de Brie	Perméabilité $K = 1.10^{-5}$ à 1.10^{-4} m/s Coefficient d'emmagasinement S = 3 à 5 %
Argile verte	Très peu perméable (mur de l'aquifère)

Piézomètres captant la nappe du calcaire de Brie

- Piézomètres issus des archives
- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude de la L14 Sud

90 — Isopièze* de la nappe du calcaire de Brie (cote m NGF)

Extension de la formation du calcaire de Brie

Sens d'écoulement de la nappe du calcaire de Brie

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

Log stratigraphique depuis la surface

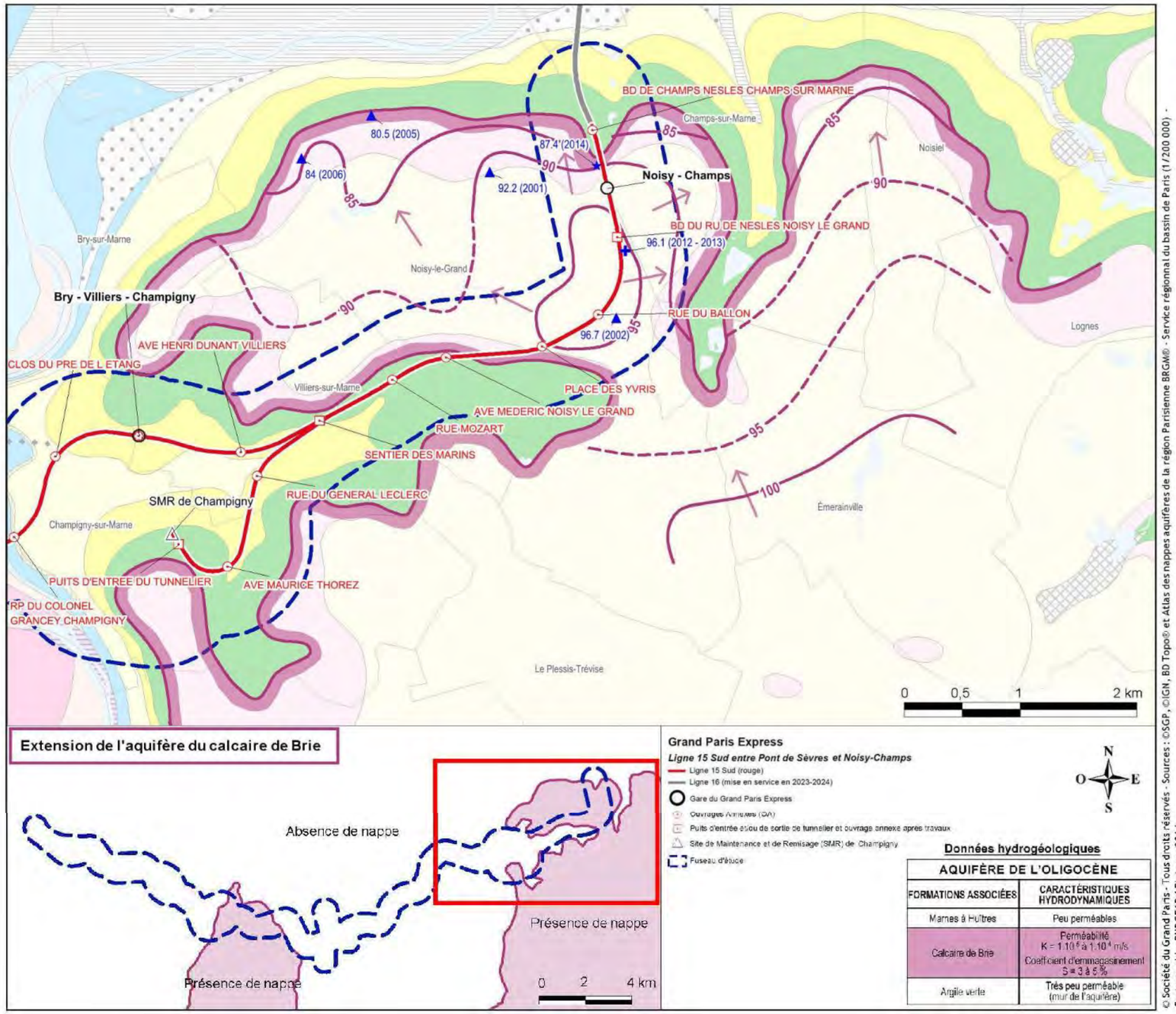
TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Calcaire de Brie et piézométrie associée (Planche 2 / 2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe du calcaire de Brie

- Piézomètres issus des archives BURGEAP
- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude de la ligne L14Sud

90 Isopièze* de la nappe du calcaire de Brie (cote m NGF)

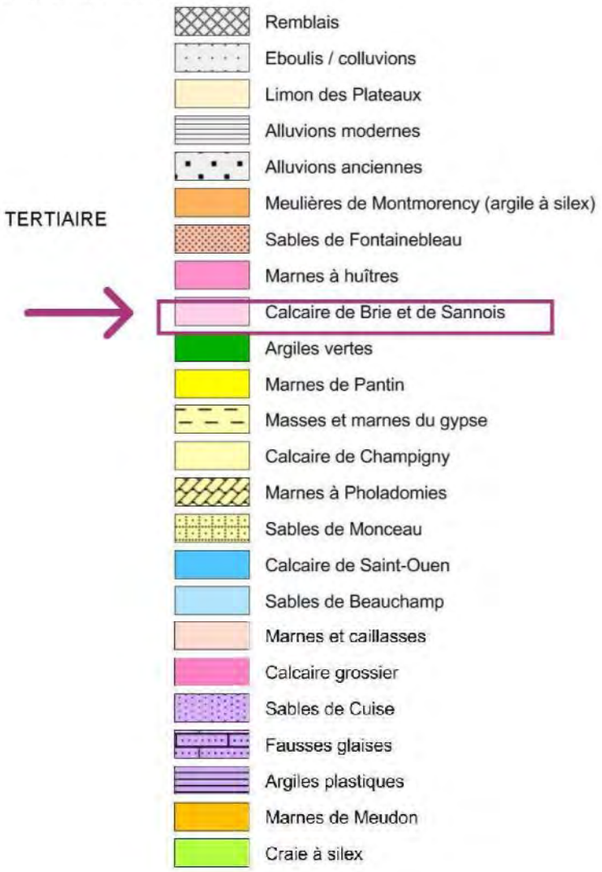
90 Isopièze* interprétative (interpolation linéaire) (cote m NGF)

Extension de la formation du calcaire de Brie

Sens d'écoulement de la nappe du calcaire de Brie

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

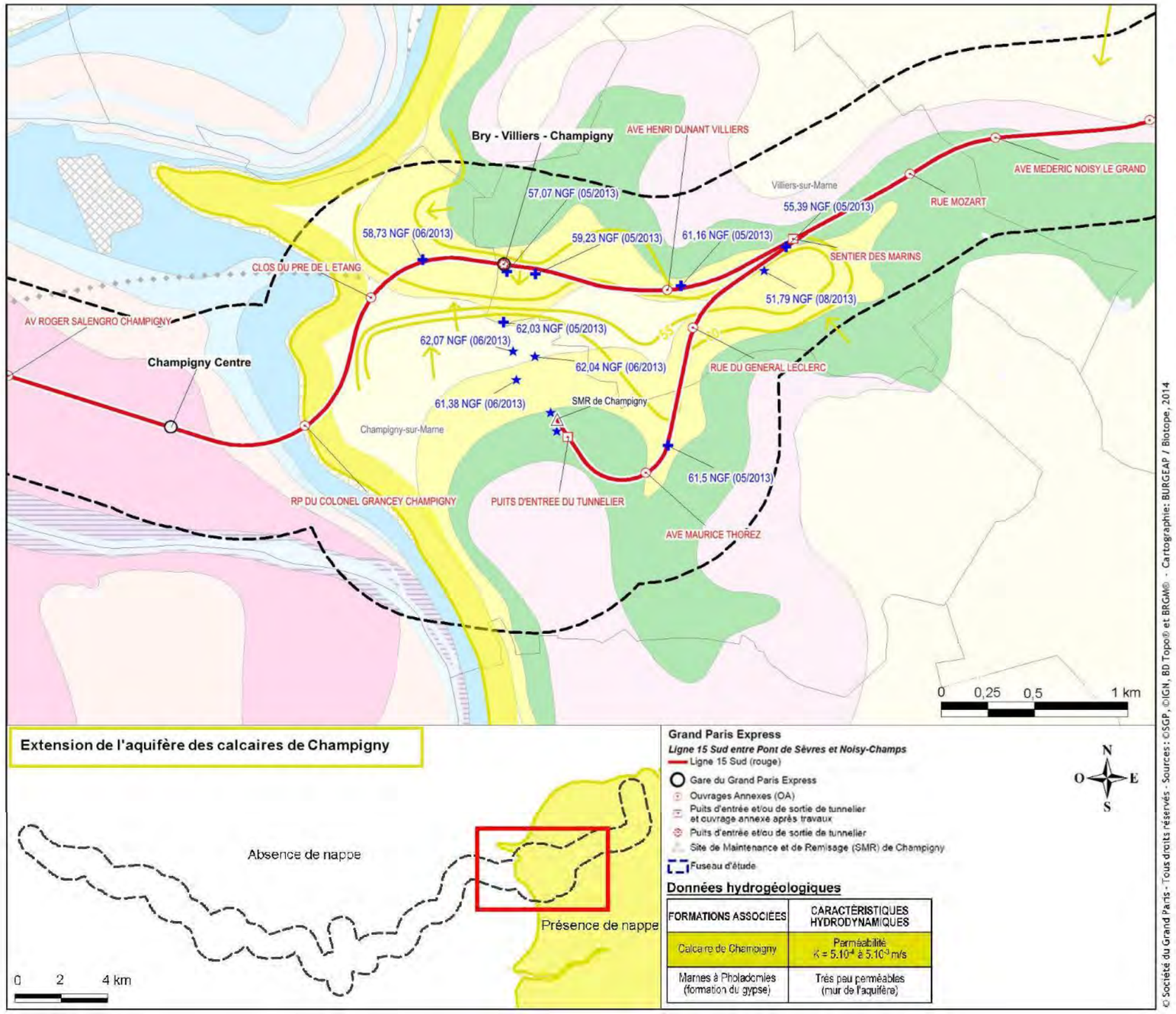
Log stratigraphique depuis la surface



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Atlas des nappes aquifères de la région Parisienne BRGM® - Service régional du bassin de Paris (1/200 000) - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Calcaire de Champigny et piézométrie associée

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe du calcaire de Champigny

- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- 55 — Isopièze* de la nappe des calcaires de Champigny (cote m NGF)
- Extension de la formation des calcaires de Champigny
- Sens écoulement des calcaires de Champigny

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

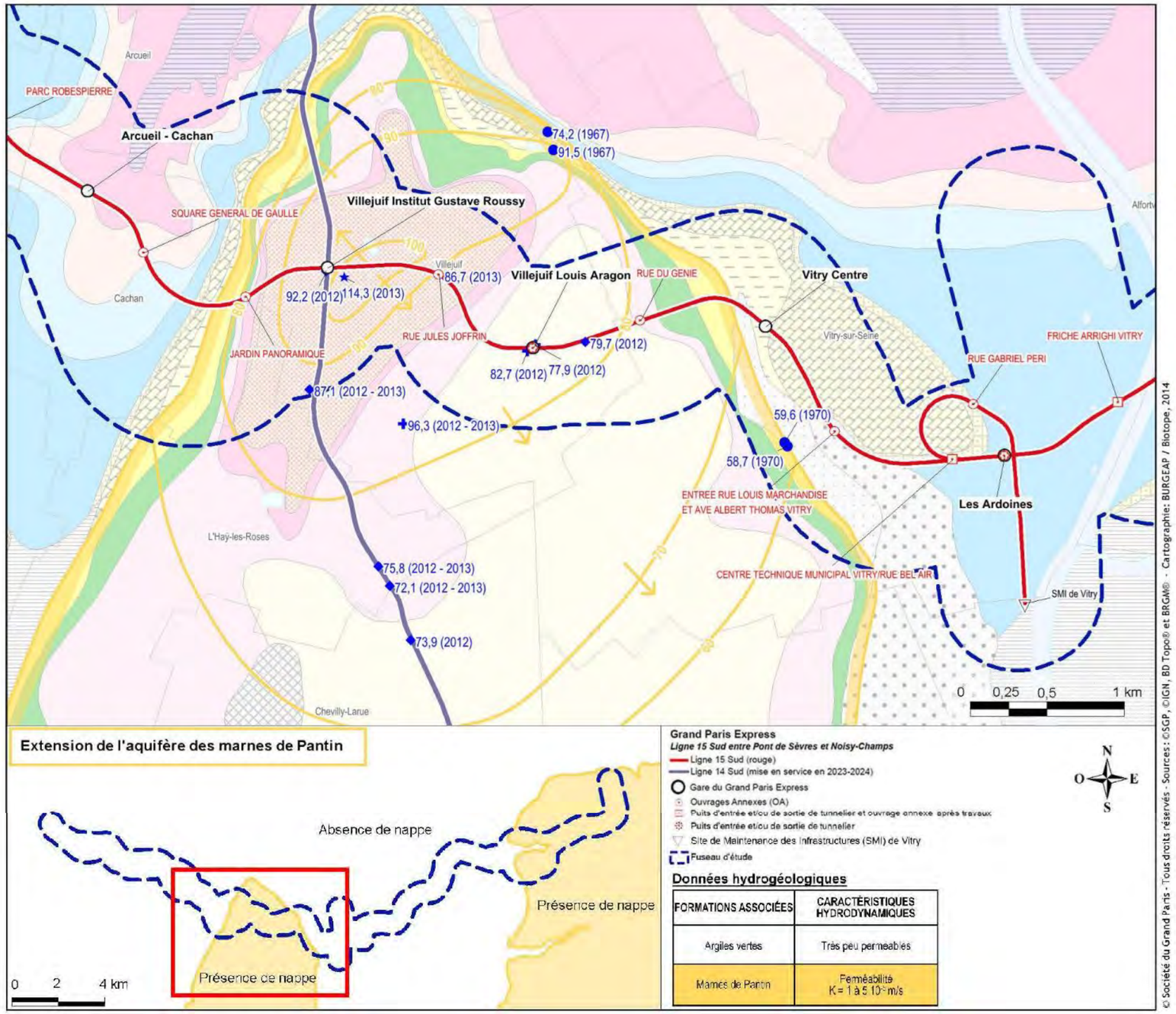
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE
- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère des Marnes de Pantin et piézométrie associée (Planche 1 / 2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe des marnes de Pantin

- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude de la L14Sud
- 70 — Isopièze* de la nappe des marnes de Pantin (cote en m NGF)
- Extension de la formation des marnes de Pantin
- Sens d'écoulement de la nappe des marnes de Pantin

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

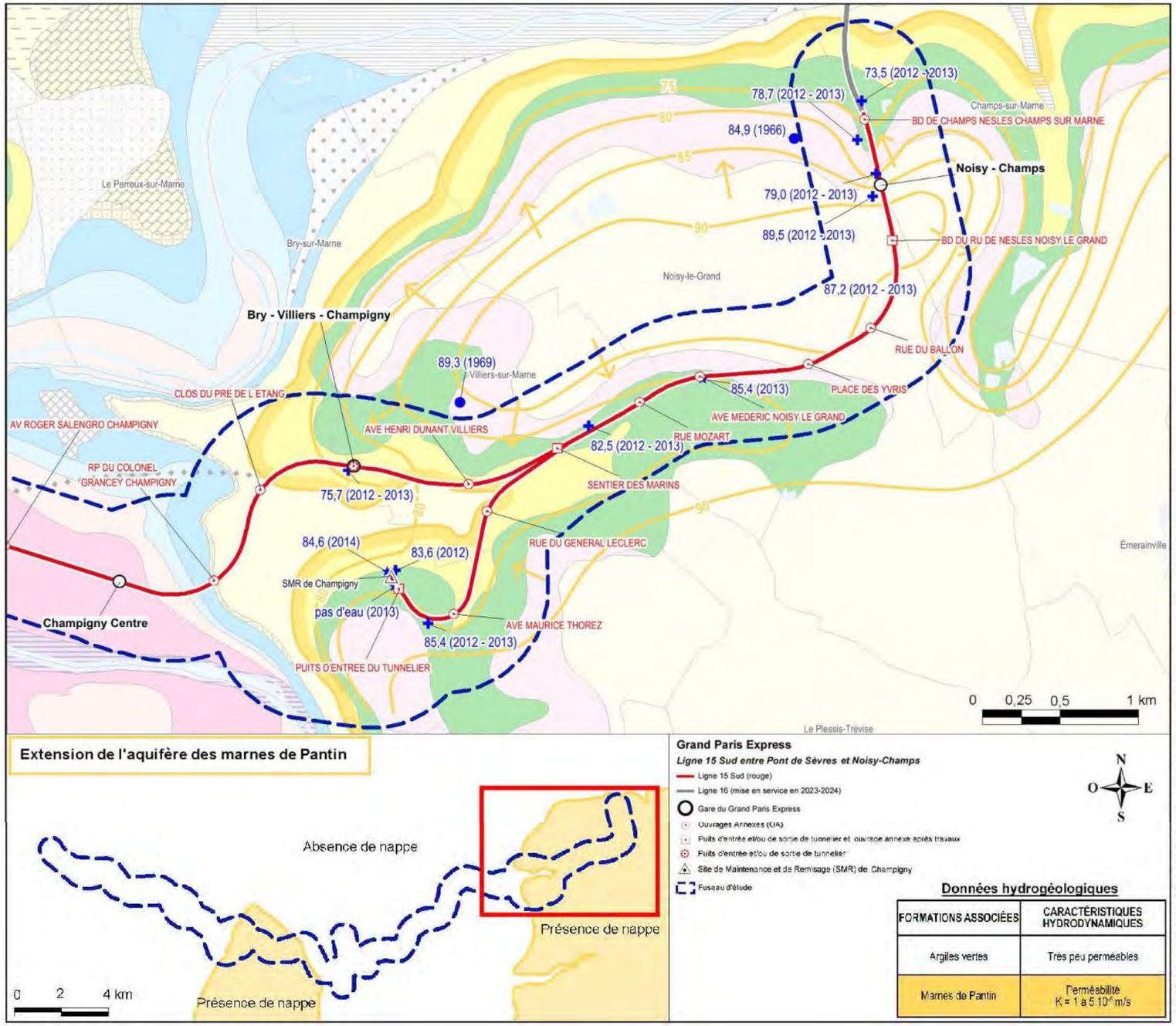
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

Extension de l'aquifère des Marnes de Pantin et piézométrie associée (Planche 2 / 2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe des marnes de Pantin

- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude la L14Sud
- Isopièze* de la nappe des marnes de Pantin (cote m NGF)
- Extension de la formation des marnes de Pantin
- Sens d'écoulement de la nappe des marnes de Pantin

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

Log stratigraphique depuis la surface

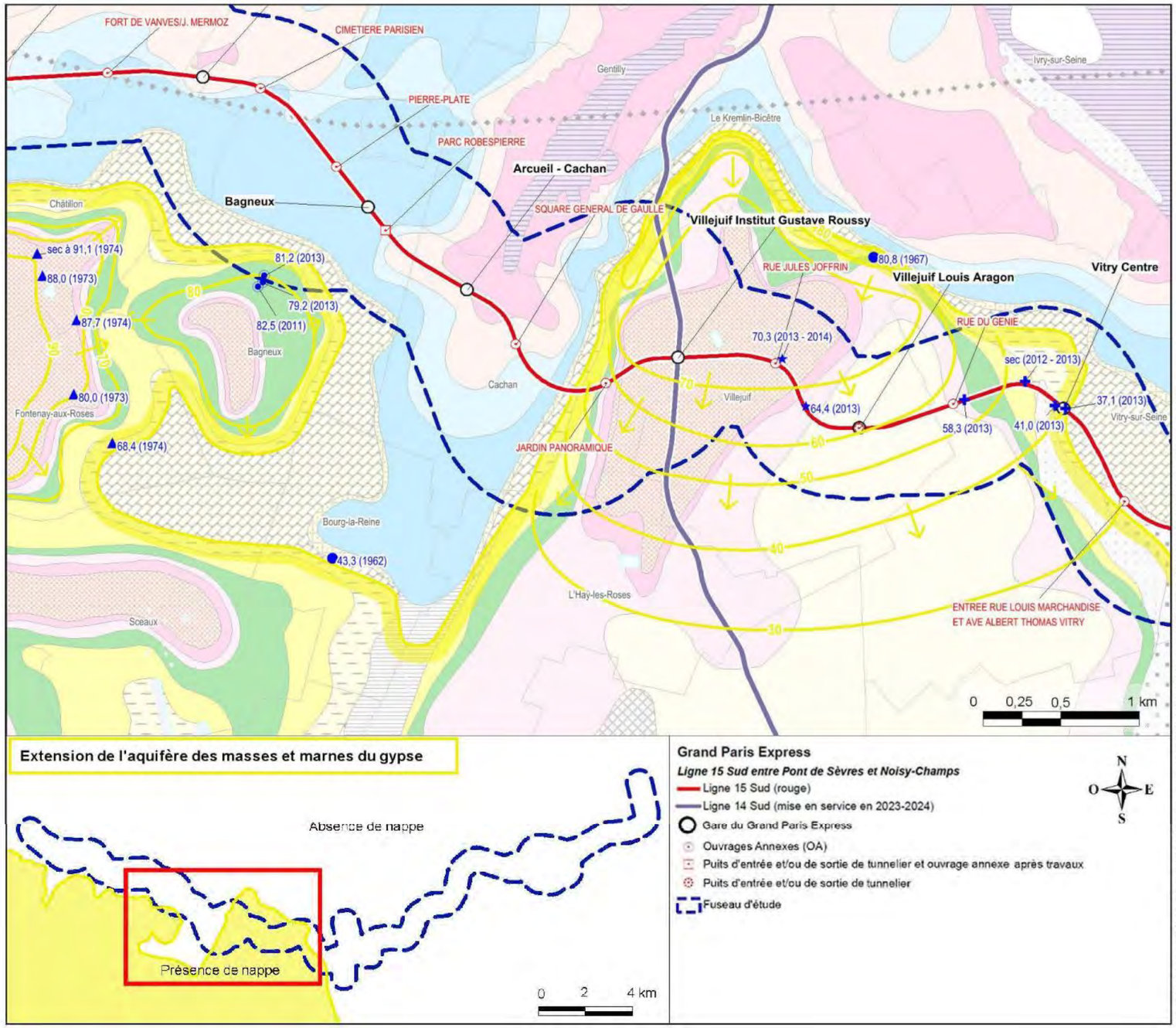
TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère des Masses et Marnes du Gypse et piézométrie associée

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe des masses et marnes du gypse

- Piézomètres issus des archives
- Piézomètres issus de la société BOTTE
- Piézomètre issus de la BSS
- Piézomètre issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètre issus de la campagne géotechnique G2

Isopièze* de la nappe des masses et marnes du gypse (cote en m NGF)

Extension de la fomration des masses et marnes du gypse

Sens écoulement de la nappe des masses et marnes du gypse

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée. Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

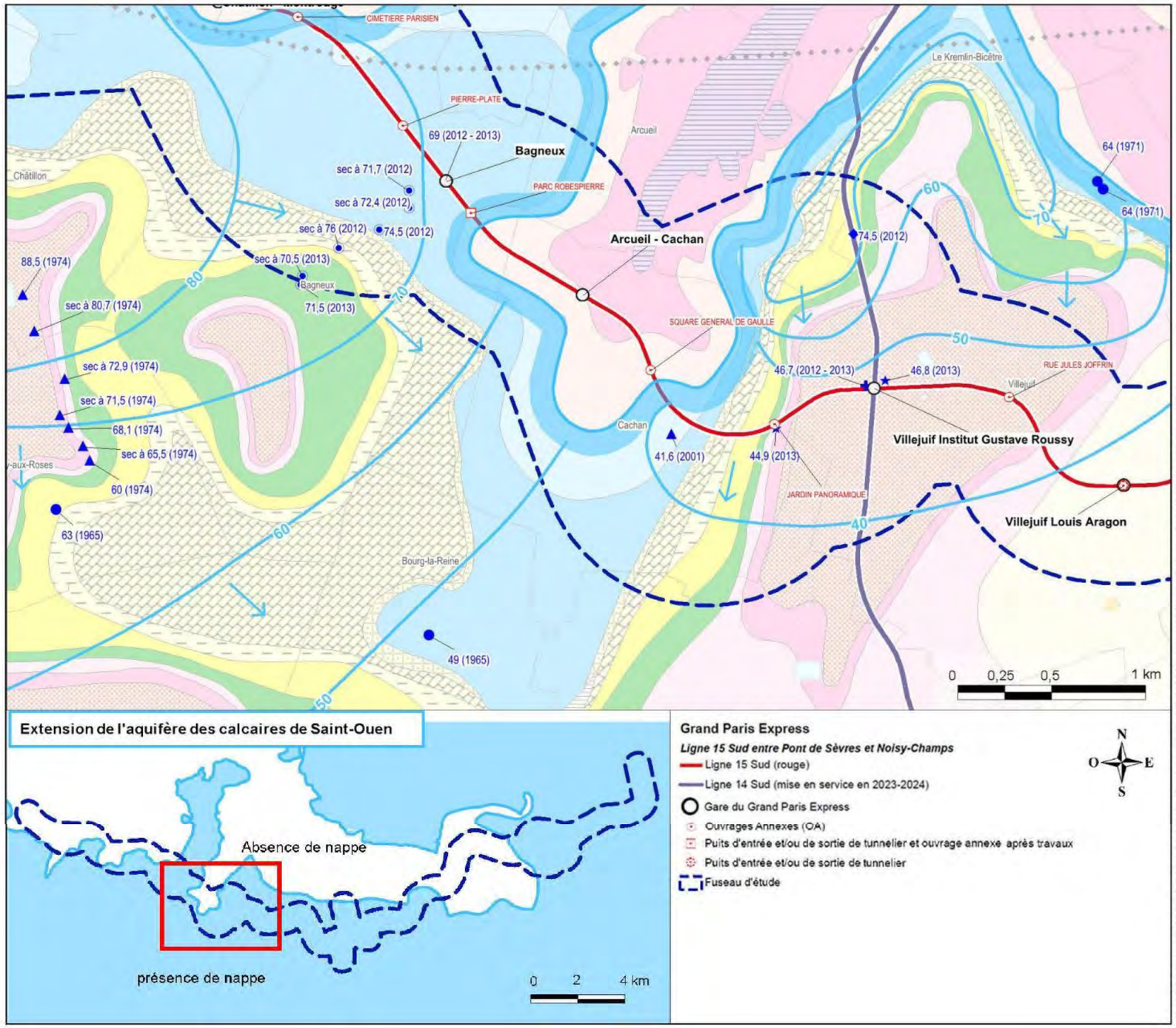
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Calcaire de Saint-Ouen et piézométrie associée (Planche 1 / 2)
(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe des calcaires de Saint-Ouen

- Piézomètres issus des archives
- Piézomètres issus de la société BOTTE
- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus du CG94
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude de la L14Sud

50 Isopièze* de la nappe des calcaires de Saint-Ouen (cote m NGF)

Sens d'écoulement de la nappe des calcaires de Saint-Ouen

Extension de la formation de la nappe des calcaires de Saint-Ouen

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée. Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

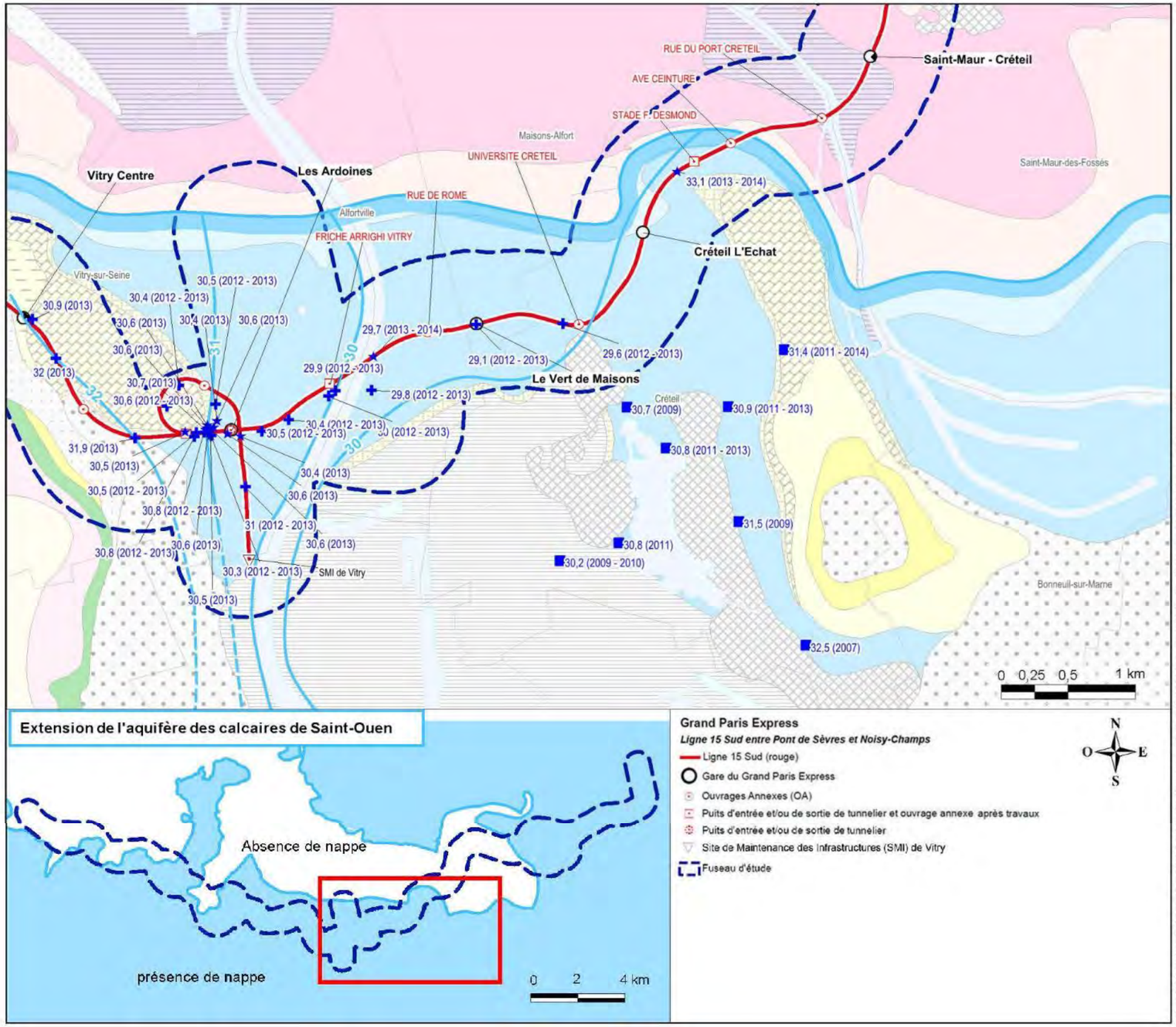
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE
- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- **Calcaire de Saint-Ouen**
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Calcaire de Saint-Ouen et piézométrie associée (Planche 2/2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM© - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Piézomètres captant la nappe des calcaires de Saint-Ouen

- Piézomètres issus des archives
- Piézomètres issus de la société BOTTE
- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus du CG94
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G1
- Piézomètres issus de la campagne géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude de la L14Sud

—50— Isopièze* de la nappe des calcaires de Saint-Ouen

Sens d'écoulement de la nappe des calcaires de Saint-Ouen

Extension de la formation de la nappe des calcaires de Saint-Ouen

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée. Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

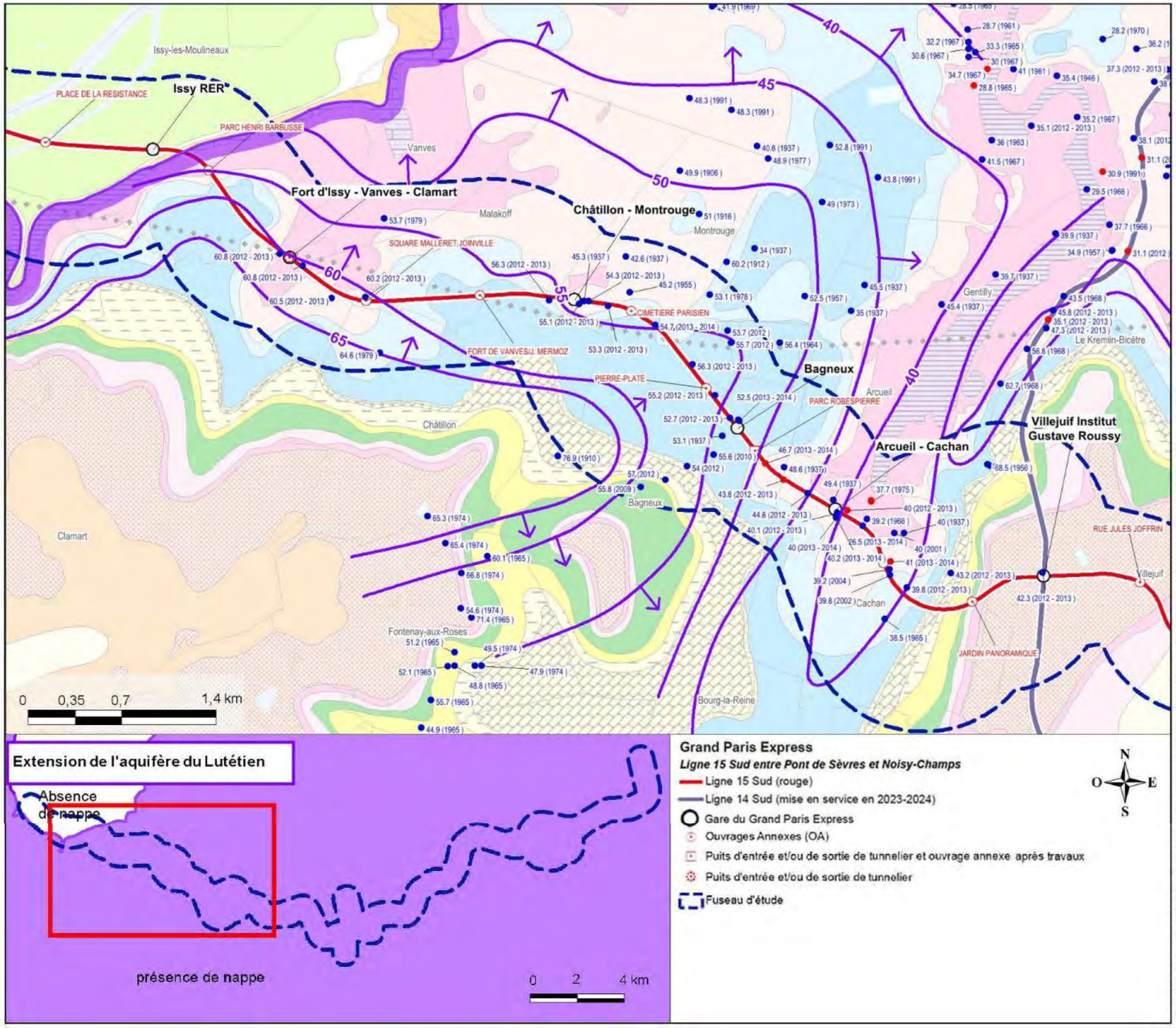
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- **Calcaire de Saint-Ouen**
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

Extension de l'aquifère du Lutétien et de l'Yprésien et piézométrie associée (Planche 1 / 3)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe :

- Lutétien
- Yprésien

50 Isopièze* de la nappe du Lutétien (cote m NGF)

Extension de formation de la nappe du Lutétien

Sens d'écoulement de la nappe du Lutétien

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

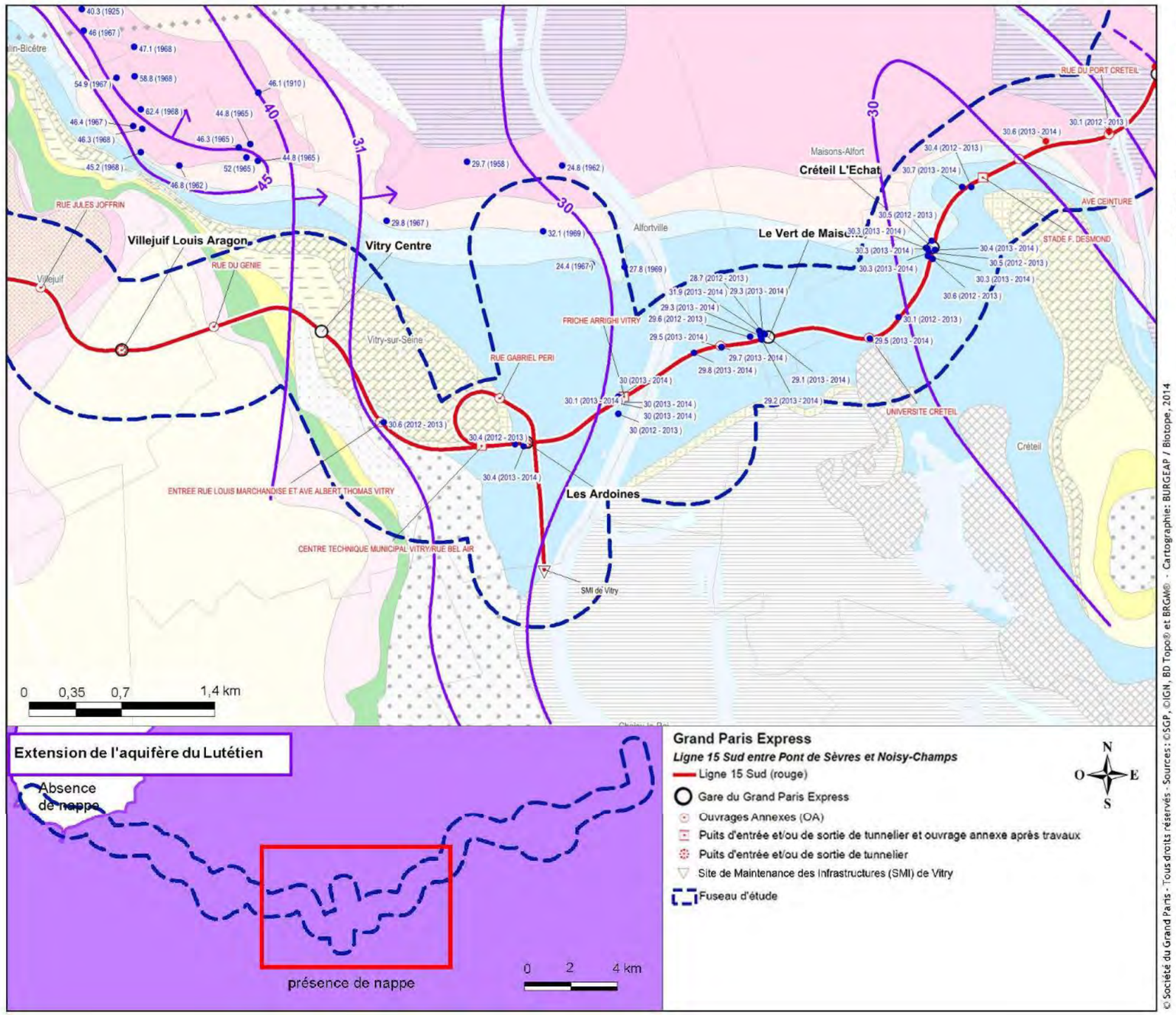
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Lutétien et de l'Yprésien et piézométrie associée (Planche 2 / 3)
(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant les nappes :

- Lutétien
- Yprésien

50 Isopièze* de la nappe du Lutétien (cote m NGF)

Extension de la formation de la nappe du Lutétien

Sens écoulement de la nappe du Lutétien

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

Log stratigraphique depuis la surface

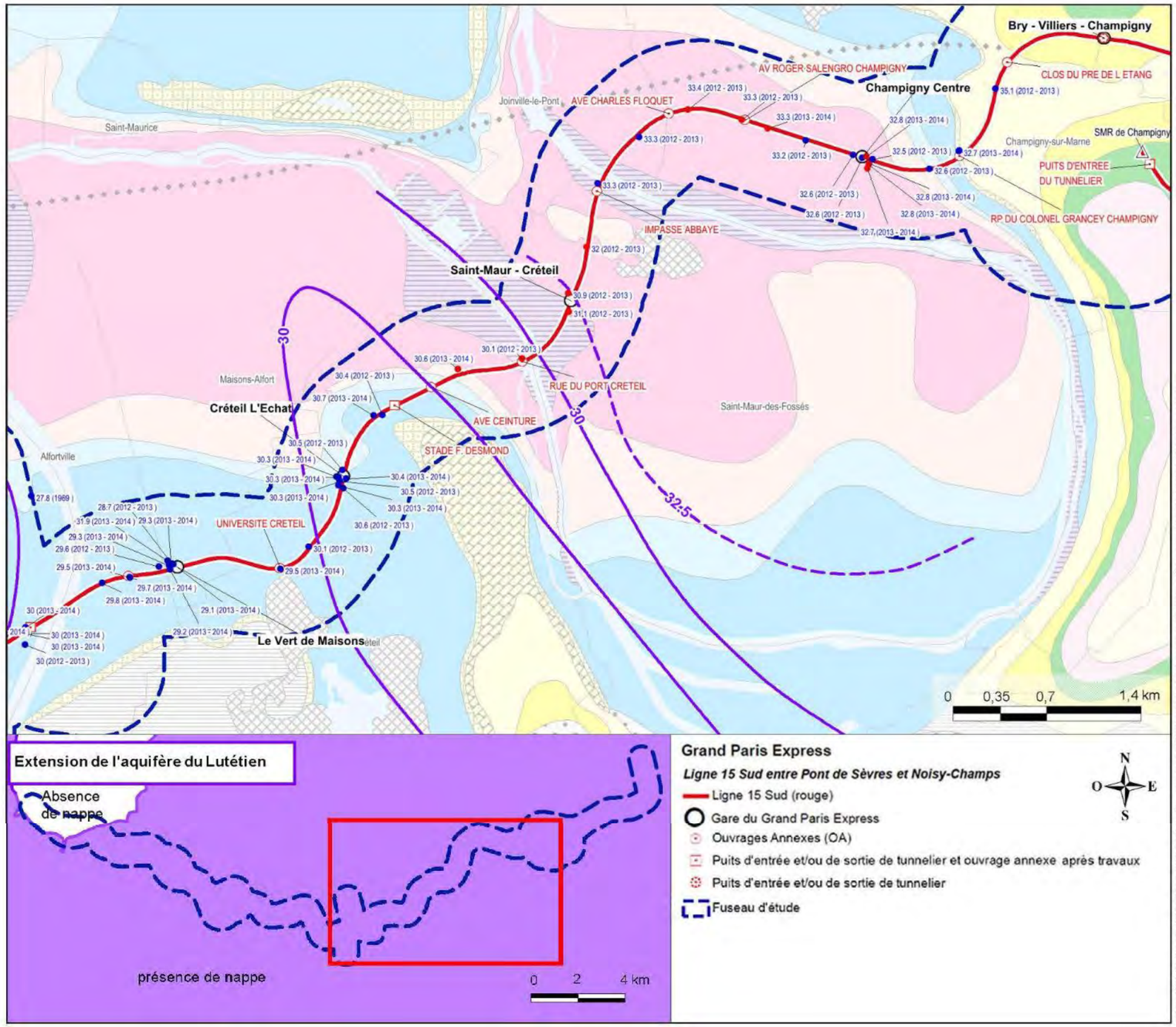
TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Extension de l'aquifère du Lutétien et de l'Yprésien et piézométrie associée (Planche 3 / 3)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et BRGM® - Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

Piézomètres captant les nappes :

- Lutétien
- Yprésien

30 Isopièze* de la nappe du Lutétien (cote m NGF)

Extension de la formation de la nappe du Lutétien

Sens d'écoulement de la nappe du Lutétien

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

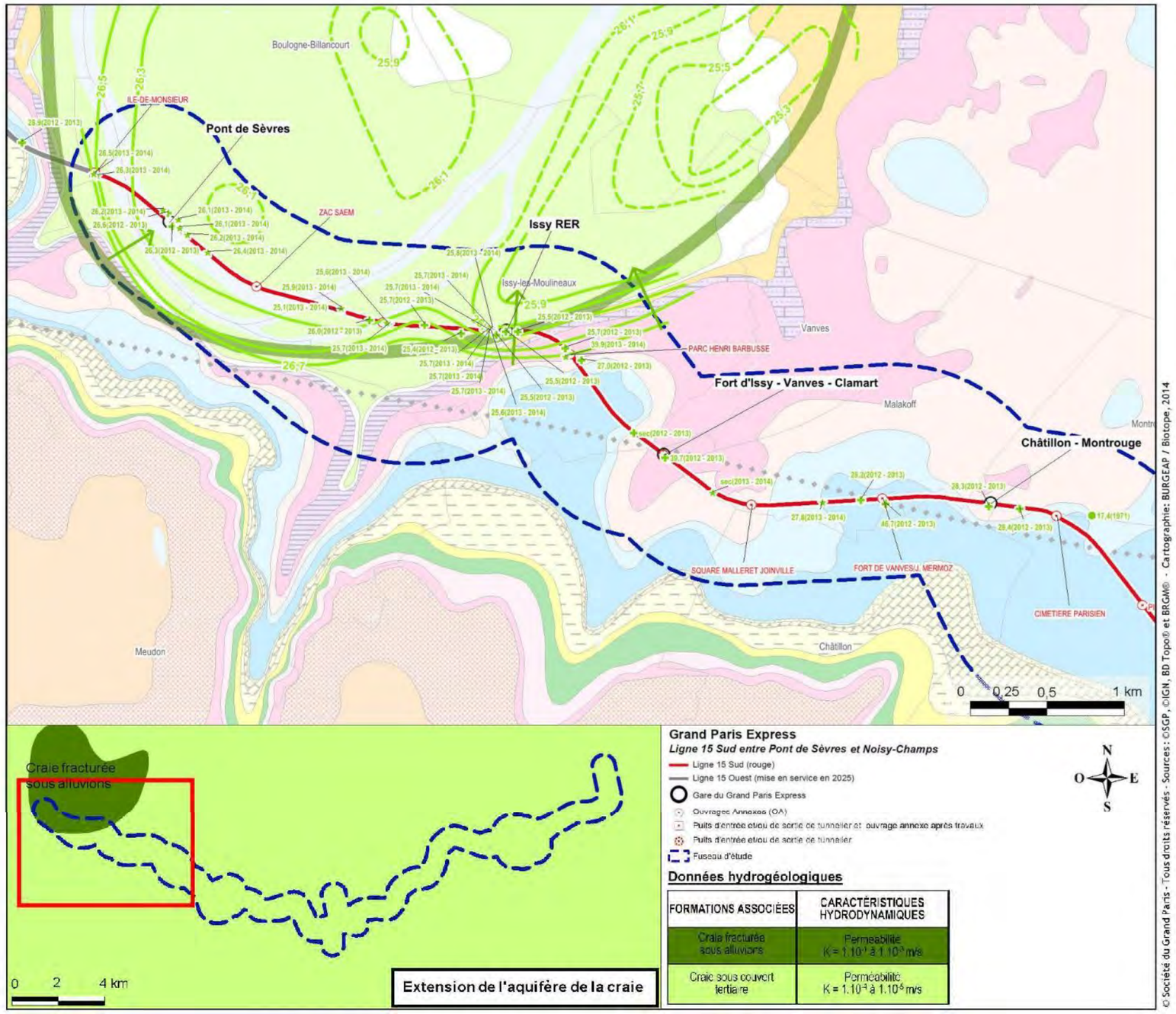
Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

Extension de l'aquifère de la Craie campanienne et piézométrie associée (Planche 1 / 3)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Piézomètres captant la nappe de la Craie

- Piézomètres issus des Archives
- Piézomètres issus de la BSS
- Piézomètres issus de la mission géotechnique G1
- Piézomètres issus de la mission géotechnique G2
- Piézomètres issus de l'étude la ligne 14 Sud

26;7 — Isopièze* de la nappe de la craie (cote m NGF)

→ Sens d'écoulement de la nappe de la craie

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.

Log stratigraphique depuis la surface

TERTIAIRE

- Remblais
- Eboulis / colluvions
- Limon des Plateaux
- Alluvions modernes
- Alluvions anciennes
- Meulières de Montmorency (argile à silex)
- Sables de Fontainebleau
- Marnes à huîtres
- Calcaire de Brie et de Sannois
- Argiles vertes
- Marnes de Pantin
- Masses et marnes du gypse
- Calcaire de Champigny
- Marnes à Pholadomies
- Sables de Monceau
- Calcaire de Saint-Ouen
- Sables de Beauchamp
- Marnes et caillasses
- Calcaire grossier
- Sables de Cuise
- Fausses glaises
- Argiles plastiques
- Marnes de Meudon
- Craie à silex

Axe anticlinal

2.6.4.9 Caractéristiques hydrodynamiques des aquifères

a. Données bibliographiques

Les unités hydrogéologiques parisiennes présentées ci-dessous se distinguent par leur perméabilité, c'est-à-dire leur aptitude à se laisser traverser par un fluide sous l'effet d'un gradient de pression.

Les tableaux suivants présentent les valeurs médianes et moyennes de perméabilité des formations associées aux différentes nappes. Ces données issues de la Thèse « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » A. Lamé, constituent actuellement la plus grosse base de données d'essais de pompage réalisés en région parisienne.

En effet, la synthèse des paramètres hydrodynamiques a été réalisée à partir de 640 essais de pompages provenant de la RATP et 7 essais de pompages de la Ville de Paris. La grande majorité des mesures de perméabilité utilisées a été effectuée sur le tracé des métros et des RER, ce qui explique leur répartition géographique. Pour la Ville de Paris, ces données proviennent de chantiers liés à des ouvrages d'art.

Nota : les données sources de cette synthèse ne sont pas accessibles.

Les perméabilités de la Craie mentionnées dans le tableau suivant correspondent aux perméabilités de la Craie sous recouvrement alluvial. Lorsque la Craie est rencontrée sous les alluvions, sa partie supérieure est généralement fracturée sur une épaisseur de 10 à 20 mètres, conférant à la formation une forte perméabilité de fissures. La frange supérieure de la Craie, très perméable, est alors le siège d'une puissante nappe. Au contraire, sous recouvrement tertiaire, l'épaisseur de la fracturation de la partie supérieure de la craie se réduit. Sous cette frange de craie fracturée, la craie devient progressivement plus saine, et moins perméable, malgré une importante porosité.

Perméabilités de la Craie sous recouvrement alluvial
(Données issues de « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » – A. Lamé (2013))

	Profondeur de la Craie	Perméabilité (m/s)
Zone altérée	entre 10 et 20 mètres	entre 10^{-1} et 10^{-3}
Zone fissurée	entre 20 et 40 mètres	entre 10^{-4} et 10^{-6}
Zone saine	supérieure à 40 m	entre 10^{-7} et 10^{-8}

Perméabilités des formations géologiques
(Données issues de « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » – A. Lamé (2013))

Nappes souterraines	Perméabilité médiane (m/s)	Perméabilité moyenne (m/s)	Perméabilité min (m/s)	Perméabilité max (m/s)	Coefficient d'emmagasinement (S)	Nombre de mesures
Alluvions modernes	3.1E-07	9.9E-06	1.1E-08	5.3E-05	1.0E-03	6
Alluvions anciennes	1.6E-07	1.3E-03	3.0E-07	7.0E-02	3.6E-02	92
Sables de Fontainebleau	2.0E-05	-	-	-	-	
Marnes à Huîtres	1.6E-06	5.0E-07	1.0E-09	3.2E-06	-	
Travertin de Brie	3.2E-05	4.0E-05	1.1E-05	1.0E-04	-	6
Glaises Vertes	8.0E-10				-	
Marnes Infra gypseuses	8.0E-05	4.6E-04	8.0E-07	1.0E-03	-	9
Sables verts	1.2E-04	1.2E-04	3.9E-05	1.9E-04	-	3
Calcaire de Saint-Ouen	1.8E-04	6.8E-04	1.5E-07	7.9E-03	1.0E-03	48
Sable de Beauchamp supérieurs	1.0E-05	1.0E-04	3.3E-07	7.3E-04	-	13
Sables de Beauchamp médians	2.5E-07	3.9E-07	1.7E-09	1.3E-06	1.0E-04	16
Sables de Beauchamp inférieurs	1.0E-05	9.7E-05	2.5E-06	7.3E-04	2.0E-04	16
Marnes et Caillasses	3.1E-05	8.2E-05	1.6E-07	6.1E-04	-	122
Calcaire Grossier	3.5E-05	8.5E-05	4.5E-07	8.2E-04	-	204
Calcaire Grossier (partie basale)	3.0E-07	3.8E-07	1.0E-08	9.6E-07	1.0E-04	33
Argile de Laon	8.8E-08	8.8E-08	5.0E-08	1.3E-07	-	2
Sables Supérieurs	1.1E-04	6.8E-03	1.2E-06	2.7E-01	1.0E-04	49
Fausses Glaises	6.6E-07	6.5E-07	1.0E-07	1.2E-06	1.0E-04	3
Sables d'Auteuil	1.0E-05	5.4E-05	1.0E-06	1.5E-04	1.0E-04	3
Argile Plastique	2.7E-09	2.7E-09	1.5E-10	2.5E-09	1.0E-04	
Marnes de Meudon	6.5E-07	7.7E-06	6.1E-08	3.0E-05	-	4
Craie Blanche de Meudon (partie supérieur)	4.1E-05	1.0E-04	1.9E-06	6.9E-04	1.0E-04	18

Par ailleurs, une base de données de paramètres hydrodynamiques mesurés sur les communes limitrophes du tronçon et en rive gauche de Paris (72 mesures), issue des archives du bureau d'études BURGEAP, a été réalisée. Le tableau suivant synthétise les gammes de perméabilité (K) pour les principales formations aquifères rencontrées au droit de l'aire d'étude.

Perméabilités des formations géologiques
(Données issues des archives BURGEAP)

Nappe souterraine	Perméabilité médiane (m/s)	Perméabilité moyenne (m/s)	K min (m/s)	K max (m/s)	Coefficient d'emmagasinement (S)	Nombre de mesures
Alluvions modernes	1.3E-03	2.1E-03	3.0E-05	6.6E-03	3.0E-02	4
Calcaire de Saint-Ouen	3.2E-05	1.2E-04	3.6E-06	4.0E-04	1.0E-03	6
Marnes et Caillasses	7.4E-05	1.9E-04	2.0E-06	1.3E-03	-	10
Calcaire Grossier	1.4E-04	1.8E-04	1.2E-05	5.0E-04	1.7E-03	18
Sables de l'Yprésien	2.3E-04	2.1E-04	1.8E-05	4.0E-04	1.0E-03	5
Craie fracturée	1.5E-03	4.5E-03	1.4E-04	2.0E-02	2.1E-02	16
Craie saine	7.1E-05	8.2E-05	5.9E-06	2.2E-04	7.6E-05	6

Il ressort de cette analyse que les gammes de perméabilité pour les différents aquifères sont assez larges. Cela traduit la grande hétérogénéité des formations sédimentaires au droit de l'aire d'étude.

Le tableau de la page suivante établit une comparaison entre les paramètres hydrodynamiques issus de la bibliographie et ceux issus des archives du bureau d'études BURGEAP. Il ressort de cette comparaison que les perméabilités moyennes des essais de pompage BURGEAP et les données issues de la thèse d'A. Lamé sont du même ordre de grandeur.

Seules les perméabilités des sables Yprésien sont éloignées. Les valeurs des perméabilités issues de la Thèse d'A. Lamé semblent toutefois trop importantes. Les valeurs issues des essais de pompage BURGEAP sont plus proches de la réalité.

Les paramètres hydrodynamiques mesurés par BURGEAP proviennent pour la plupart d'essais longue durée, qui est la technique permettant d'évaluer au mieux la perméabilité des formations. Les essais issus de la thèse d'A. Lamé ne sont pas disponibles, mais ces résultats sont vraisemblablement issus d'essais Lefranc.

Une base de données bibliographique importante des paramètres hydrodynamiques rencontrés au droit du secteur est disponible. Cette analyse comparée permet d'avoir une très bonne représentativité des valeurs des paramètres hydrodynamiques attendues au droit du secteur.

b. <u>Investigations réalisées par la Société du Grand Paris</u>

Des essais de pompages sont en cours de réalisation au droit de secteurs sensibles de l'aire d'étude.

Le concept fondamental de l'essai de pompage est d'extraire de l'eau par pompage dans un puits faisant ainsi baisser le niveau d'eau. Les débits de pompage ainsi que les niveaux d'eau dans le puits d'extraction et les piézomètres associés implantés à proximité sont mesurés pendant un certain temps, variable en fonction du type d'essai. Les niveaux piézométriques sont mesurés à l'aide d'une sonde piézométrique manuelle ou de capteurs automatiques.

La manière dont le niveau d'eau réagit au pompage est ensuite analysée/interprétée pour en tirer des informations sur les caractéristiques de performance du forage et les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère.

De nombreux type d'essais existe : par palier, à débit constant, de longue ou de courte durée,... Le choix de l'essai est dépendant du but de l'étude et des données recherchées.

A ce jour, un seul site, localisé sur la commune d'Issy-les-Moulineaux, a fait l'objet d'une campagne d'essais de pompages. Les différents essais réalisés dans la craie sous alluvions sont les suivants :

- un essai par palier : cet essai, de courte durée, vise à s'assurer des capacités de production du forage. Il consiste à effectuer des pompages dans le forage, avec une série de paliers à débit différent, le débit augmentant habituellement à chaque palier. Le dernier palier devrait se rapprocher du rendement maximal estimé pour le forage.

  Sur le site étudié, un essai de pompage en 5 paliers a été réalisé au droit du puits ISS-AVP-FD1775 à débits croissants de 40 m^3/h à 127 m^3/h. Cet essai a montré que le puits de pompage est très productif avec des débits supérieurs à 30 m^3/h ;

- un essai longue durée : ce type d'essai permet de tester le comportement de la nappe, de mesurer les caractéristiques de l'aquifère lorsque les niveaux peuvent être suivis dans des piézomètres localisés à proximité du puits de pompage.

  Au droit du site, cet essai a duré 48h avec un débit moyen de 115 m^3/h et les niveaux d'eau ont été suivis manuellement et par des capteurs automatiques dans le puits de pompage et dans les 7 piézomètres associés ;

- un essai au micromoulinet : ce type d'essai permet de localiser les venues d'eau dans un puits.

  Cet essai a montré que la craie était globalement productive sur toute la hauteur captée (environ 15 mètres). Les cinq premiers mètres de craie apportent toutefois environ 75 % des venues d'eau. La transmissivité totale de la craie a été interprétée à 9.10^{-2} m^2/s ce qui est très élevée.

Les paramètres hydrodynamiques moyens de la craie captée, déduite de l'interprétation des différents essais, est donnée dans le tableau suivant :

Paramètres hydrodynamiques de la craie sous alluvions issus des essais d'eau
(Données issues des campagnes de reconnaissance géotechniques)

Nappes souterraines	Localisation	Perméabilité moyenne	Coefficient d'emmagasinement (S)
Craie altérée sous couvert alluvial	Issy-les-Moulineaux	6.0E-03 m/s	7.1E-03

Synthèse des valeurs de perméabilité recensées dans le secteur d'étude

(Données issues de « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » – A. Lamé (2013) et des archives BURGEAP)

Nappes souterraines	Perméabilité médiane (m/s)			Perméabilité moyenne (m/s)			Coefficient d'emmagasinement (S)			Nombre de mesures	
	BURGEAP	A. Lamé	Rapport des perméabilités	BURGEAP	A. Lamé	Rapport des perméabilités	BURGEAP	A. Lamé	Rapport des perméabilités	BURGEAP	A. Lamé
Alluvions	1.3E-03	-	-	2.1E-03	1.3E-03	2	3.0E-02	3.6E-02	0.8	4	92
Calcaire de Saint-Ouen	3.2E-05	1.8E-04	0.2	1.2E-04	6.8E-04	0.2	1.0E-03	1.0E-03	1.0	6	48
Marnes et Caillasses	7.4E-05	3.1E-05	2.4	1.9E-04	8.2E-05	2.3	-	-	-	10	122
Calcaire Grossier	1.4E-04	3.5E-05	3.9	1.8E-04	8.5E-05	2.1	1.7E-03	-	-	18	204
Sables de l'Yprésien	2.3E-04	1.1E-04	2.1	2.1E-04	6.8E-03	0.03	1.0E-03	1.0E-04	10.00	5	49
Craie fracturée sous alluvions	1.5E-03	entre 1.10^{-1} et 1.10^{-3}	de 0.015 à 1,5	4.5E-03	entre 1.10^{-1} et 1.10^{-3}	de 0.045 à 4.5	2.1E-02	1.0E-04	-	16	-
Craie sous couvert tertiaire	7.1E-05	4.1E-05	1.7	8.2E-05	1.0E-04	0.82	7.6E-05	1.0E-04	0.76	6	18

Rapport de 1/3 à 3
Rapport de 1/10 à 10
Rapport > à 10 ou < à 1/10

2.6.5 Fluctuations de la nappe

Le phénomène de remontée de nappe en surface ne concerne que la nappe souterraine la plus proche du sol, appelée « nappe phréatique », lorsqu'il n'existe pas de couvercle imperméable dans la partie supérieure.

Le niveau piézométrique de ces nappes fluctue alors selon les phénomènes suivants :

- le battement naturel de la nappe phréatique, en fonction de l'infiltration des eaux de pluie ;
- la propagation d'ondes de crues des cours d'eau dans l'aquifère ;
- L'arrêt éventuel de pompages existants dans le voisinage (industriel, parkings souterrains, climatisations, travaux de génie civil nécessitant un pompage etc.) ;
- Les interactions avec les structures enterrées voisines.

2.6.5.1 Données bibliographiques et localisation des zones sensibles aux phénomènes de remontée naturelle de la nappe

La connaissance de l'aléa s'appuie notamment sur la base de données développée par le BRGM et le ministère en charge de l'écologie (inondationsnappes.fr). La carte de la page suivante présente les niveaux d'aléa au niveau de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Les nappes sont sub-affleurante sur une partie des territoires traversés par le fuseau de la Ligne 15 Sud, à savoir :

- la boutonnière de Boulogne, entre Pont-de-Sèvres et la gare de RER d'Issy-les-Moulineaux ;
- un secteur situé entre le Fort d'Issy et Montrouge ;
- la vallée de la Bièvre, sur les communes d'Arcueil et Cachan ;
- dans la plaine de Vitry.

2.6.5.2 Battements des nappes d'eau souterraines

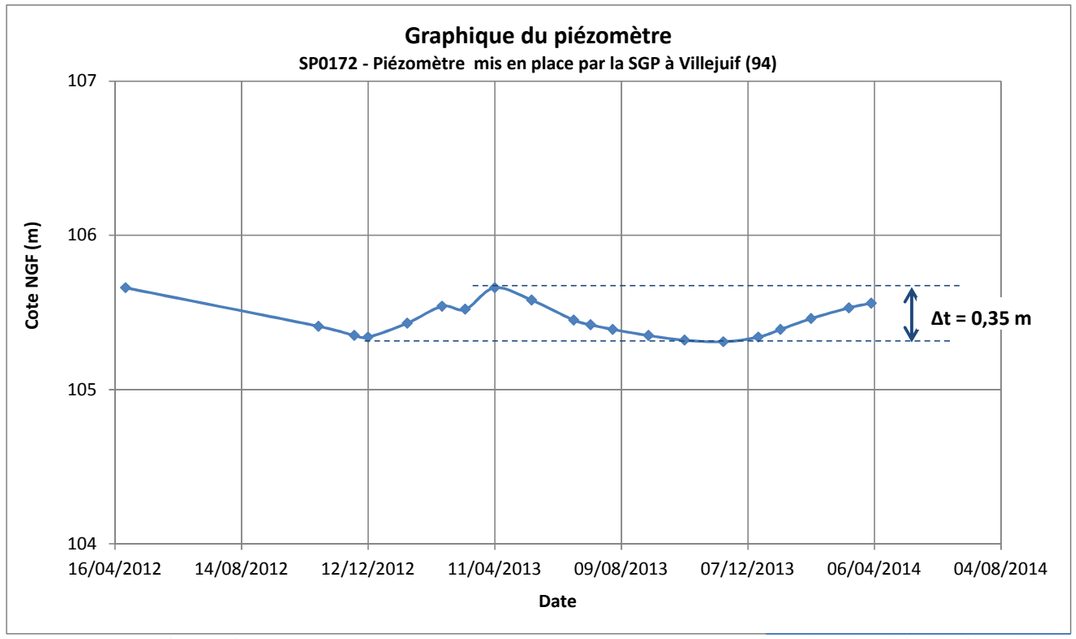
Le battement des différentes nappes d'eau souterraines traversées par le tunnel a été évalué grâce à l'analyse des chroniques piézométriques disponibles dans le secteur d'étude. Ces dernières sont issues de la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES), des relevés effectués par BURGEAP sur les piézomètres des cimetières parisiens ainsi que des premières mesures réalisées sur les piézomètres mis en place par la Société du Grand Paris lors des missions géotechniques G1 et G2 entre 2013 et 2014.

La localisation de ces piézomètres de suivi est présentée sur la figure en fin de chapitre.

a. Nappe des sables de Fontainebleau

Les sables de Fontainebleau sont présents à l'affleurement essentiellement sur le plateau de Villejuif. La variation piézométrique de cette nappe dans ce secteur est essentiellement liée aux précipitations.

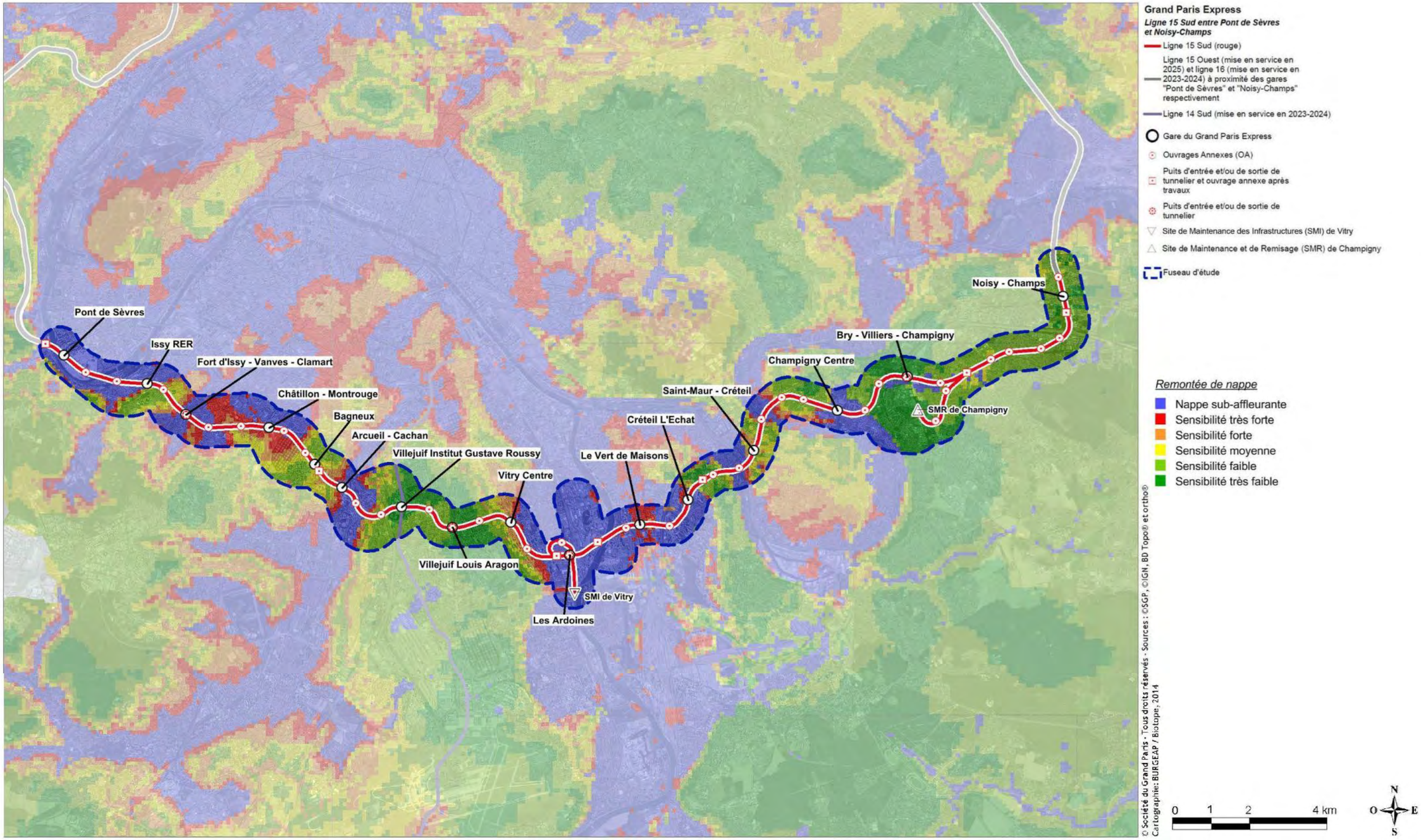
La nappe des Sables de Fontainebleau fait l'objet d'un suivi sur un piézomètre mis en place par la Société du Grand Paris, sur la commune de Villejuif (94). Le battement observé entre 2012 et 2013 est de 0,3 m.

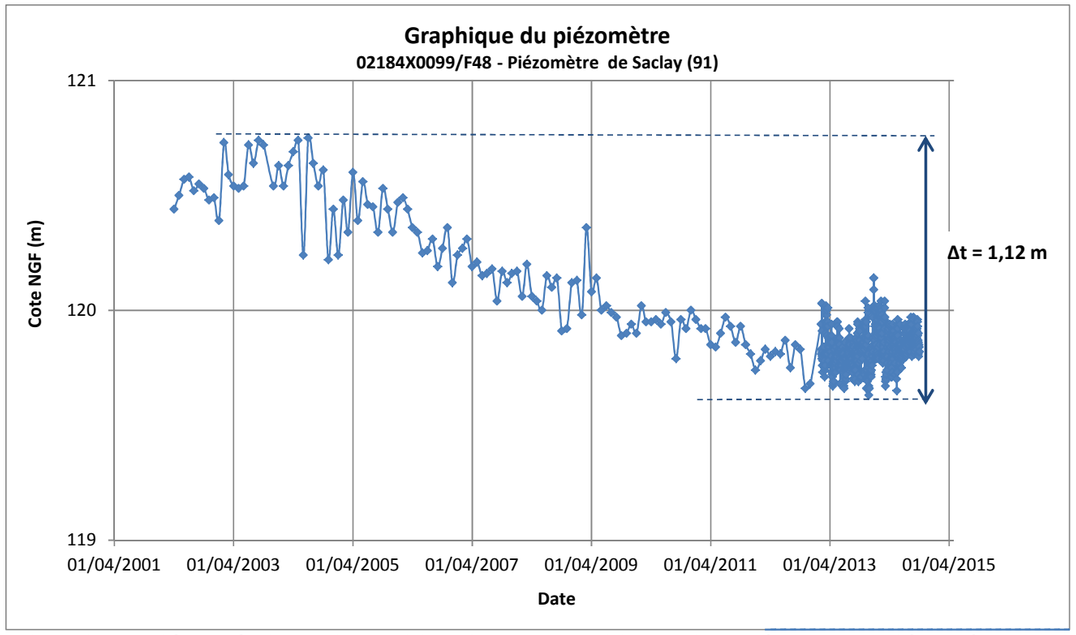


Chronique piézométrique des sables de Fontainebleau observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Villejuif (94)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

Par ailleurs, cette nappe fait l'objet d'un suivi sur un piézomètre ADES, situés à Saclay (91). Le battement interannuel observé est de 1,1 m.

Sensibilité des territoires au risque de remontée de nappe
(Données issues du site inondationsnappes.fr)





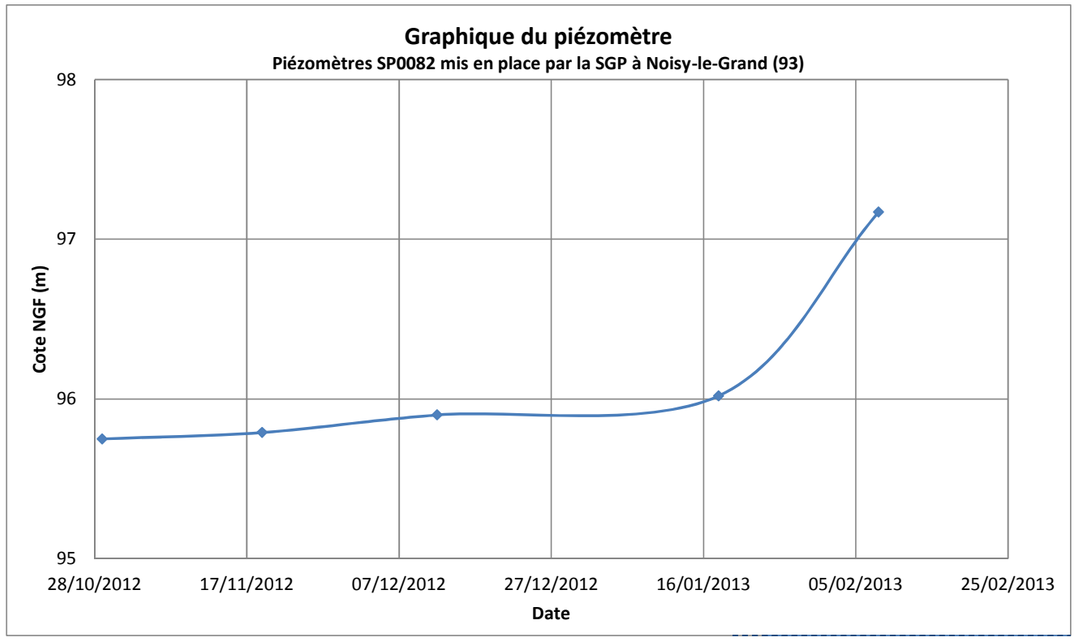
Chronique piézométrique des sables de Fontainebleau observée sur un piézomètre sur la commune de Saclay (91)
(Figure réalisée grâce aux mesures issues de la banque de données ADES)

Au vu des suivis disponibles, les variations saisonnières de la nappe n'excèdent pas 0,6 mètre et le battement interannuel de la nappe des sables de Fontainebleau est de l'ordre de 1 m à 1,5 m.

b. Nappe des Calcaires de Brie

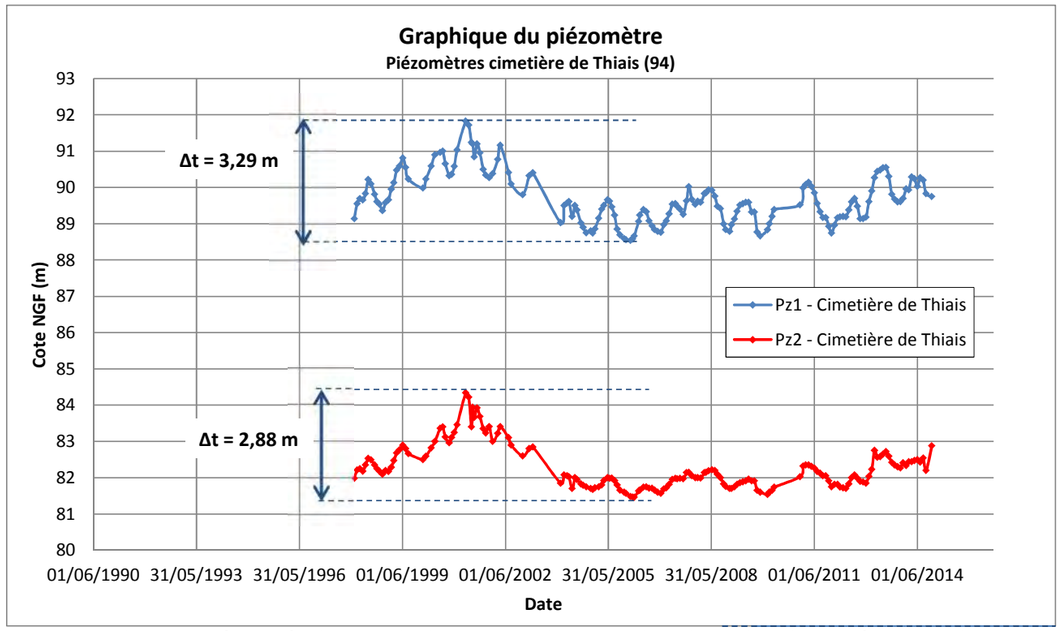
Le Calcaire de Brie étant présent à l'affleurement dans la partie est du secteur d'étude, les variations piézométriques dans ce secteur sont donc étroitement liées aux précipitations atmosphériques.

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 10 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de 1,42 m (au niveau de Noisy-le-Grand).



Chronique piézométrique des Calcaires de Brie observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Noisy-le-Grand (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

Par ailleurs, un suivi est disponible sur deux piézomètres situés dans le cimetière de Thiais (94), à quelques kilomètres au sud du secteur d'étude (cf. figure suivante).



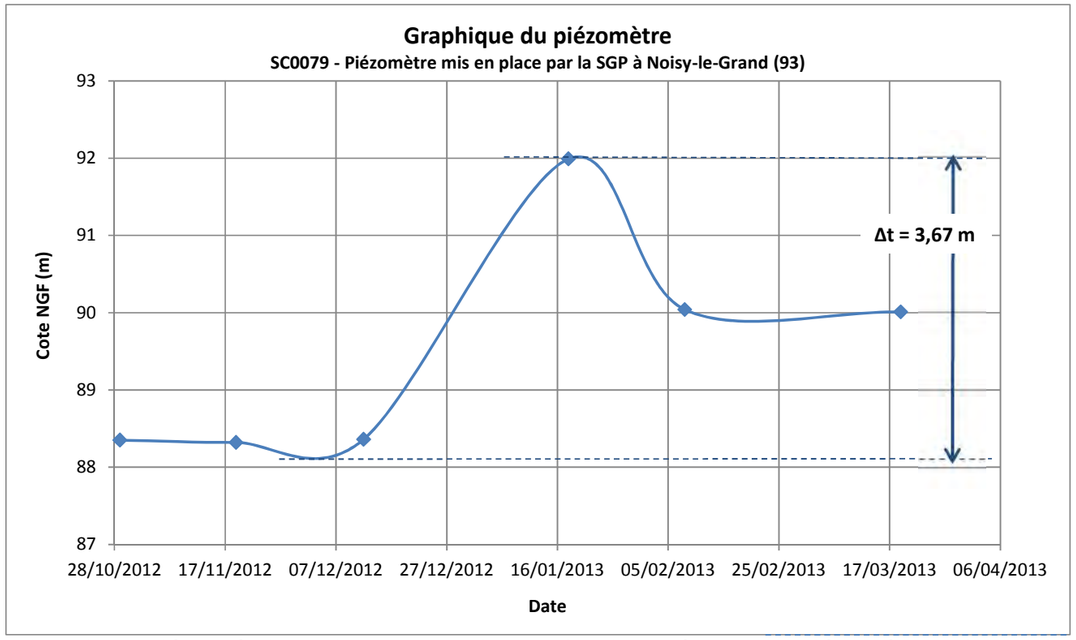
Chroniques piézométriques de la nappe du Calcaire de Brie observées sur deux piézomètres du cimetière de Thiais (94)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par le bureau d'étude BURGEAP)

Au regard des suivis piézométriques disponibles, les battements saisonnières de la nappe des Calcaires de Brie n'excèdent pas 0,6 mètre. Le battement interannuel observé est de l'ordre de 3 m. Le battement inter-saisonnier est de l'ordre de 1 m sur ces deux piézomètres.

Par ailleurs, la nappe du Calcaire de Brie fait l'objet d'un suivi de ses variations piézométriques sur un piézomètre de contrôle suivi par l'ADES, à Fontainebleau (77), à près de 50 km au sud de l'aire d'étude. Le battement interannuel observé entre mai 1997 et septembre 2014 est de 1,23 m.

c. Nappe des Marnes de Pantin

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 13 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de près de 5 m sur un piézomètre situé à Villejuif. Sur un piézomètre situé au niveau de Noisy-le-Grand, il atteint près de 3,7 m.



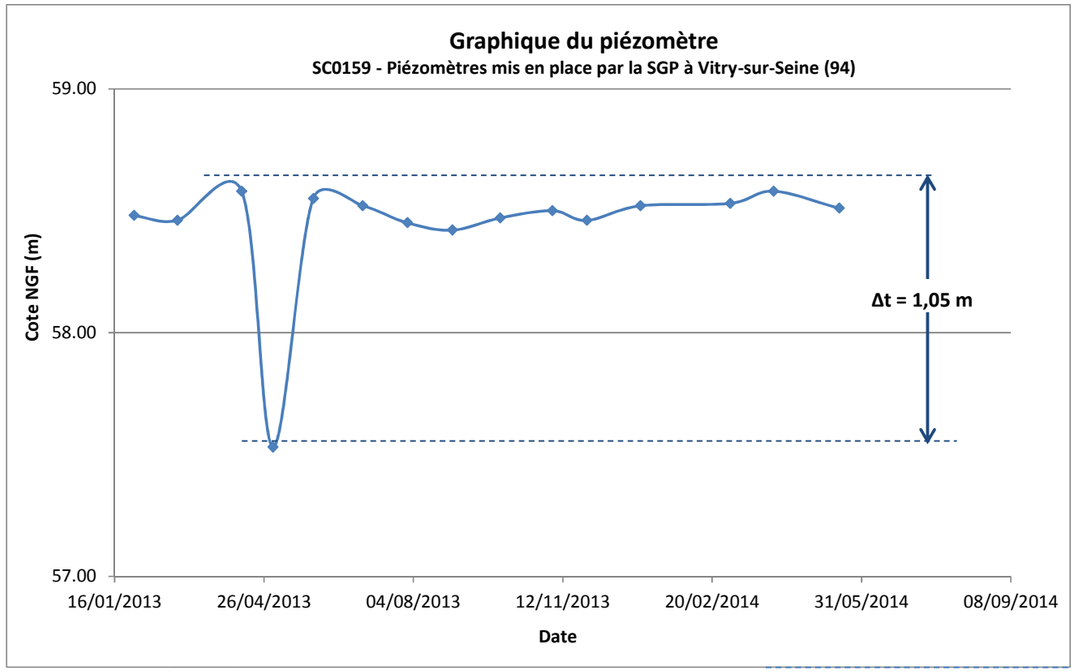
Chronique piézométrique des Marnes de Pantin observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Noisy-le-Grand (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

Par ailleurs, la nappe du des Marnes de Pantin ne fait l'objet d'aucun suivi de ses variations piézométriques à l'échelle du fuseau d'étude : il n'existe aucun piézomètre de contrôle suivi par l'Agence de l'Eau ou le BRGM.

D'après les premières mesures réalisées par les piézomètres de la Société du Grand Paris, le battement inter-saisonnier de la nappe des Marnes de Pantin peut être important, dépassant notamment 5 mètre au niveau du plateau de Villejuif.

d. Nappe des Masses et Marnes du Gypse

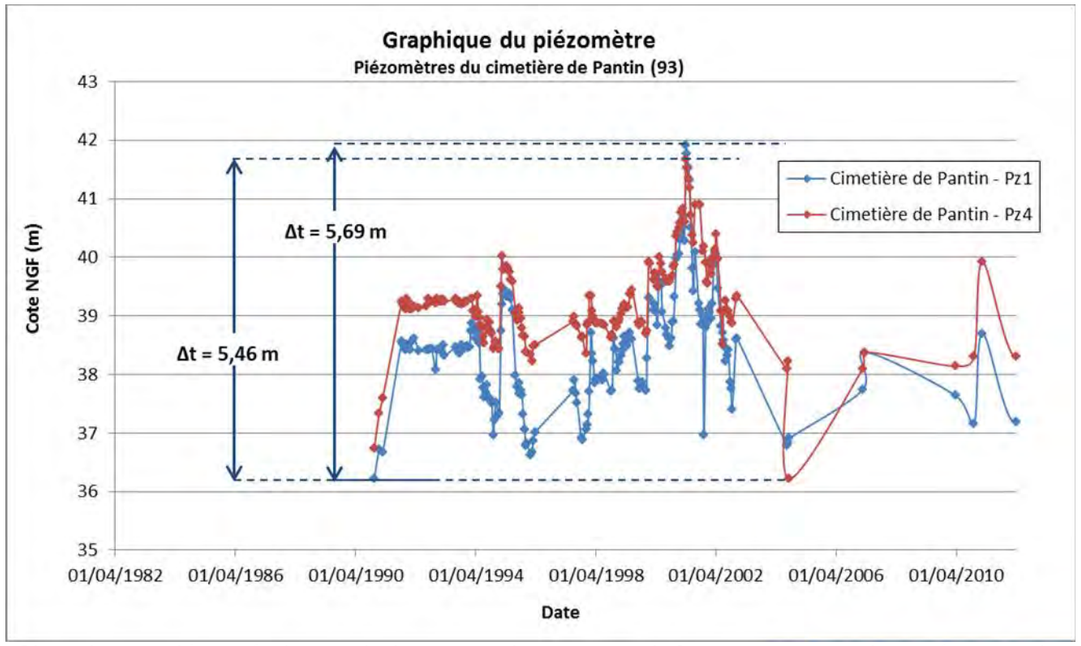
Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 4 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est d'environ 5,5 m sur un piézomètre situé à Villejuif. Sur le reste du secteur d'étude (à Vitry-sur-Seine notamment), il est d'au maximum 1 mètre.



Chronique piézométrique des Masses et Marnes du Gypse observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Vitry-sur-Seine (94)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

La nappe des Masses et Marnes du Gypse ne fait l'objet d'aucun suivi ADES de ses variations piézométriques à l'échelle du fuseau d'étude.

Toutefois, les variations du niveau piézométrique des Marnes infra-gypseuses sont disponibles sur deux piézomètres situés sur le cimetière de Pantin (93) (cf. figure suivante).



Chroniques piézométriques de la nappe des marnes infra-gypseuses observées sur deux piézomètres du cimetière de Pantin (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par le bureau d'étude BURGEAP)

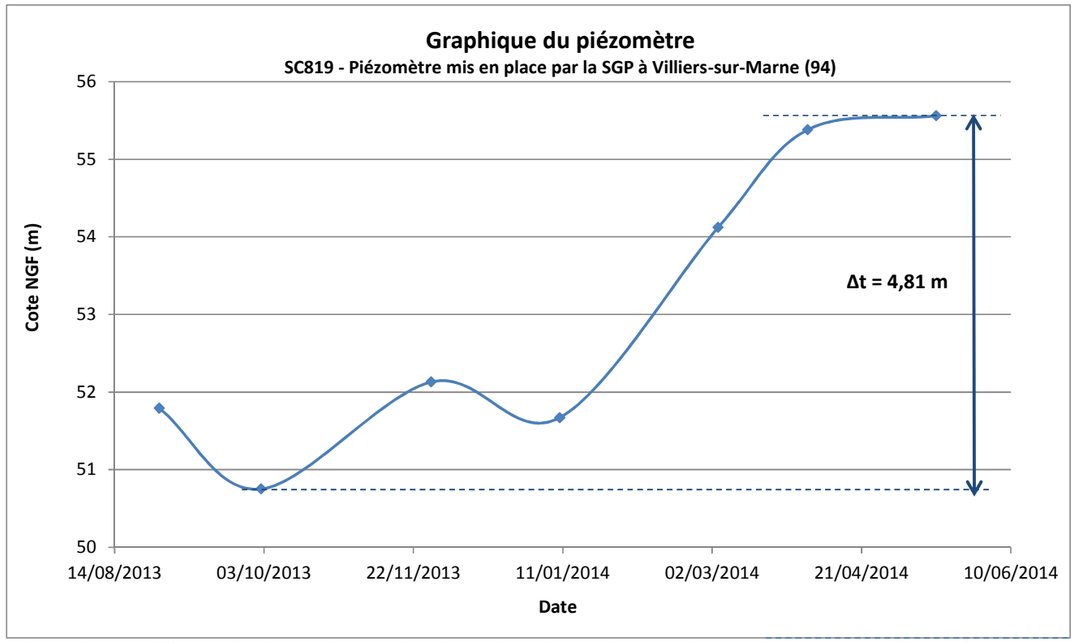
Les battements interannuels de la nappe observés entre 1990 et 2012 atteignent près de 5,5 m dans ce secteur.

Le battement de la nappe des Masses et Marnes du Gypse peut être relativement important au droit du secteur d'étude, pouvant dépasser 5 mètres au niveau du plateau de Villejuif.

e. Nappe des Calcaires de Champigny

La nappe est libre sur la partie est du secteur d'étude.

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 8 ouvrages mis en place par la Société du Grand Paris et captant spécifiquement cet aquifère. Sur la période de suivi, entre septembre 2012 et juillet 2013, le battement maximal observé est de 4,8 m, au niveau de Villiers-sur-Marne.



Chronique piézométrique des Calcaires de Champigny observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Villiers-sur-Marne (94)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

L'aquifère du Calcaire de Champigny fait également l'objet d'un suivi quantitatif par trois ouvrages du réseau ADES dans le secteur :

- Un piézomètre à Evry-Gregy-sur-Yerre (77) où le battement maximal observé atteint plus de 5 mètres ;
- Un piézomètre à Brie-Comte-Robert (77) où le battement observé atteint 6,4 mètres ;
- Un piézomètre à Roissy-en-Brie (77) où le battement maximal observé est de 3,4 mètres.

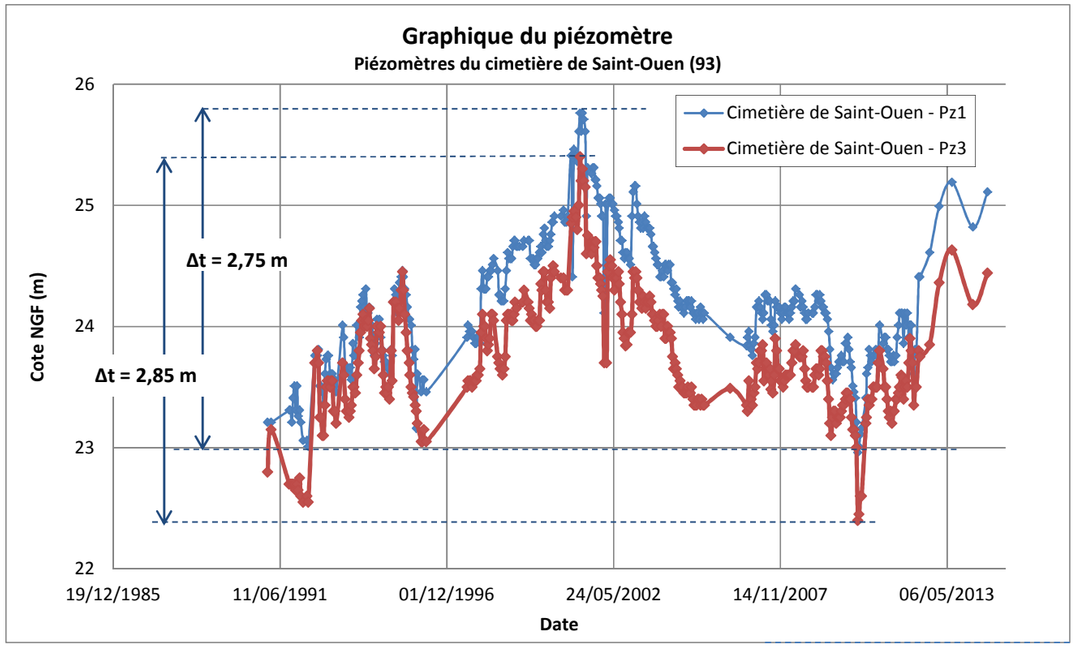
Le battement observé sur les piézomètres captant la nappe des Calcaires de Champigny est relativement fort, ce qui peut générer des battements dépassant 6 mètres sur le plateau de Champigny, à l'est du secteur d'étude.

f. Nappe des Calcaires de Saint-Ouen

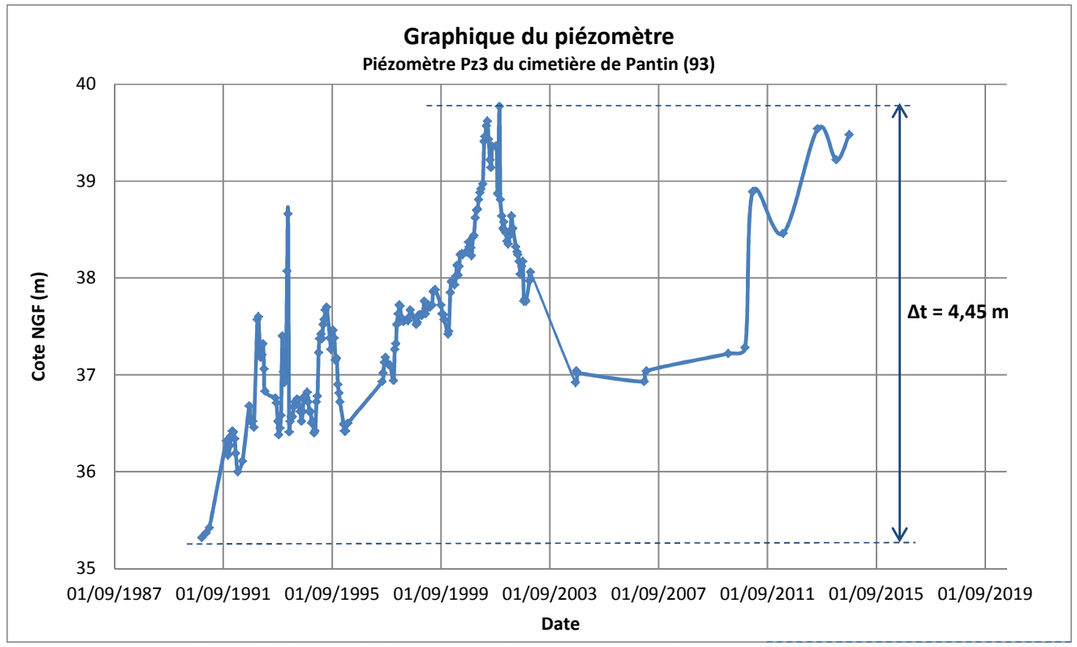
Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 11 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de 1 m, à Vitry-sur-Seine (94).

L'aquifère du Calcaire de Champigny fait également l'objet d'un suivi quantitatif par un ouvrage du réseau ADES dans le secteur. Le battement observé sur cet ouvrage situé à Villevaud (77) atteint 2,1 m.

Des suivis sur les piézomètres des cimetières de Saint-Ouen et de Pantin sont également disponibles.



Chroniques piézométriques de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen observées sur deux piézomètres du cimetière de Saint-Ouen (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par le bureau d'étude BURGEAP)



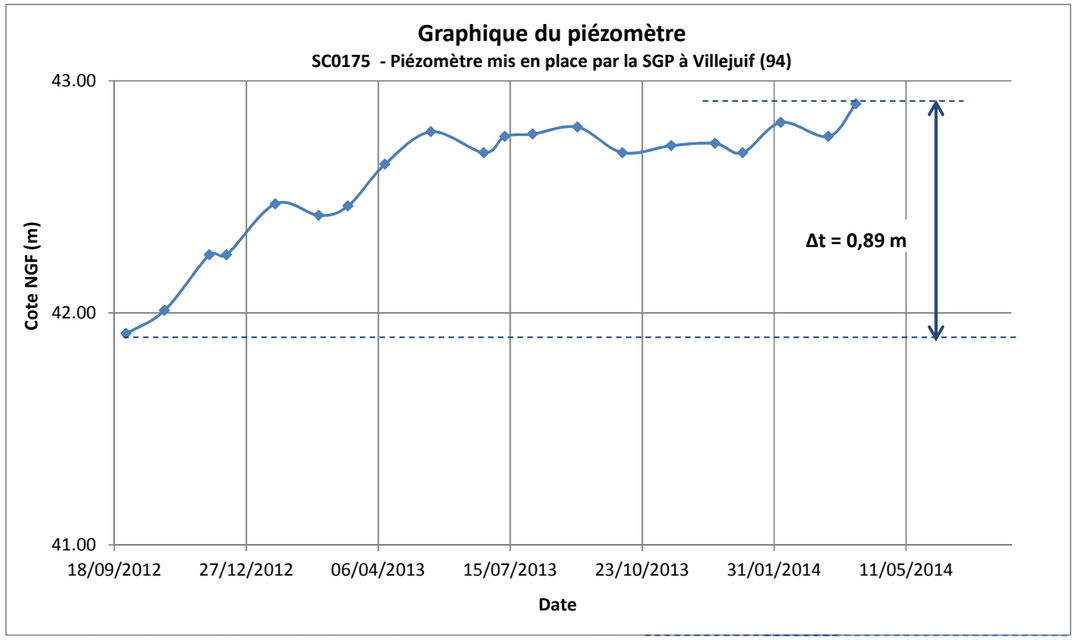
Chronique piézométrique de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen observée sur un piézomètre du cimetière de Pantin (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par le bureau d'étude BURGEAP)

Les battements interannuels atteignent près de 4,4 mètres sur le cimetière de Pantin (valeur maximale issue du suivi piézométrique le plus long disponible). Toutefois, les battements inter-saisonniers sont beaucoup plus faibles ; ils sont de l'ordre de 1,5 m sur les chroniques disponibles.

La tendance générale des suivis de cette nappe montre qu'actuellement, elle se trouve dans une période de relativement hautes eaux

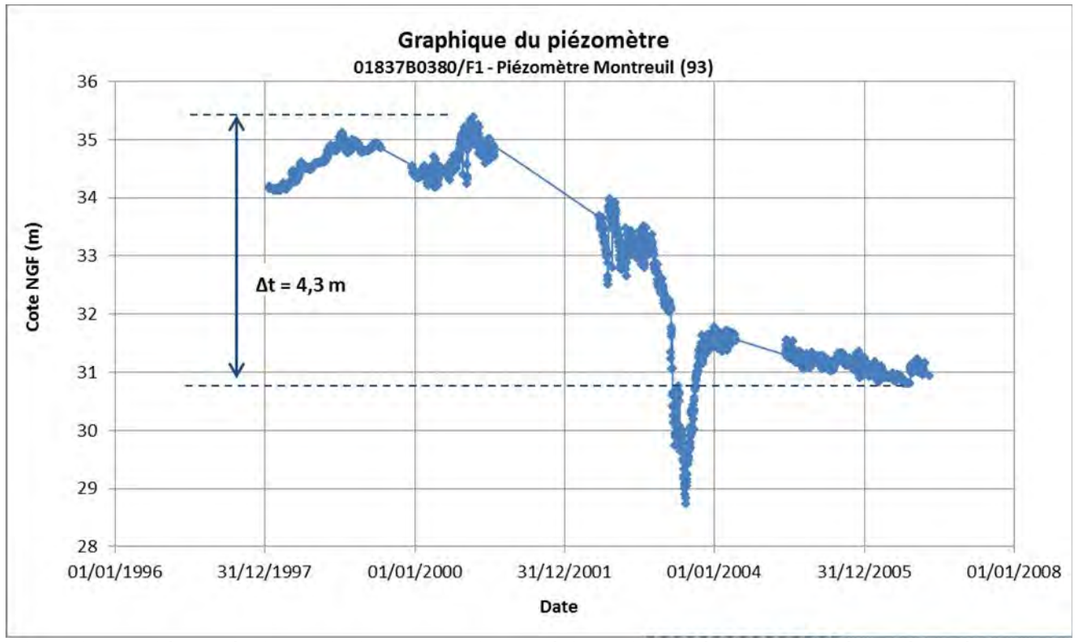
g. Nappe du Lutétien

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 43 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de 2,6 m, à Cachan (94). Sur la quasi-totalité des ouvrages, le battement observé est inférieur à 1 m.



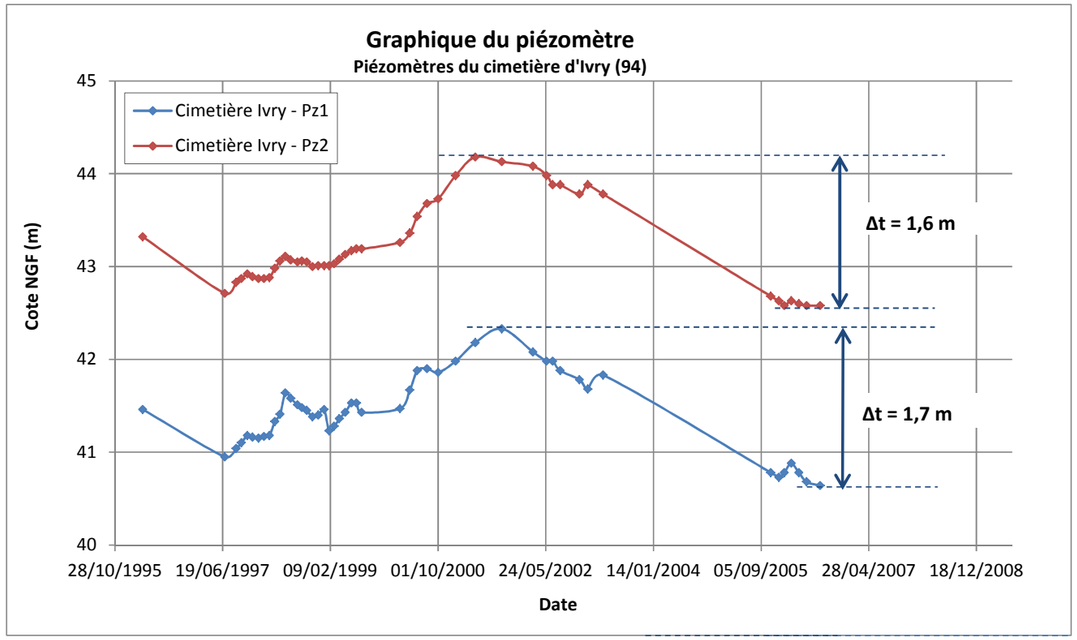
Chronique piézométrique des Marnes et Caillasses du Lutétien observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Villejuif (94)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

L'aquifère du Lutétien fait l'objet d'un suivi quantitatif par un ouvrage du réseau ADES à proximité du secteur d'étude, sur la commune de Montreuil (cf. figure suivante). Le battement interannuel observé sur cet ouvrage atteint 4,3 mètres. Cette valeur relativement forte est certainement due à la forte diminution du niveau piézométrique observée, qui est certainement à associer à un pompage qui aurait débuté en janvier 2003 et se serait terminé en aout 2003.



Chronique piézométrique de la nappe du Lutétien observée sur un piézomètre à Montreuil (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures issues de la banque de données ADES)

Cette nappe est également suivie sur deux piézomètres du cimetière d'Ivry-sur-Seine (94) (cf. figure ci-dessous).

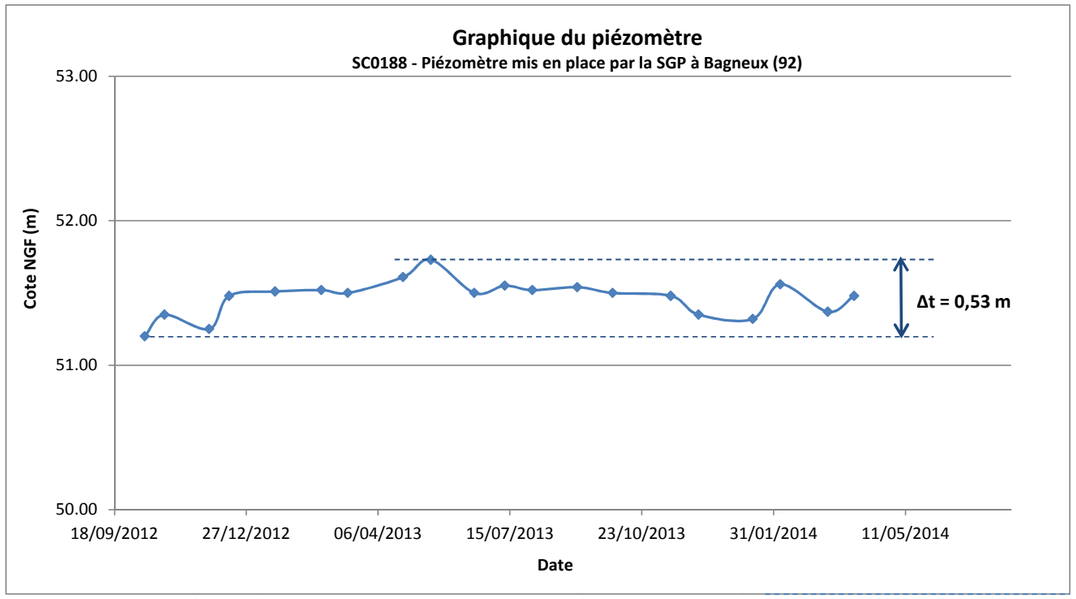


Chroniques piézométriques de la nappe du Lutétien observées sur deux piézomètres du cimetière d'Ivry (94)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par le bureau d'étude BURGEAP)

Le battement interannuel de la nappe du Lutétien est de 1,6 mètre dans le secteur d'étude sur la période d'étude (04/1996 – 08/2006) et le battement saisonnier est de l'ordre de 0,5 mètre.

h. Nappe des sables Yprésien

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 8 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de 0,8 m à Châtillon (92). Sur la quasi-totalité des ouvrages, le battement observé est inférieur à 1 m.

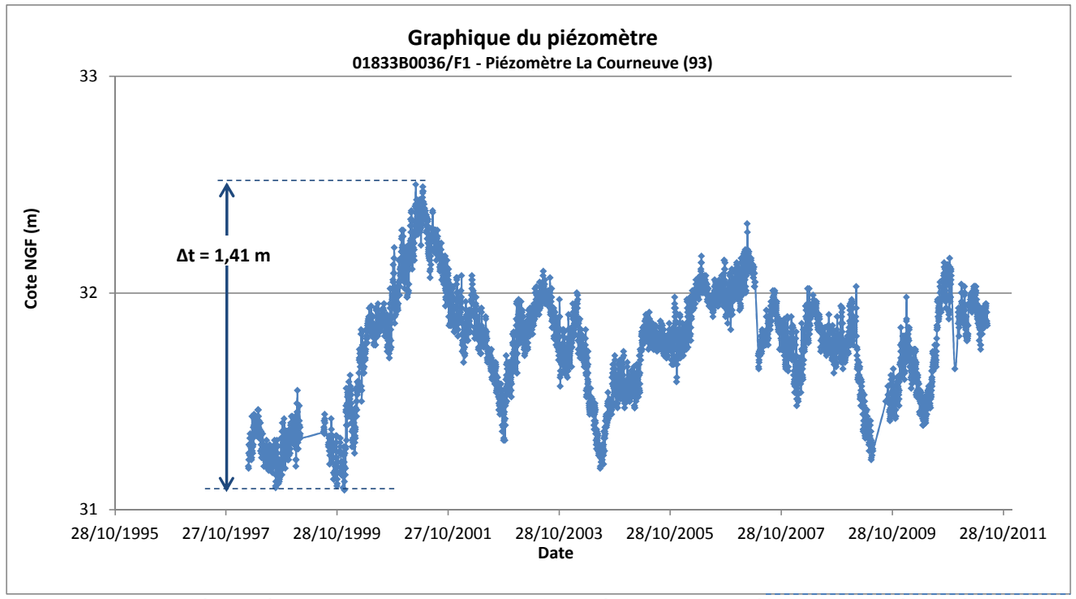


Chronique piézométrique des sables de l'Yprésien observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Bagneux (92)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

L'aquifère des sables yprésiens fait également l'objet d'un suivi quantitatif par deux ouvrages du réseau ADES à proximité du secteur étudié :

- un piézomètre à La Courneuve (93) où le battement interannuel observé atteint 1,4 m ;
- un piézomètre à Paris (75) où le battement interannuel observé atteint 4,3 mètres, influencé par le démarrage et l'arrêt de pompages dans le secteur (EOLE, METEOR).

Le battement annuel inter-saisonnier observé sur ces deux ouvrages est de l'ordre de 1 m.

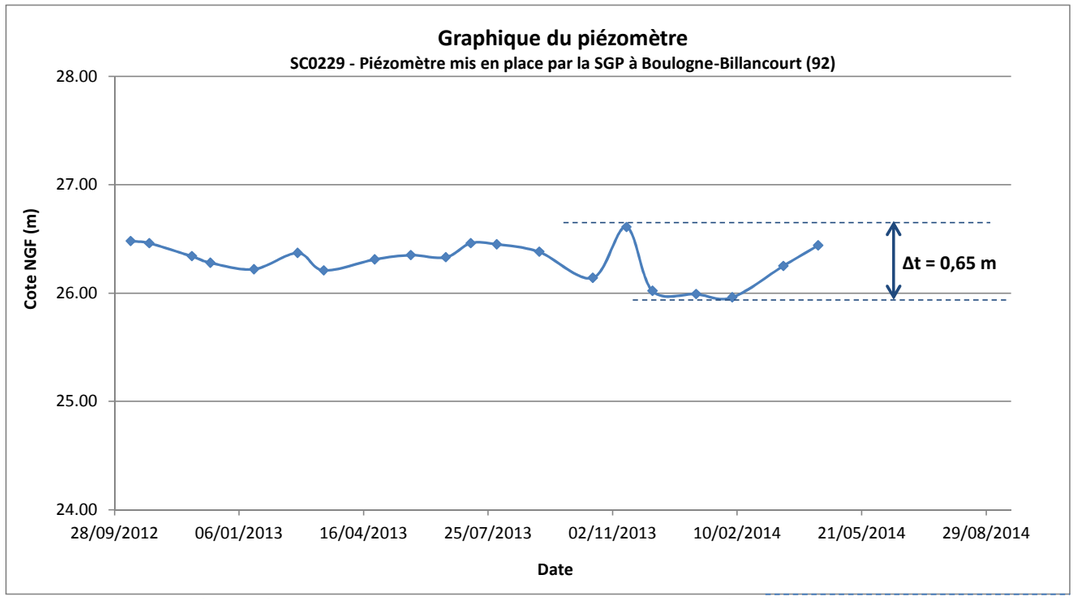


Chronique piézométrique de la nappe de l'Yprésien observée sur un piézomètre à La Courneuve (93)
(Figure réalisée grâce aux mesures issues de la banque de données ADES)

Les battements inter-saisonniers de la nappe des sables yprésiens sont de l'ordre du mètre dans le secteur d'étude.

i. Nappe du Montien et de la Craie

Les variations piézométrique de cette nappe sont relevées sur 30 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement observé sur ces ouvrages est compris entre 0,2 et 1,2 m.



Chronique piézométrique de la nappe de la Craie observée sur un piézomètre mis en place par la SGP à Boulogne-Billancourt (92)
(Figure réalisée grâce aux mesures réalisées par la Société du Grand Paris)

Une chronique enregistrée à Boulogne-Billancourt (92) entre janvier et avril 2003 montre un battement de 0,6 m.

Il n'existe aucun piézomètre de contrôle de la nappe de la Craie dans la banque de données ADES qui permettrait d'évaluer les variations piézométriques de la nappe sur une plus longue période.

Toutefois, l'IGC suit un certain nombre de piézomètres à la Craie. Un piézomètre situé sur l'Ile Saint-Louis montre des variations inter-saisonnières de la nappe de la Craie de l'ordre du mètre, et des variations interannuelles de l'ordre de 3 m.

Les battements inter-saisonniers de cette nappe devraient être relativement faibles au niveau du secteur d'étude, atteignant au maximum 1,5 m.

2.6.5.3 Synthèse des données sur le battement de la nappe

D'après les données météorologiques du Bassin Parisien des trente dernières années, l'année hydrologique 2000-2001 est particulièrement excédentaire. Cette période est particulièrement intéressante dans la mesure où elle a permis d'observer la réaction des nappes à une pluviométrie assez exceptionnelle.

L'ensemble des suivis piézométriques consultés confirme ce niveau maximal des nappes en 2001. Les suivis présentés ci-dessus qui couvrent une période comprise entre 2000-2001 et les années récentes semblent indiquer que les mesures récentes sont plutôt représentatives de conditions de moyennes eaux vis-à-vis de la recharge par les pluies.

Pour l'ensemble des nappes, les cycles saisonniers sont relativement réguliers et marqués : les hautes eaux varient généralement de janvier à juin et les basses eaux d'aout à novembre.

Nappe	Ouvrage de suivi	Periode de suivi analysée	Battement moyen intersaisonnier	Battement moyen interannuel	Periode de basses eaux	Periode de hautes eaux
Sables de Fontainebleau	02184X0099/F48 - Saclay (91)	04/2001 - 08/2014	0,4	1,1	juillet - septembre	février - mars
Calcaire de Brie	Cimetière de Thais	01/1998 - 11/2014	0,6	3	aout-octobre	mars-mai
Marnes de Pantin	aucun suivi diponible à une échelle de temps suffisante		0,2	-	-	-
Marnes infragypseuses	Cimetière de Pantin	11/1990 - 03/2012	-	5,5	aout-octobre	mars-mai
Calcaire de Champigny	02206X0030/S1 - Evry-Gregy-sur-Yerre (77)	03/1967 - 08/2004	2	5	aout-octobre	mars-mai
	02206X0085/F - Brie-Comte-Robert-(77)	01/1988 - 09/2014	2,5	6,3	aout-octobre	mars-mai
Caclaire de Saint-Ouen	Cimetière de Saint-Ouen	11/1990 - 09/2014	0,6	2,8	aout-octobre	février - avril
	Cimetière de Pantin	11/1990 - 09/2014	1,5	4,4	aout-octobre	mars-mai
Lutétien	Cimetière d'ivry	04/1996 - 08/2006	0,5	1,6	juillet-octobre	mars-mai
Yprésien	01833B0036/F1 -La Courneuve (93)	04/1998 - 05/2011	1	1,4	juillet-septembre	mars-mai
	01832D0136/F1 - Paris 8ème (75)	04/1974 - 08/2001	1	4,2	juillet-septembre	mars-mai
Craie	aucun suivi diponible à une échelle de temps suffisante		0,5	3	-	-

Synthèse des battements des nappes d'eau souterraines
(Source : données ADES et données BURGEAP)

La localisation des piézomètres du tableau précédent est présentée sur la carte ci-après.

2.6.5.4 Analyse des données piézométriques historique au regard de l'évolution des prélèvements

Les données piézométriques récentes ont été comparées avec les données piézométriques historiques disponibles de la région.

La plus ancienne carte piézométrique disponible a été publiée en 1868 par Delesse, elle concerne la nappe phréatique. Elle est considérée comme représentative d'un état piézométrique « naturel » c'est-à-dire en l'absence d'une urbanisation très étendue, en l'absence d'aménagements de cours d'eau et avec peu d'exploitations souterraines.

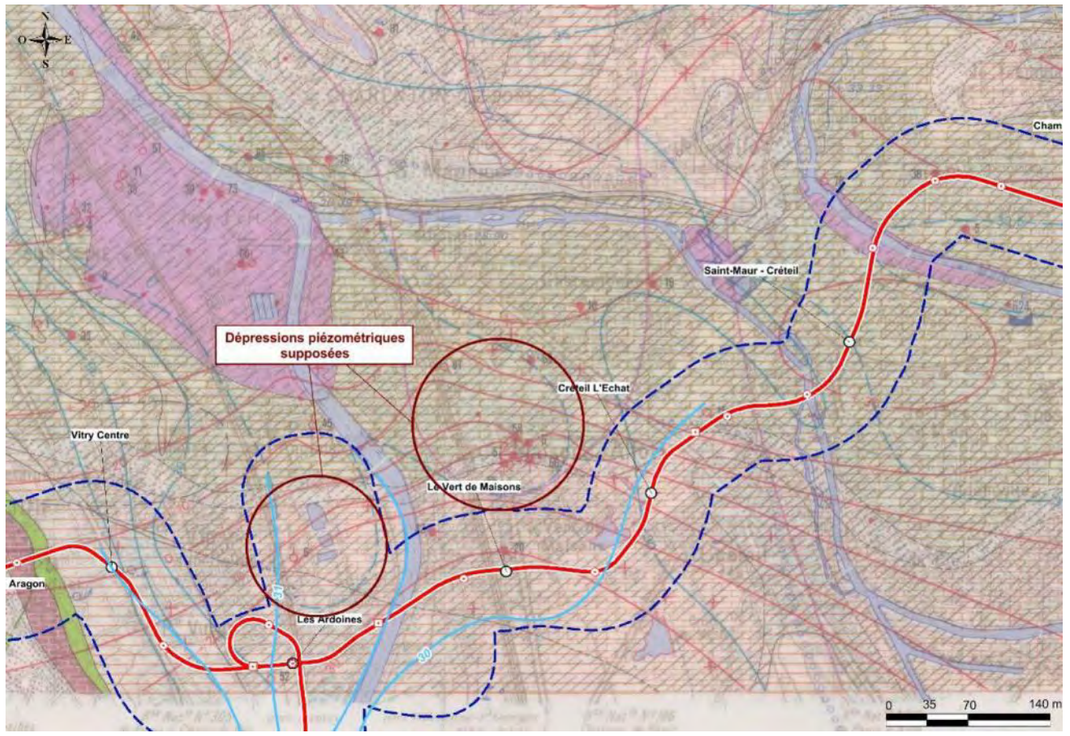
Une autre référence piézométrique historique est la carte piézométrique publiée en 1970 et établie par Diffre.

Dans le secteur de Maisons-Alfort et de la plaine de Vitry, la carte de Diffre met en évidence deux dépressions piézométriques caractérisées par des cotes de nappe à 27,5 m NGF. Le rabattement par rapport à la situation actuelle serait de 2 à 3 m environ. Ces dépressions semblent témoigner de l'effet de pompages. En effet, des pompages industriels ont été recensés dans ce secteur.

L'analyse du document du BRGM de 1966, BRGM DSGR 66 A66, permet d'estimer un débit prélevé moyen aux alentours de 250 m^3/h dans la zone de Maisons-Alfort (ce débit reste indicatif). En revanche, ce document ne permet pas d'évaluer le débit pompé au niveau de la zone de Vitry-sur-Seine.

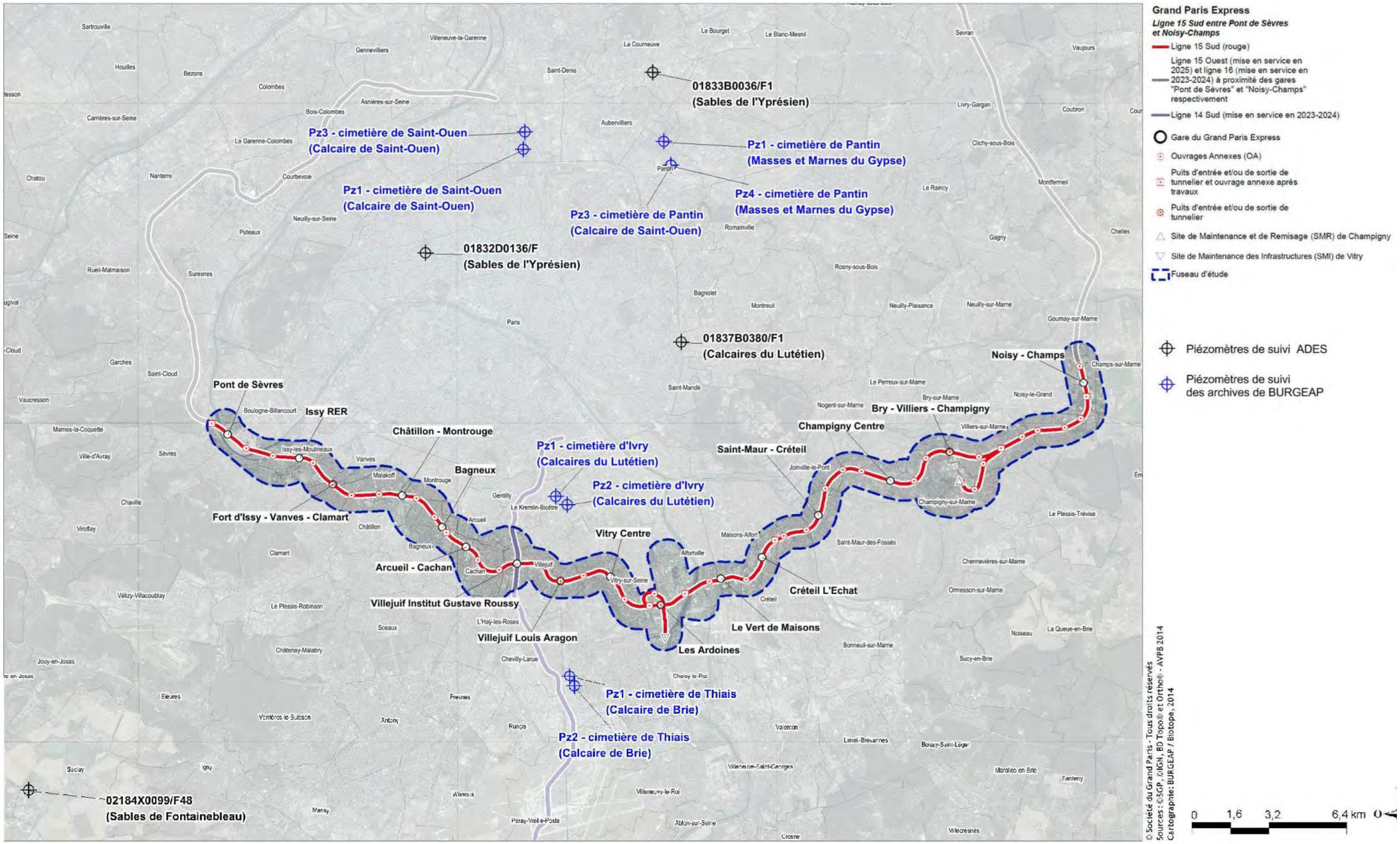
Dans le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt des cotes de nappe globalement inférieures aux cotes de Seine ont été recensées. Ceci traduit la présence d'exploitations importantes d'eau souterraine. Une dépression piézométrique est déjà mise en évidence dans ce secteur à l'époque de Delesse ce qui traduit le long historique de l'exploitation des eaux souterraines dans la boutonnière de Boulogne-Billancourt.

Hormis dans les zones précédemment citées, aucune différence piézométrique sensible n'apparaît en comparant la carte de Delesse, Diffre et la piézométrie actuelle. Il semble donc que la piézométrie ne soit pas ou peu perturbée par des activités anthropiques. D'après les données disponibles, aucune exploitation historique d'eau souterraine importante n'est recensée dans les zones de plateau.



Localisation des zones de dépression supposées sur la carte de Diffre
(Source : carte piézométrique de Diffre et données issues de la G1 et G2)

Localisation des ouvrages de suivi piézométriques
(Données issues de la banque de données ADES et des archives BURGEAP)



2.6.6 Relations nappe-rivière

Les relations hydrauliques entre nappe et rivière sont importantes à évaluer car elles déterminent :

- l'amplitude des fluctuations de nappe liées à une crue de cours d'eau ;
- la capacité de soutien d'un cours d'eau vers une nappe en cas de prélèvement dans celle-ci.

La relation hydraulique entre nappe et rivière dépend, entre autres, du colmatage du cours d'eau qui est difficile à mesurer sur le terrain.

En revanche, afin de juger de manière qualitative la relation de la Marne et de la Seine avec les aquifères superficiels, la formule simple suivante peut être utilisée :

$$A = A_0 . e^{-x\sqrt{\frac{\pi . S}{t_0 . T}}}$$

- A_0 : amplitude du cours d'eau ;
- x : distance au cours d'eau ;
- t_0 : durée de la crue ;
- T : transmissivité de l'aquifère (m^2/s) ;
- S : coefficient d'emmagasinement.

Le rapport S/T permet d'évaluer de manière qualitative cette relation nappe - cours d'eau. Ce rapport dépend d'une part des caractéristiques intrinsèques de l'aquifère et d'autre part du degré de colmatage du lit et des berges du cours d'eau.

Cette formule démontre que plus la distance au cours d'eau sera importante, plus le rapport S/T sera faible car moins dépendant du colmatage du cours d'eau et traduisant plus fidèlement les paramètres de l'aquifère. Par ailleurs, plus le rapport S/T est faible, plus le milieu transmet correctement l'onde de crue. Autrement dit, un rapport S/T apparent fort traduit un fort amortissement de l'onde de crue en nappe et un colmatage potentiellement important.

Dans le contexte géologique de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, le rapport S/T théorique devrait se situer entre 0,1 et 20 en tenant compte uniquement des caractéristiques des nappes superficielles et en supposant que le cours d'eau est parfaitement connecté à la nappe ;

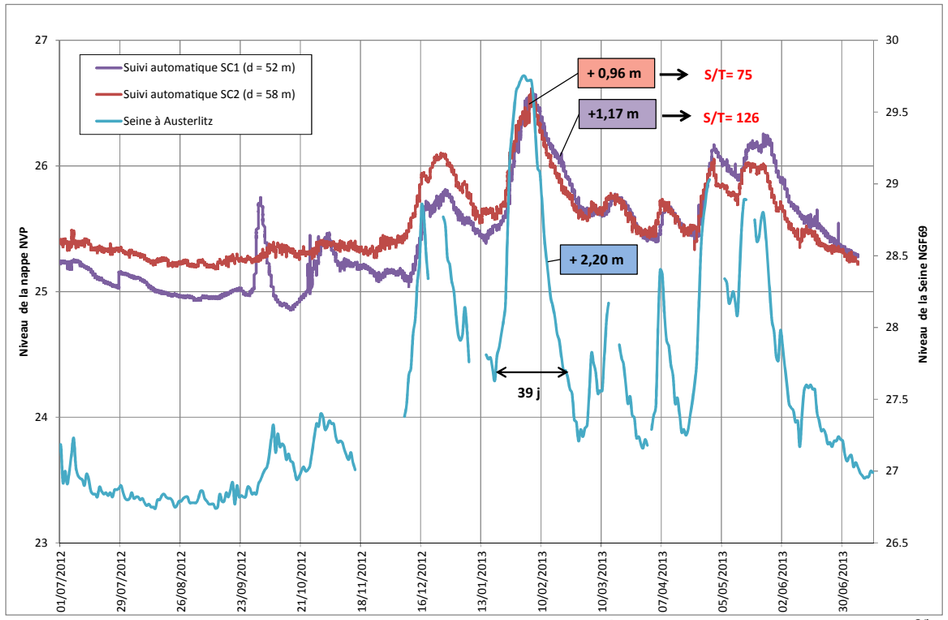
- ainsi, un rapport S/T supérieur à 20 traduit une mauvaise qualité de la relation nappe – cours d'eau et donc un colmatage du lit et des berges non négligeable ;
- plus le rapport S/T est fort, plus le colmatage du cours d'eau est significatif.
- au contraire un rapport S/T dans cette gamme traduit une bonne relation entre le cours d'eau et la nappe et donc un colmatage de la Seine ou de la Marne relativement faible.

Dans le secteur d'étude quelques enregistrements d'onde de crue de Seine et de Marne en nappe sont disponibles et ont permis de définir localement le rapport S/T.

Pour exemple, le graphique suivant présente l'enregistrement d'une onde de crue sur deux piézomètres SC1 et SC2, situés au niveau du Quai du Louvre, Paris 1er, respectivement à 52 m et 58 m de la Seine.

La durée de la crue (39 jours), l'amplitude de l'onde de crue de la Seine (2,20 m) et l'amplitude mesurée sur SC1 (1,17 m) et SC2 (0,96 m) ont permis d'estimer un rapport S/T théorique de 126 au droit du piézomètre SC1 et de 75 au droit du piézomètre SC2.

Ces rapports S/T élevés traduisent un fort colmatage de la Seine au centre de Paris, pouvant s'expliquer par l'importance des prélèvements dans ce secteur depuis des dizaines d'années.



Suivi d'une onde de crue sur deux ouvrages situés Quai du Louvre Paris 1er
(Source : données BURGEAP)

Le tableau suivant présente les rapports S/T déduits d'autres suivis d'ondes de crue disponibles dans le secteur d'étude.

Les données issues des ondes de crue sur le centre de Paris indiquent des rapports S/T plutôt forts ce qui laisse supposer que le fleuve est particulièrement colmaté au centre de Paris. Cette hypothèse peut s'expliquer par l'importance, depuis des dizaines d'années, des prélèvements d'eau souterraine qui conduisent la Seine à alimenter la nappe, favorisant une situation où les fines ont tendance à être plaquées contre le lit, augmentant ainsi le colmatage. Les données piézométriques disponibles en rive droite immédiate montrent une forte différence de charge entre la Seine et la nappe ce qui indique également un fort colmatage potentiel du fleuve.

Plus en amont du fleuve (Paris 13ème, Ivry-sur-Seine, Alfortville), il semble que les rapports S/T sont globalement plus faibles, ce qui laisse supposer une meilleure connexion nappe – cours d'eau, et donc un colmatage plus faible. Il en est de même au niveau de la Marne, où les rapports S/T sont également faibles.

Relation nappe – rivière et détermination du rapport S/T
(Données issues des archives BURGEAP)

Secteur	Rivière	Commune	Lieu-dit	Distance par rapport à la Seine (m)	S/T apparent	Contexte géologique	Commentaire
Paris 1er	Seine	Paris 1er	Quai du Louvre - SC1	52	75	Alluvions + Calcaire Grossier supérieur	S/T apparent largement supérieur au S/T théorique donc colmatage relativement importante
	Seine	Paris 1er	Quai du Louvre - SC2	58	126	Alluvions + Calcaire Grossier supérieur	
	Seine	Paris 1er	Quai du Louvre - PzA	91	145/207	Calcaire Grossier inférieur	
	Seine	Paris 1er	Quai du Louvre - PzC	142	75/137	Calcaire Grossier inférieur	
	Seine	Paris 1er	Quai du Louvre - PzH	177	90	Calcaire Grossier supérieur	
Paris 5ème	Seine au Pont de la Tournelle	Paris 5ème	Collège des Bernardins	250	60 à 65	Alluvions sur Lutétien	
Paris 13ème	Seine à Austerlitz	Paris 13ème	Rue neuve Tolbiac - Pz SP10	30	54	Alluvions sur Calcaire grossier	S/T apparent légèrement supérieur au S/T théorique donc colmatage moyen
	Seine à Austerlitz	Paris 13ème	Rue neuve Tolbiac - Pz F152	180	21	Alluvions sur Calcaire grossier	
	Seine à Austerlitz	Paris 13ème	Rue neuve Tolbiac - Pz SC33	355	29	Alluvions sur Calcaire grossier	
	Seine à Austerlitz	Paris 13ème	Rue neuve Tolbiac - Pz SC34	435	26	Alluvions sur Calcaire grossier	
Ivry-sur-Seine	Seine à Austerlitz	Ivry-sur-Seine	56, Quai Auguste Deshaies - Pz1	300	5	3 m d'alluvions anciennes semi-captives	S/T apparent légèrement du même ordre de grandeur que le S/T théorique donc colmatage relativement faible
	Seine à Austerlitz	Ivry-sur-Seine	56, Quai Auguste Deshaies - Pz2	80	40		
	Seine à Austerlitz	Ivry-sur-Seine	56, Quai Auguste Deshaies - Pz13	300	5		
Alfortville	Seine à Austerlitz	Alfortville	33, rue Veron	226	27	Alluvions sur Yprésien	
Marne à Gournay-sur-Marne	Marne à Gournay-sur-Marne	Chelles - Pz1	Rue du Pont Saint-Martin	1141	1.6 à 3.45	Alluvions	
	Marne à Gournay-sur-Marne	Chelles - Pz2	Rue du Pont Saint-Martin	1113		Alluvions	
	Marne à Gournay-sur-Marne	Chelles - Pz3	Rue du Pont Saint-Martin	1108		Alluvions	

2.6.7 Usages des eaux souterraines

2.6.7.1 Méthodologie associée au recensement des points de prélèvement en eau souterraine

Les données concernant les prélèvements en nappe dans le secteur sont issues :

- des registres de l'Agence de l'eau Seine Normandie (AESN) : les données les plus récentes disponibles datent de 2008. Les données à partir de cette année sont confidentielles. Certains ouvrages recensés à l'époque n'existent potentiellement plus ou ne sont plus utilisés.
- de l'« Inventaire des installations géothermiques sur eaux souterraines à Paris », réalisé par le BRGM en avril 2008 ;
- des données fournies par les services d'instruction des dossiers « Loi sur l'eau » d'Ile-de-France ;
- des données récoltées auprès de la RATP ;
- les données recensées auprès des foreurs d'eau de la région ;
- les archives internes de BURGEAP.

Cependant, ce recensement n'est pas exhaustif dans la mesure où tous les ouvrages de captage ne sont vraisemblablement pas déclarés à l'Agence de l'eau et aux services instructeurs.

2.6.7.2 Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage d'alimentation en eau potable

D'après les informations transmises par l'ARS d'Ile de France, il n'existe aucun forage destiné à l'alimentation en eau potable dans le fuseau de la Ligne 15 Sud. A proximité du fuseau, les captages AEP correspondent à des captages AEP de surface.

2.6.7.3 Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage industriel

Dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, les principales zones de concentration des points de prélèvement industriels correspondent aux anciennes zones industrielles, en particulier sur les communes de Boulogne-Billancourt et de Vitry-sur-Seine (ancienne Zone industrielle des Ardoines). Un nombre important de prélèvements industriels a également été recensé dans les vallées de la Seine et de la Marne.

Ce constat basé sur le recensement non exhaustif, est cohérent avec les données récentes transmises par certains foreurs en octobre 2014.

Enfin, l'usage agricole n'est que très peu représenté dans le fuseau de la Ligne 15 Sud ; un premier ouvrage a été recensé sur la commune d'Alfortville, un second sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. Il faut également souligner la présence de nombreux dispositifs de rabattement de nappe en phase chantier ou en phase définitive de bâtiments.

La localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage industriel est présentée sur les cartes des pages suivantes.

2.6.7.4 Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage géothermique

L'usage géothermique est également représenté dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, principalement sur les communes d'Issy-les-Moulineaux, de Boulogne-Billancourt, de Cachan et de Créteil.

Dans le secteur de la boutonnière de Boulogne, de nombreux dispositifs captent les formations de la Craie sous alluvions. Il s'agit pour la plupart de dispositifs de pompage/rejet en aquifère. Toutefois, deux installations recensées sur ce secteur rejettent les eaux pompées en Seine (BNP et Parc nautique de l'Ile Monsieur).

Un grand projet de géothermie sur nappe est actuellement en cours de réalisation sur la ZAC de l'Ile Seguin à Boulogne-Billancourt. Ce projet est porté par l'entreprise IDEX. Ce projet important prévoit la réalisation de 10 forages constitués de 4 forages de pompage et de 6 forages d'injection pour un débit de pointe de 1 500 m3/h. Ce projet n'est pas encore en fonctionnement.

Dans le secteur de la plaine de Vitry, plusieurs exploitations captant l'aquifère du Lutétien ou les sable de l'Yprésien ont été recensées. Il s'agit d'installation de pompage/rejet en aquifère.

Par ailleurs, sont également localisés les forages géothermiques captant l'aquifère du Dogger, mais du fait de leur profondeur importante (> 1 500 mètres) ne concernent pas le projet.

La localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage géothermique est présentée sur les cartes ci-dessous.

2.6.7.5 Autres points de prélèvement

Dans la boucle de Boulogne, des prélèvements en nappe sont également effectués pour la mise hors d'eau d'infrastructures souterraines (sous-sols de bâtiments ou lignes et gares RATP).

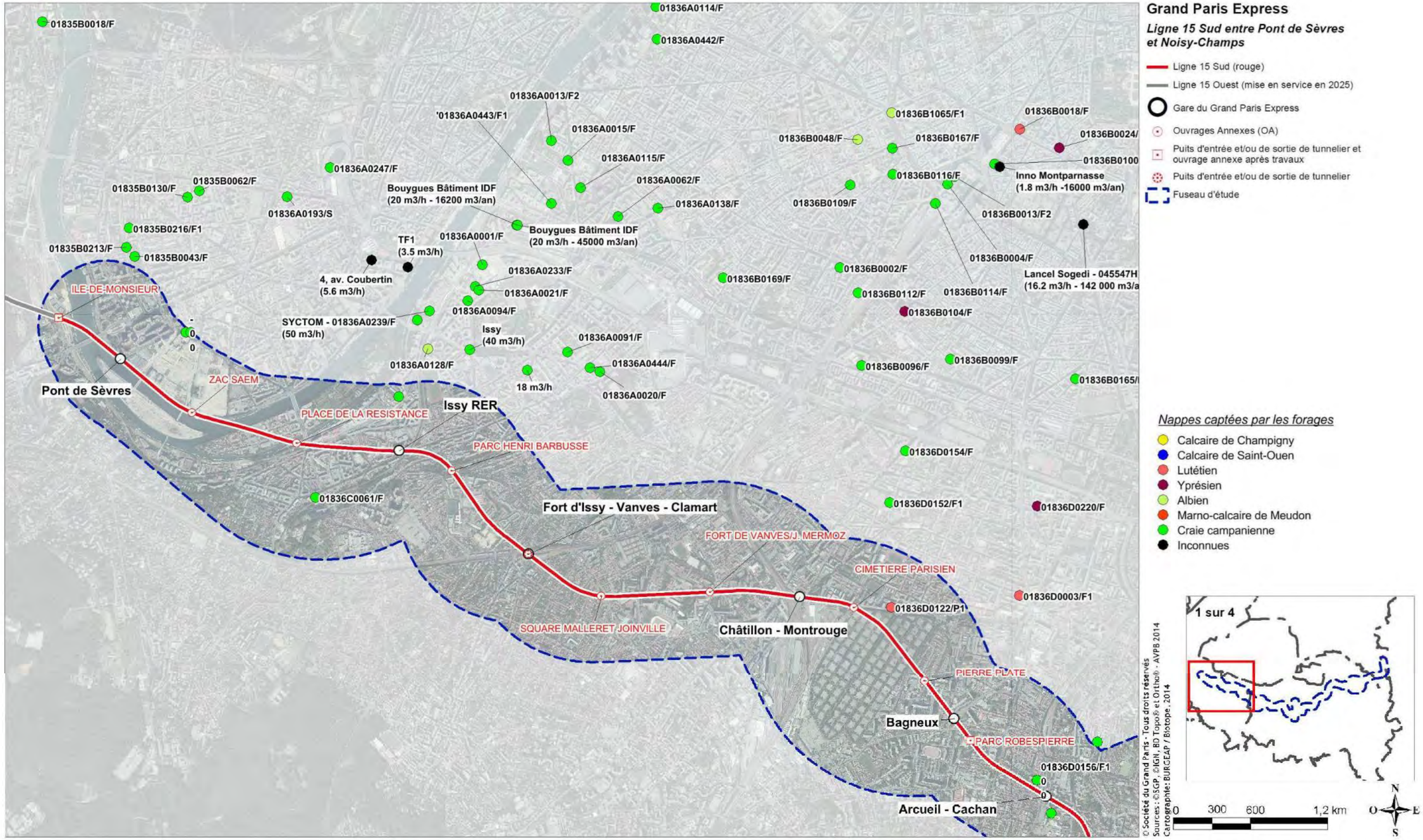
Le prélèvement le plus important est celui de la station de Javel (113,5 m^3/h en moyenne sur l'année). Un pompage est également présent à proximité de la Ligne 15 Sud de 0,6 m^3/h en moyenne sur la station RATP de Pont de Sèvres.

Le débit total prélevé et recensé représente, dans le secteur de la boutonnière de Boulogne, un débit moyen sur l'année de l'ordre de 375 m^3/h pour l'ensemble des pompages de mise hors d'eau des infrastructures.

La liste des installations de mis hors d'eau d'infrastructure n'est probablement pas exhaustive, et il est probable que des prélèvements non déclarés soit existant dans ce secteur.

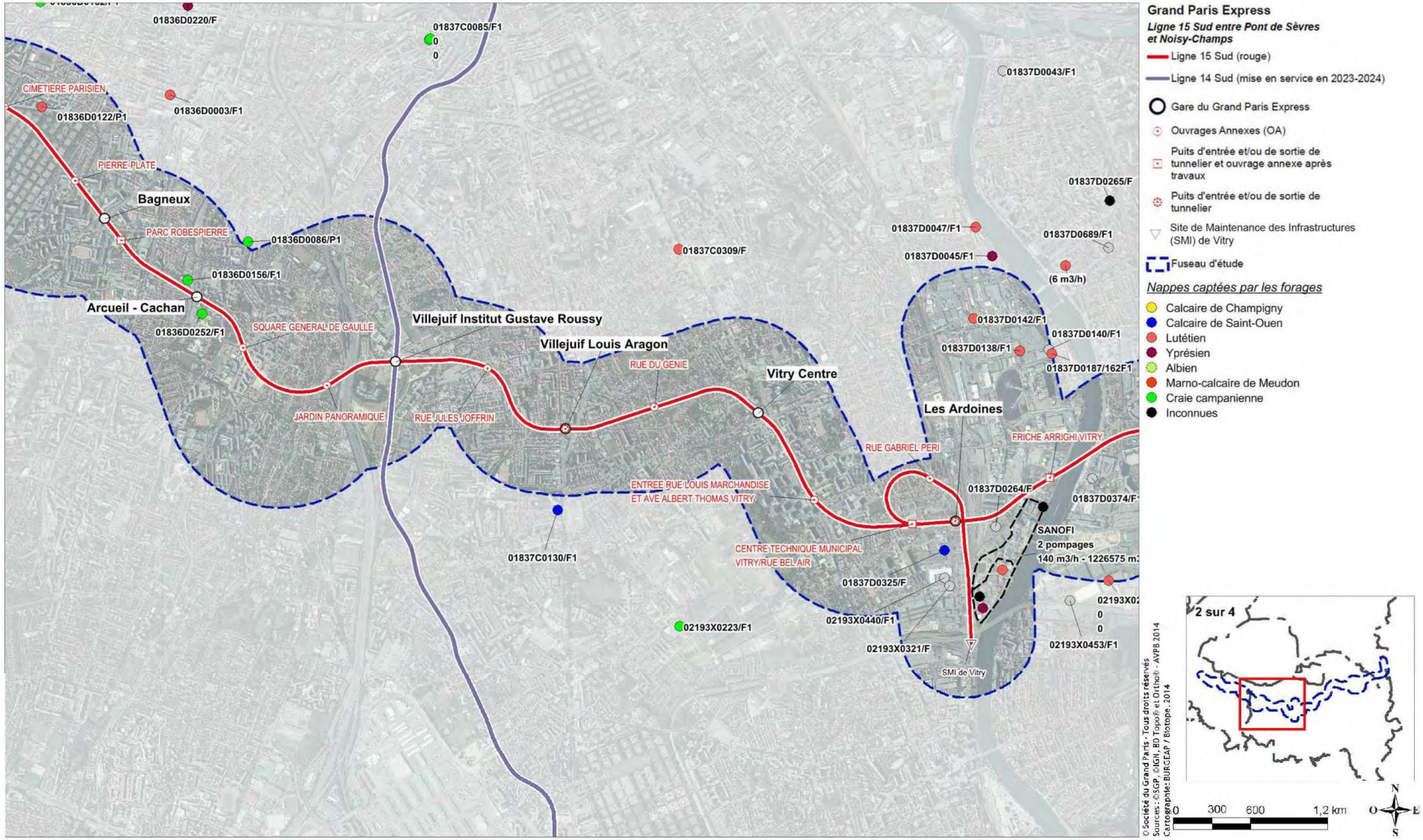
Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage industriel (Planche 1 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



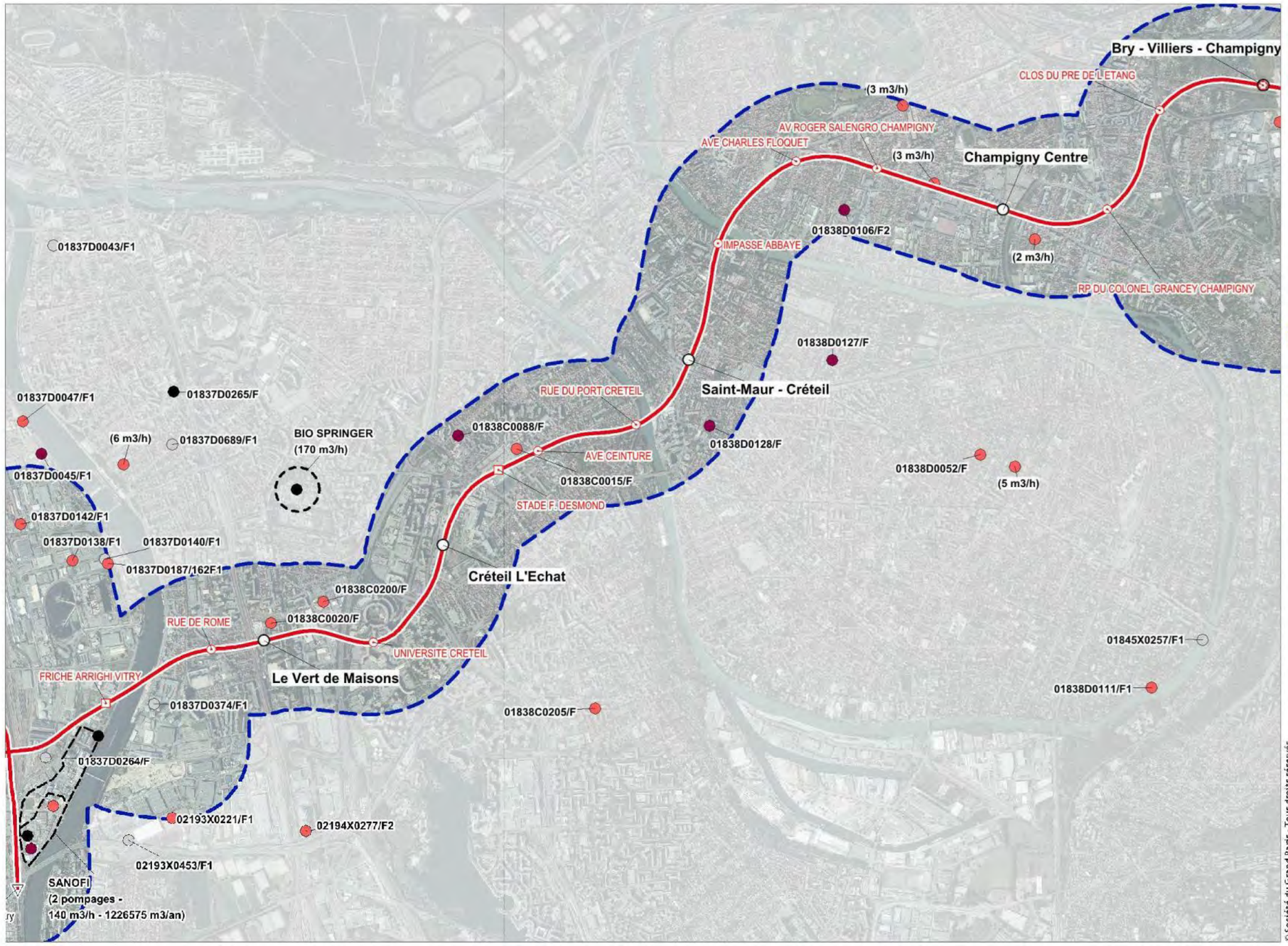
Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage industriel (Planche 2 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage industriel (Planche 3 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



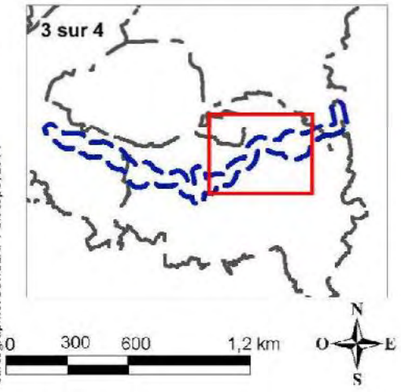
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

Nappes captées par les forages

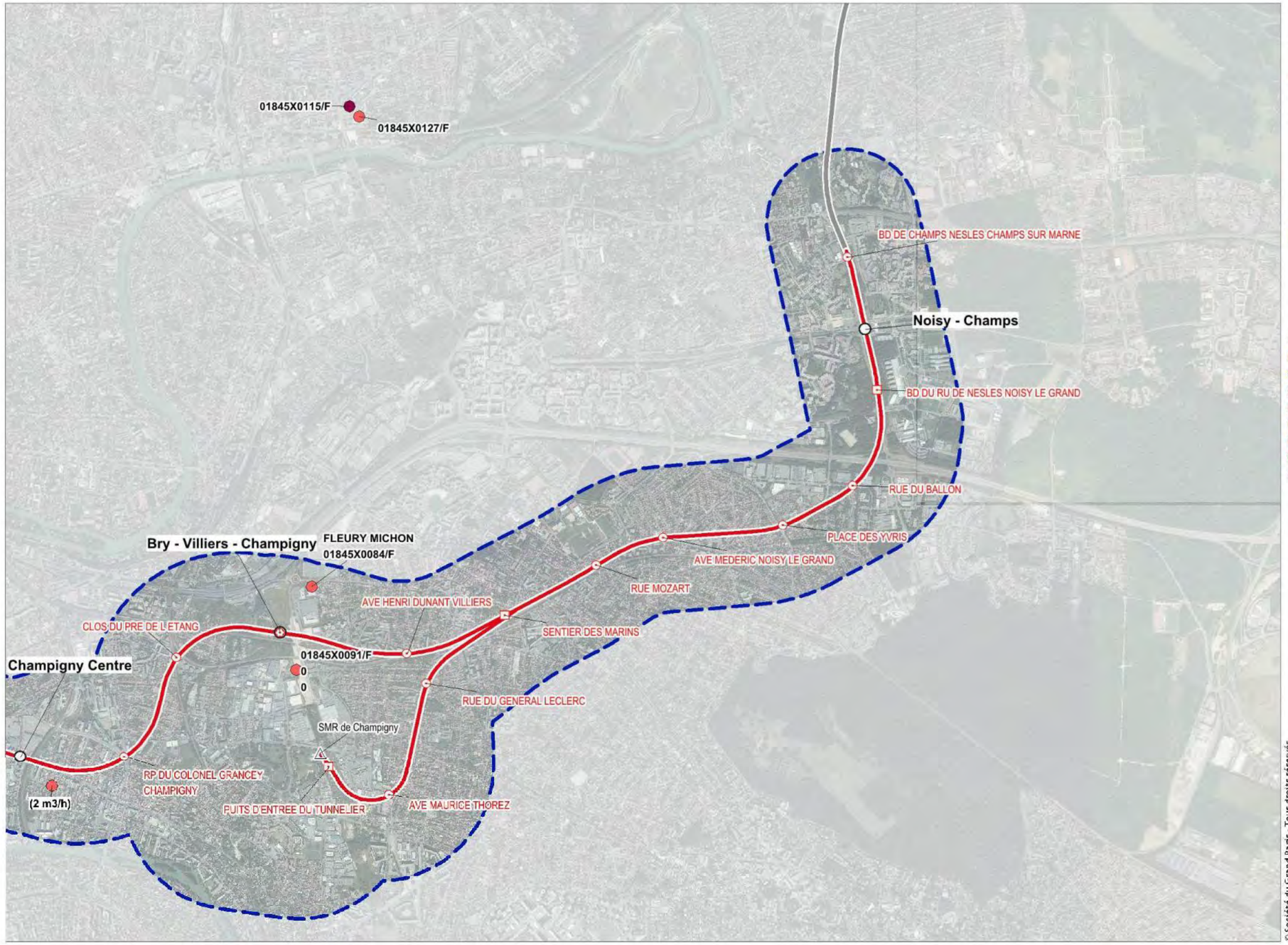
- Calcaire de Champigny
- Calcaire de Saint-Ouen
- Lutétien
- Yprésien
- Albien
- Marno-calcaire de Meudon
- Craie campanienne
- Inconnues



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho® - AVPB 2014
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage industriel (Planche 4 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



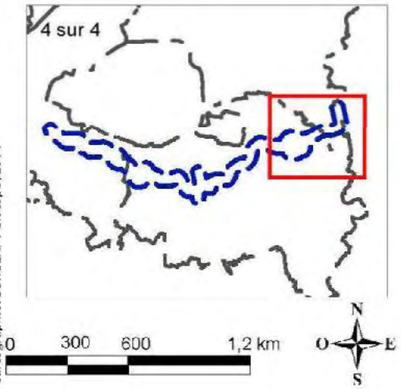
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

Nappes captées par les forages

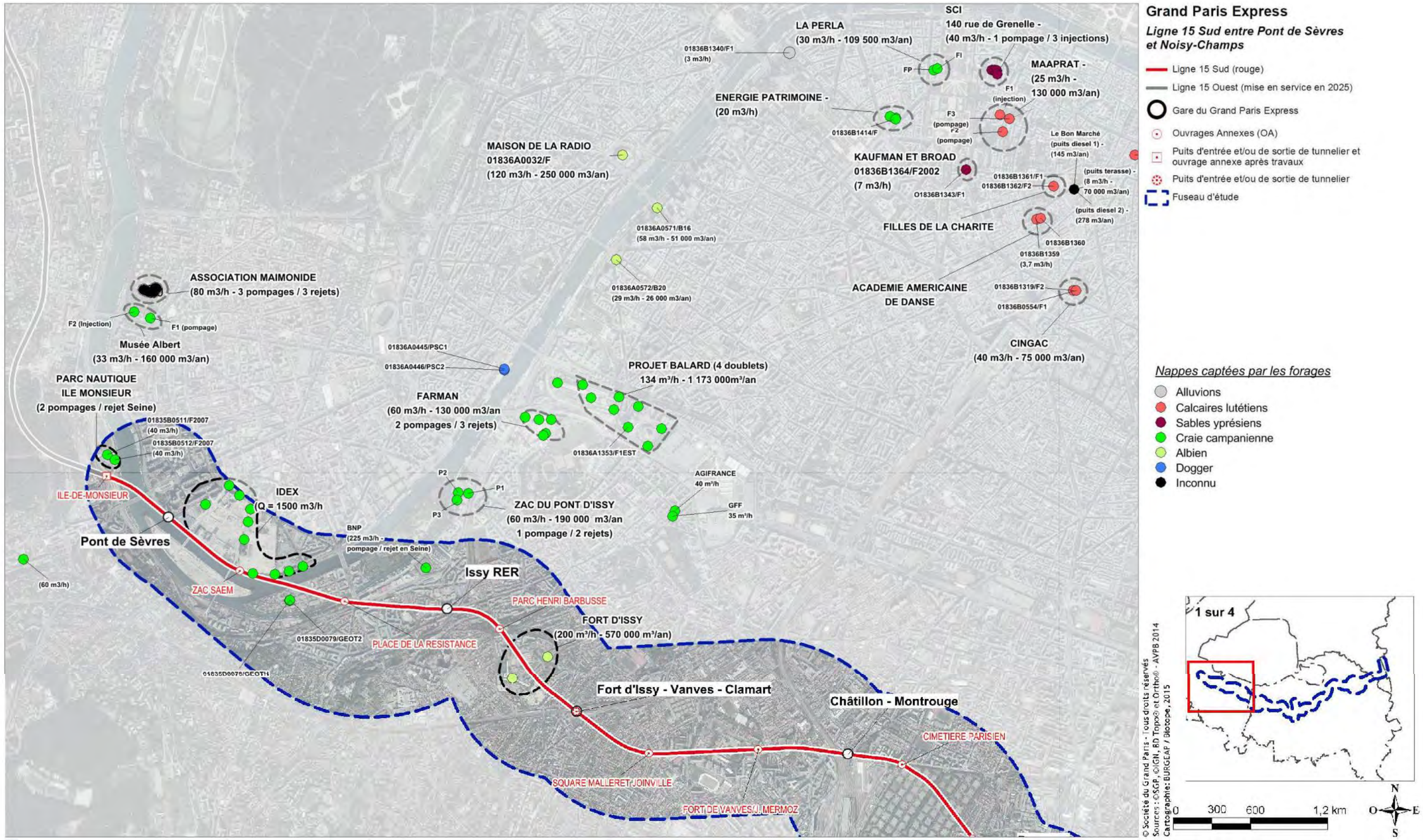
- Calcaire de Champigny
- Calcaire de Saint-Ouen
- Lutétien
- Yprésien
- Albien
- Marno-calcaire de Meudon
- Craie campanienne
- Inconnues



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho® - AVPB 2014
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

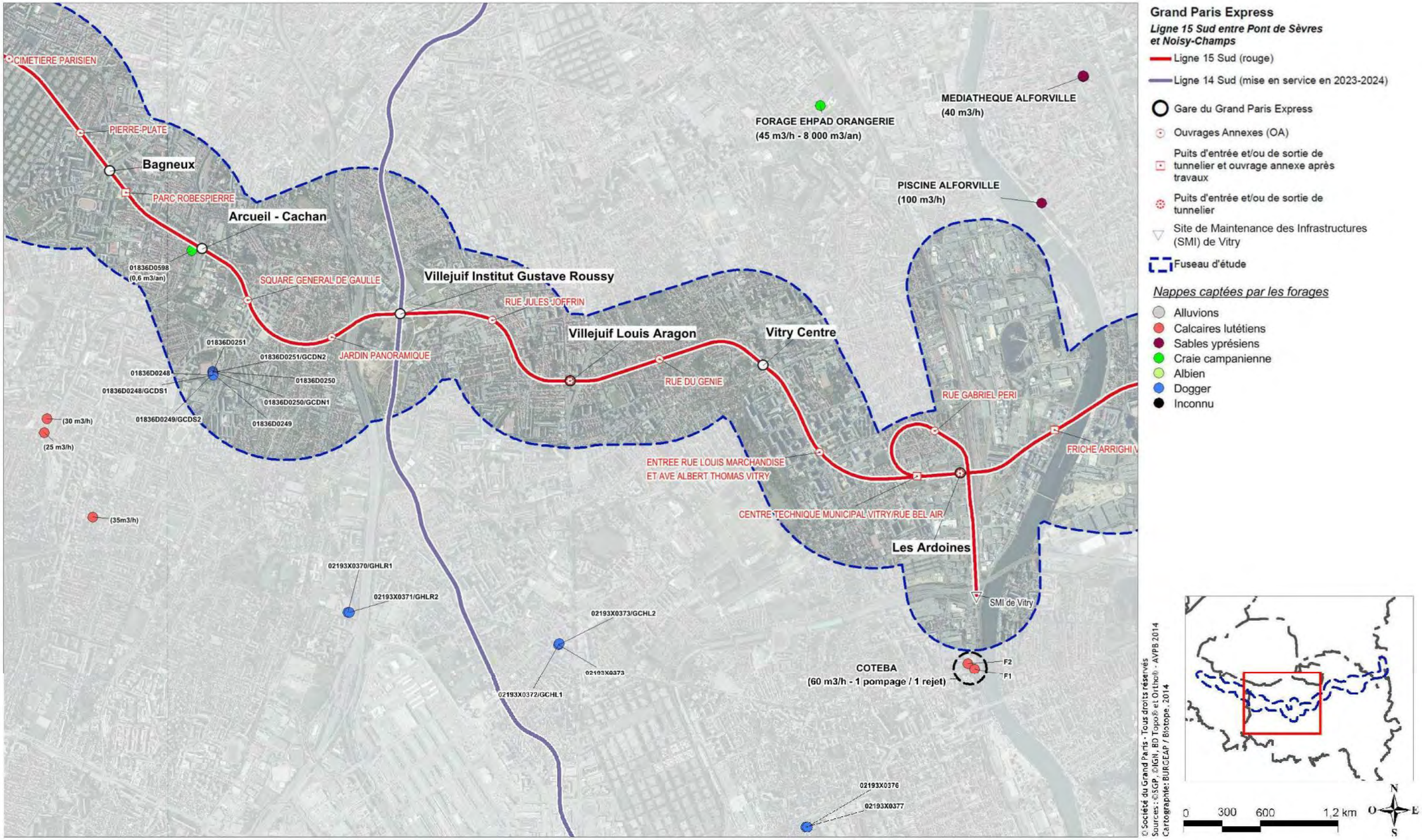
Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage géothermique (Planche 1 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



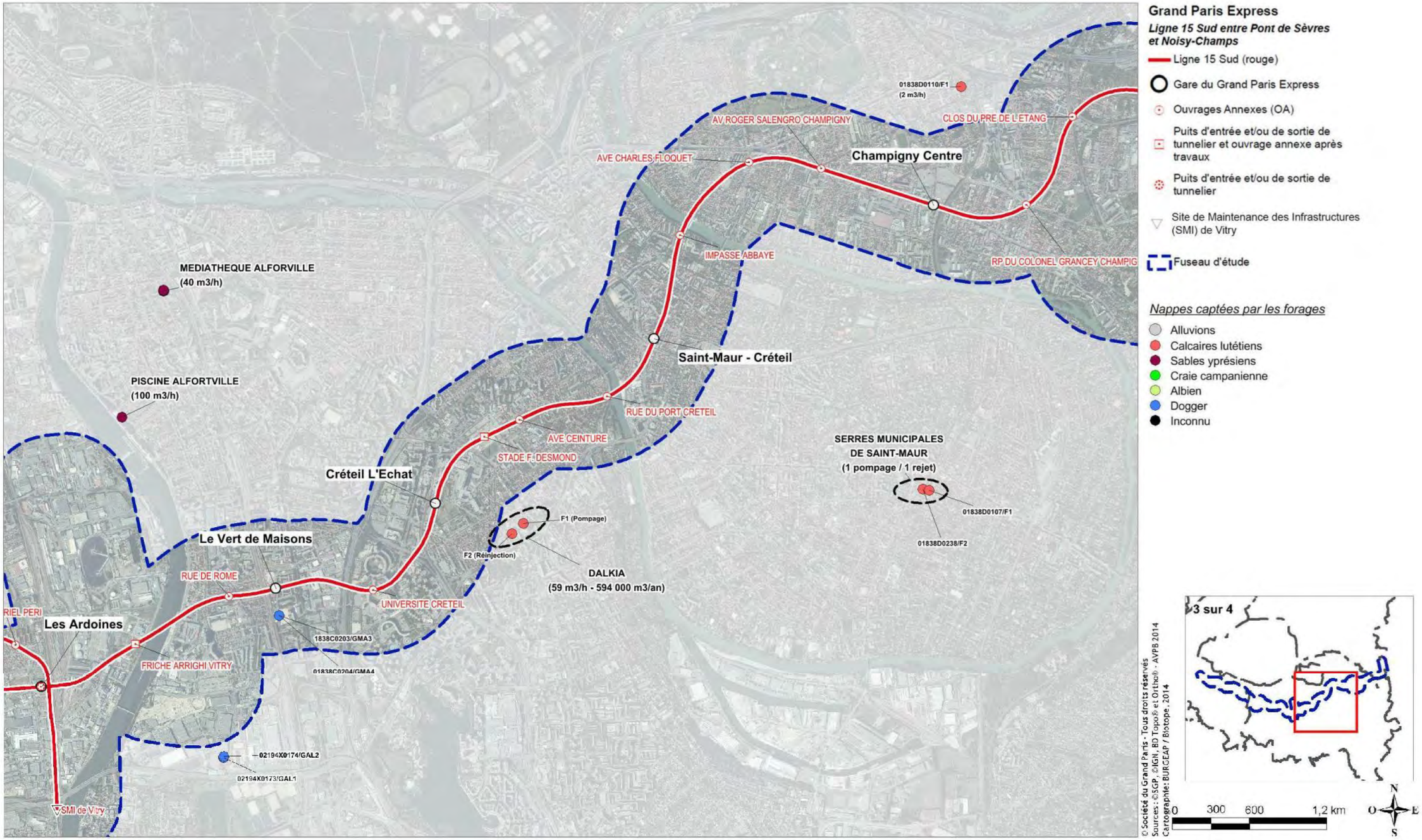
Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage géothermique (Planche 2 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



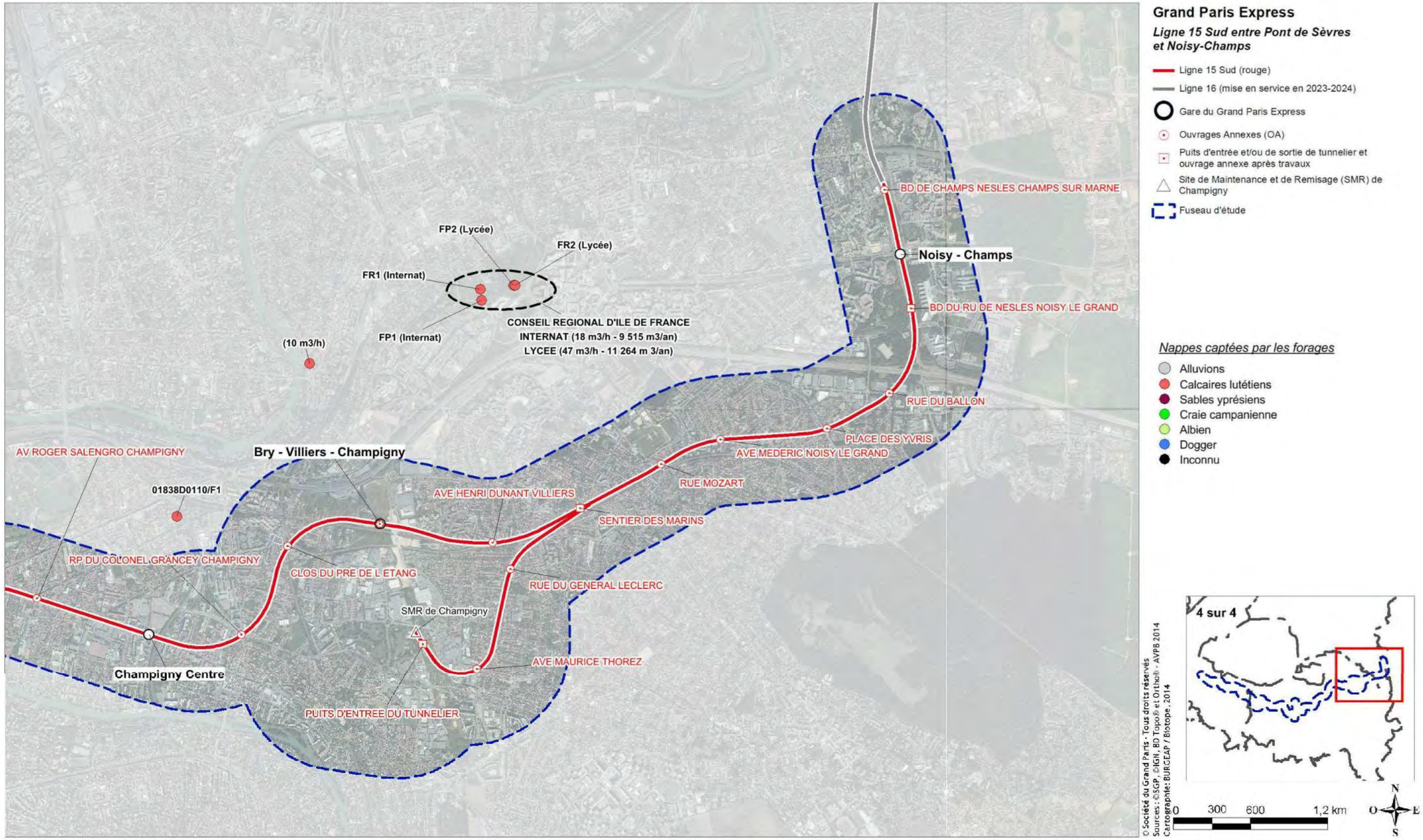
Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage géothermique (Planche 3/4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



Localisation des points de prélèvement en eau souterraine à usage géothermique (Planche 4 / 4)

(Données issues de l'AESN, des données BSS, des archives BURGEAP)



2.6.8 Qualité des eaux souterraines

En tout premier lieu, la qualité chimique des eaux souterraines peut être définie par le faciès chimique naturel propre à chaque eau. Ce faciès correspond à l'ensemble des caractères chimiques typiques d'une eau qui renseigne sur son origine.

Afin de décrire les faciès chimiques des nappes rencontrées dans l'aire d'étude, une synthèse bibliographique des données hydrochimiques du Bassin de Paris a été réalisée sur la base des documents suivants :

- Hydrogéologie du centre du bassin de Paris par Claude Mégnien – Mémoire BRGM – 1979 ;
- Hydrogéologie en Vallée de Seine par P. APOUROUX et L. DEVER – août 2003 – SPI Vallée de Seine ;
- Essai de cartographie de la qualité chimique des eaux souterraines de la France à l'échelle 1/ 1 000 000 – B. Lemoine – Février 1975.

Par la suite, un recensement des résultats d'analyses des eaux souterraines dans les dossiers BURGEAP a été réalisé. Le tableau des données est présenté ci-dessous. Ces données ont permis de compléter et valider les valeurs retenues dans la bibliographie.

2.6.8.1 Faciès chimique naturel des eaux souterraines

Les caractéristiques chimiques des eaux souterraines résultent des interactions entre l'eau et la roche durant son transfert dans l'aquifère.

La chimie des eaux est donc directement liée à la minéralogie du réservoir. Le faciès chimique d'une eau est défini par les concentrations respectives des huit éléments majeurs cités ci-dessous, auxquels il convient d'ajouter les quelques éléments traces qui peuvent avoir, en raison de leur concentration, une certaine importance (Fluor, Fer, Phosphate, Baryum, Bore, etc.).

- Bicarbonate HCO_3^- ;
- Calcium Ca^{2+} ;
- Sulfate SO_4^{2-} ;
- Magnésium Mg^{2+} ;
- Chlorure Cl^- ;
- Sodium Na^+ ;
- Nitrate NO_3^- ;
- Potassium K^+.

La véritable difficulté est d'avoir une image instantanée de l'état hydrochimique des eaux d'une nappe.

a. <u>Faciès chimique de la nappe des Sables de Fontainebleau</u>

Ce réservoir, quartzeux et légèrement carbonaté, délivre une eau carbonatée calcique mais faiblement minéralisée, avec des teneurs en silice significatives. Le sable n'étant pas glauconieux et l'aquifère libre étant sous conditions aérobies, le fer n'est présent qu'en concentration très faibles voire nulles. Les eaux issues de la partie inférieure de la formation peuvent avoir des concentrations en sulfate et/ou éléments traces plus importantes.

b. <u>Faciès chimique de la nappe des Calcaires de Champigny et des Calcaires de Saint-Ouen</u>

Cette nappe présente les caractéristiques des aquifères calcaires, à savoir une dureté et des teneurs en éléments majeurs variables en raison de la lithologie même du réservoir. En moyenne cette nappe est caractérisée par une dureté d'environ 30°F et des teneurs moyenne suivantes :

- Calcium : environ 100 mg/l
- Sulfates : environ 30 mg/l ;
- Magnésium : environ 10 mg/l ;
- Chlorure : environ 30 mg/l ;
- Sodium : environ 15 mg/l ;
- Chlorures : environ 20 mg/l ;
- Nitrates : environ 10 mg/l.

Les eaux de cette nappe sont peu minéralisées et présentent d'importantes variations dans l'espace et dans le temps, d'où leur grande vulnérabilité.

c. <u>Faciès chimique de la nappe du Lutétien</u>

Cette nappe est celle de la Région parisienne qui présente la plus grande variabilité dans sa composition chimique verticalement et régionalement.

De manière générale, l'ensemble de la nappe est caractérisée par des eaux très dures (>30 °F) mais dans les passages gypseux celle-ci peut atteindre une valeur supérieure à 50 °F.

Les calcaires du Lutétien délivrent une eau clairement bicarbonatée calcique avec des teneurs souvent marquées en sulfates en raison de nombreux passages gypseux. A cette augmentation de sulfate est également associée une augmentation de magnésium et Baryum, éléments traces présents dans le gypse.

Enfin, les eaux de la nappe des calcaires du Lutétien ont la particularité d'être caractérisées par une quantité non négligeable de fluor (mais sous la norme de potabilité).

d. <u>Faciès chimique des Sables de l'Yprésien</u>

Les eaux des Sables de l'Yprésien ont un faciès carbonaté calcique mais nettement moins marqué que celui des formations du Lutétien. Les formations argileuses associées aux sables dans le réservoir génère des teneurs en fer non négligeables dans les eaux, d'autant plus lorsque l'aquifère est captif et donc sous conditions anaérobies.

e. <u>Faciès chimique de la nappe de la Craie</u>

Le réservoir étant composé à 99% de carbonate de calcium, le faciès chimique des eaux est bicarbonaté – calcique. Les teneurs en sodium et chlorure sont faibles et proviennent essentiellement des teneurs des eaux de pluie.

Dans les zones où la Craie affleure (ou quasiment) et où elle est très fracturée, le renouvellement rapide de l'eau conduit à une minéralisation en générale faible surtout en Chlorures, Sulfates et Magnésium.

Cependant, lorsque la couverture tertiaire est importante, la minéralisation augmente par suite du lessivage de ces dépôts. En profondeur, les eaux de la Craie circulent plus lentement et leur minéralisation est donc plus élevée. L'une des principales caractéristiques est le passage de concentrations en Magnésium d'environ 1 à 3 mg/l en zone fissurée à 20-30 mg/l.

Recensement des données de qualité des eaux de nappe concernées par le projet dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud
(Source interne BURGEAP)

Aquifère capté		Alluvions anciennes	Sables de Fontainebleau	Lutétien			Yprésien			Craie et Calcaire de Meudon	Craie	Alluvions sur craie		
Localisation de l'ouvrage		Paris 13ème	Palaiseau (91)	Paris 17ème	Créteil (94)	Torcy (77)	Paris 13ème	Puteaux (92)		Paris 13ème	Paris 13ème	Paris 15ème	Ile Seguin	Issy-les-Moulineaux (92)
Date de prélèvement		14/11/2013	15/12/2011	13/09/2011	18/10/2011	12/12/2012	26/11/2013	01/2014	01/2014	14/11/2013	06/12/2013	20/06/2012	22/12/2009	14/05/2012
Température	°C	14,2	20,3	16	22,5	18,4	14,1	18	18	13,6	14,1	20,9	19,3	14,3
Conductivité	µS/cm	1356	760	2470	2690	2410	1473	1687	564	1620	2204	748	873	502
pH		7,08	7,1	6,9	-	7,4	6,41	7,4	7,7	7,04	6,5	7,9	7,2	7,63
Eh	mV	70,5	-	425	-		22			31,1	-4	-	-	-
Titre alcalimétrique complet (TAC)	°F	25,5	-	-	18	28,21	30,4	29,9	21	27,3	22,1	19	25,55	19,2
Titre alcalimétrique simple (TA)	°F	<2	-	-	-	0	<2	<2	<2	<2	<2	0	0	<2
O2		-	-	1,76	-		-	9,5	9,7	-	-	-	-	5,6
Carbonate (CO3)	mg/l	<24	-	-	0	0	0	0	0	<24	0	-	0	
Hydrogénocarbonate (HCO3)	mg/l	262	-	-	-	344,17	371			284	270	232	311,71	234
Dureté totale (TH)	°F	72,2	-	-	165	169	78,6	87,8	27	89,9	202	25	42,3	24,8
Nitrates (NO3)	mg/l	32,3	-	-	25	<1	<1	<1.00	22,8	<1	<1	4	8,22	<1
Ammonium	mg/l	<0,05	-	-	-	-	0,19	<0,5	0,8	0,68	0,13	-	-	1,37
Classe d'agressivité selon EN206-1	-	XA1	-	-	-	-	XA1	XA1	XA1	XA1	XA2	-	-	-
Aluminium	mg/l	0,05	<0,050	-	-	0,011	0,12	0,36	0,11	<0,05	0,12	-	<0,010	<0,05
Calcium	mg/l	252	92	-	402	499	270	253	81,9	272	378	92	126	87,7
Fer	mg/l	0,03	<0,05	-	0,45	0,037	0,39	0,66	0,27	0,76	3,08		0,27	3,01
Magnésium	mg/l	17,2	15	-	157	107	26,2	51,6	4,97	33	200	5	20,97	6,59
Manganèse	mg/l	0,107	<0,010	-	-	<0,010	0,097	0,06	0,03	0,037	0,063		0,017	0,087
Sodium	mg/l	30,2	14	-	56	20,1	43,4	42,8	10,8	46,7	67,8	15	19,14	13,1
Potassium	mg/l	10,6	<1	-	15,37	4,71	16,2	8,14	3,31	14	16,8	3	6,25	3,93
Chlorures	mg/l	40,9	35	-	118	33	53,7	77	28	63,4	245	27	30,8	25,3
Phosphore	mg/l	0,016	37	-	-	-	<0,005	0,01	0,03	<0,005	0,062	-		0,024
Sulfates	mg/l	378	51	1128	1434	1321	498	599	44,5	549	1430	68	161,81	47,9

2.6.8.2 Méthodologie de caractérisation des zones polluées sur le secteur d'étude

Les nappes d'eaux souterraines sont susceptibles de présenter ponctuellement des niveaux de pollution élevés, le plus souvent liés à des historiques industriels importants. Cette qualité des eaux souterraines est susceptible de représenter un enjeu pour le projet pour deux raisons principales :

- La réalisation d'ouvrages en souterrain peut nécessiter la gestion de volumes d'eaux souterraines qu'il conviendra alors de traiter ;
- De la même manière la réalisation d'ouvrages souterrains est en mesure de modifier le sens et la vitesse d'écoulement des nappes, pouvant provoquer la migration d'un éventuel panache de pollution.

Ce dernier point constitue un enjeu si ce panache est susceptible d'impacter d'éventuelles exploitations d'eau souterraine à usage sensible. Toutefois, la direction d'écoulement est souvent non naturelle dans les zones avérées de pollution (zones de pompage comme la boutonnière de Boulogne et la plaine de Vitry), la direction de l'écoulement étant non définie et pouvant varier au dépend de démarrage ou d'arrêt des prélèvements. De ce fait, avec ou sans le projet de la Ligne 15 Sud, ces panaches sont susceptibles de migrer.

Dans un premier temps, l'état initial s'est appuyé sur les informations disponibles sur la base de données ADES (Accès aux Données sur les Eaux Souterraines). Ces données ont été également croisées avec les valeurs seuils définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixées par l'OMS.

Les cartes des pages suivantes présentent un focus sur les zones pour lesquelles les eaux souterraines ont été analysées par des qualitomètres.

Dans le but de synthétiser les informations disponibles, quatre indices de pollution synthétiques ont été retenus :

- Indice hydrocarbure (hydrocarbures totaux ou HCT) ;
- Somme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- Somme des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) ;
- Somme des composés organo-halogénés volatils (COHV).

Dans le cadre des études géotechniques G1, des investigations supplémentaires ponctuelles sur les eaux souterraines ont été effectuées.

Ces investigations sont en cours de réalisation au droit de l'emplacement pressenti des gares de la Ligne 15 Sud (2 prélèvements par gare). Bien qu'insuffisantes pour conclure sur l'existence potentielle de pollution dans chaque nappe concernée, elles apportent des premières indications.

De plus, en l'état actuel de l'avancement du projet, des études historiques et documentaires ont été réalisées au droit de chaque gare pressentie du projet de la Ligne 15 Sud, par le bureau d'étude IDDEA. A l'issue de ces études, un programme d'investigation précis portant sur la qualité des sols et des eaux souterraines a été défini.

Ces diagnostics environnementaux sont actuellement en cours de réalisation. Le programme analytique envisagé comprend deux packs d'analyses différents :

- pack « rejet » : Pack 12 métaux, Fer II, fer III, Phosphore, AOX, DBO5, Cyanures libres et totaux, Cr VI et Cr total, Fluorures, Indice Phénol, HCT C10-C40, MES, COT, Azote total (NO3, NO2, Azote de Kjeldahl), DCO, BTEX, CAV, HAP, COHV, PCB, Sulfates, Chlorures, matières inhibitrices ;
- pack « pollution » : HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, CAV, COHV, 8 métaux.

2.6.8.3 Identification des secteurs sensibles et résultats des analyses

Les zones les plus sensibles aux risques de pollution des eaux souterraines sont les nappes superficielles, qui ne sont pas ou peu protégées naturellement, à savoir :

- au niveau de la boutonnière de Boulogne : la nappe du complexe alluvions-craie ;
- dans le secteur entre la boutonnière de Boulogne et la vallée de la Bièvre : les nappes contenues dans les Sables de Beauchamp-Calcaire de Saint-Ouen et dans les Marnes et Caillasses-Calcaire Grossier du Lutétien ;
- au niveau du plateau de Villejuif : la nappe des Sables de Fontainebleau et des Calcaires de Brie ;
- dans le secteur des vallées de la Seine et de la Marne : la nappe des alluvions reposant sur les Calcaires de Saint-Ouen ou les Calcaires Grossiers ;
- au niveau du plateau de Champigny, les nappes contenues dans les Calcaires de Brie et dans les Masses et Marnes du gypse.

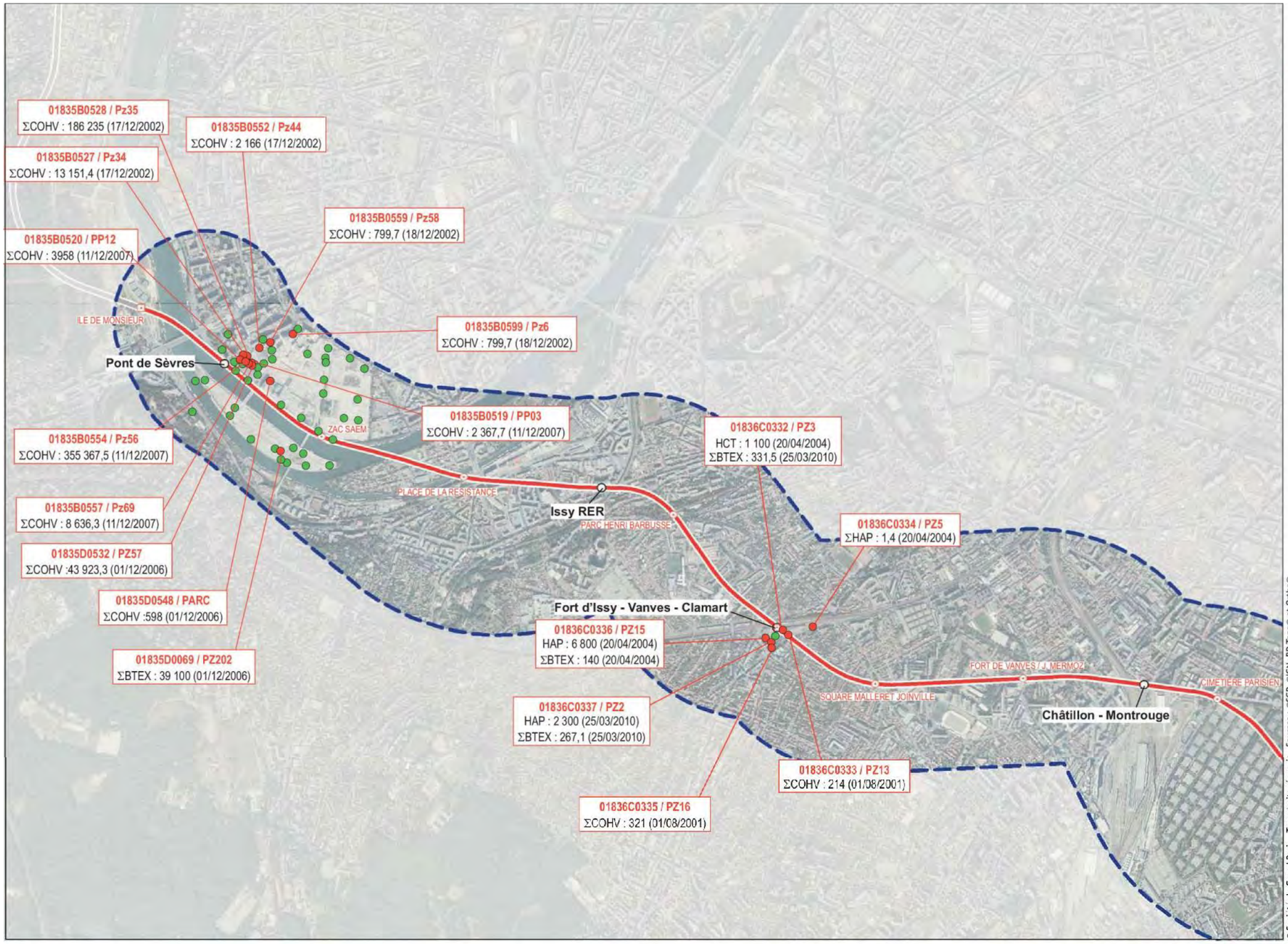
Les cartes des pages suivantes présentent les zones au niveau desquelles une pollution notoire a pu être identifiée dans la banque de données ADES (banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines). Cependant, les analyses disponibles sont parfois anciennes et ne reflètent pas forcément l'état qualitatif actuel des nappes (dégradation naturelle des polluants, non prise en compte des éventuels chantiers de dépollutions récents).

Au regard de la synthèse des résultats d'analyse, les zones particulièrement impactées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud sont :

- au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne-Billancourt, la nappe des alluvions de la Seine présente une pollution significative principalement en COHV. Quelques qualitomètres ADES mettant en évidence une pollution significative en HAP et en BTEX ont également été recensés dans cette zone ;
- au droit de l'ancienne zone industrielle de Vitry-sur-Seine, la nappe des alluvions de la Seine présente principalement une pollution en COHV et HCT. Quelques qualitomètres ADES mettant en évidence une pollution significative en HAP et en BTEX ont également été recensés sur cette zone ;
- sur la commune de Cachan une pollution significative de la nappe contenue dans les Marnes et Caillasses a été mise en évidence, notamment en COHV, à proximité de la zone universitaire de Cachan ;
- sur la commune Clamart une pollution significative de la nappe superficielle (contenue dans les Calcaires Grossiers) a été mise en évidence, notamment en HAP, à proximité du Fort d'Issy.

Les premiers résultats d'analyse de la mission G1 confirment ces résultats. Ces analyses ont également mis en évidence des pollutions principalement en hydrocarbures au droit de la future gare pressentie de Bagneux.

Synthèse des analyses d'eau d'eaux souterraines dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 1 / 4)
(Données issues de la base de données ADES)



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

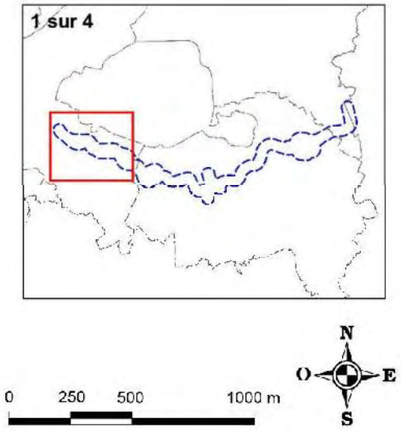
- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

Qualitomètres (nappe phréatique)

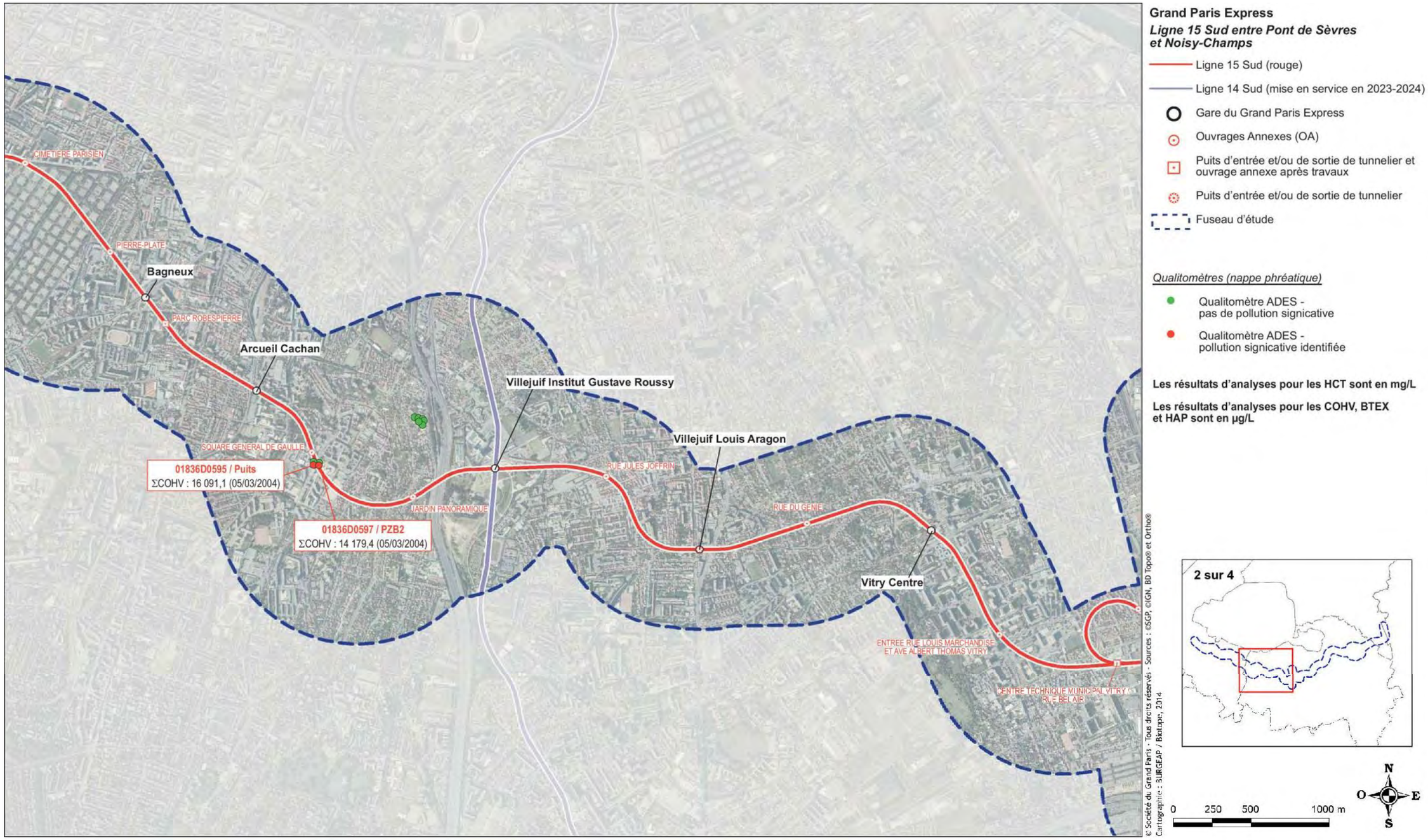
- Qualitomètre ADES - pas de pollution signicative
- Qualitomètre ADES - pollution signicative identifiée

Les résultats d'analyses pour les HCT sont en mg/L

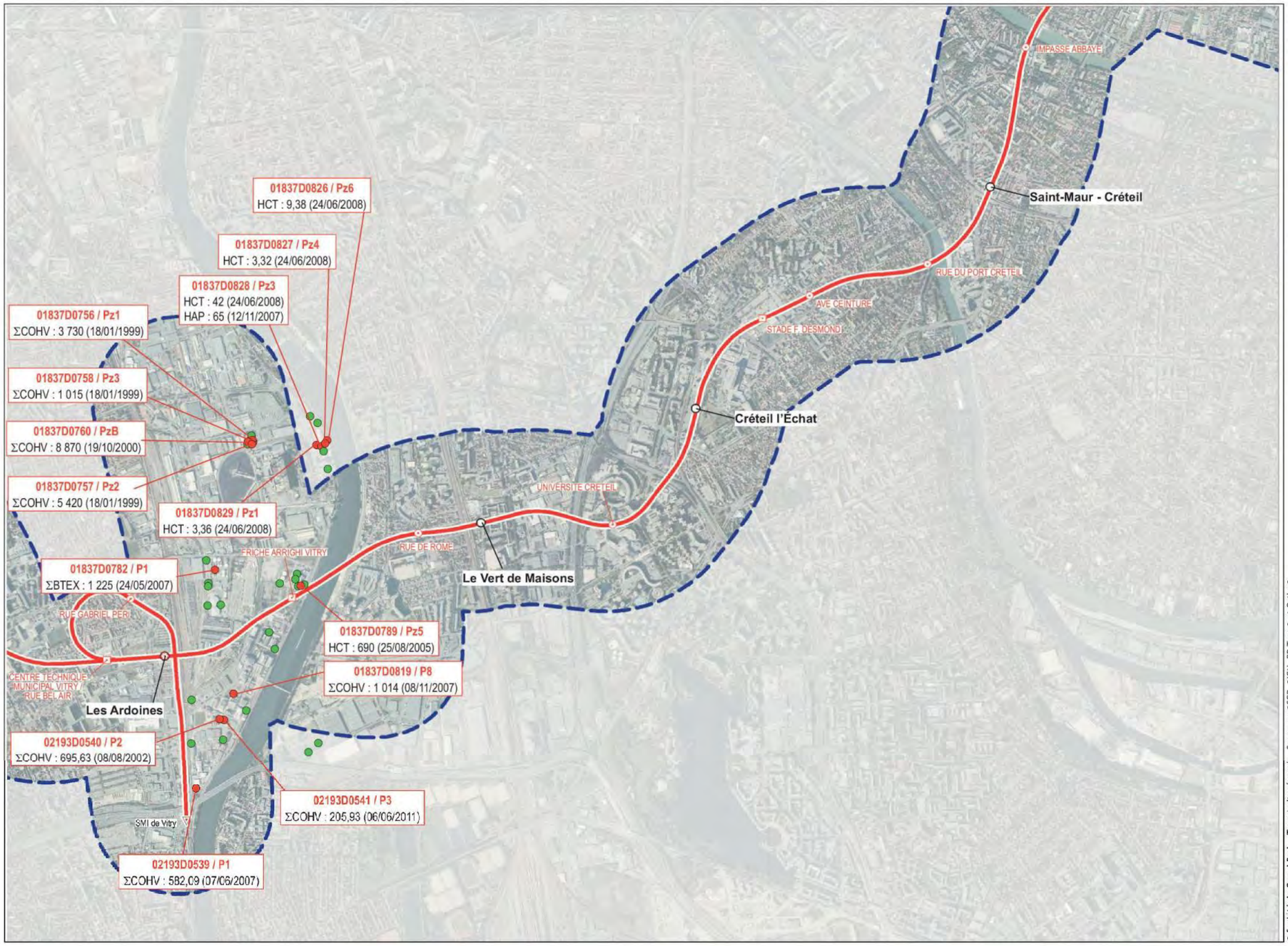
Les résultats d'analyses pour les COHV, BTEX et HAP sont en µg/L



Synthèse des analyses d'eau d'eaux souterraines dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 2 / 4)
(Données issues de la base de données ADES)



Synthèse des analyses d'eau d'eaux souterraines dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 3 / 4)
(Données issues de la base de données ADES)



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

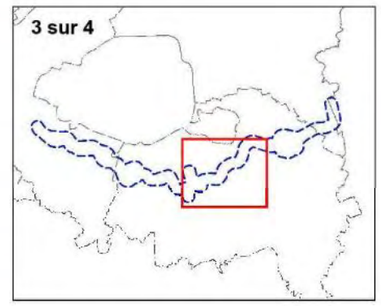
Qualitomètres (nappe phréatique)

- Qualitomètre ADES - pas de pollution signicative
- Qualitomètre ADES - pollution signicative identifiée

Les résultats d'analyses pour les HCT sont en mg/L

Les résultats d'analyses pour les COHV, BTEX et HAP sont en µg/L

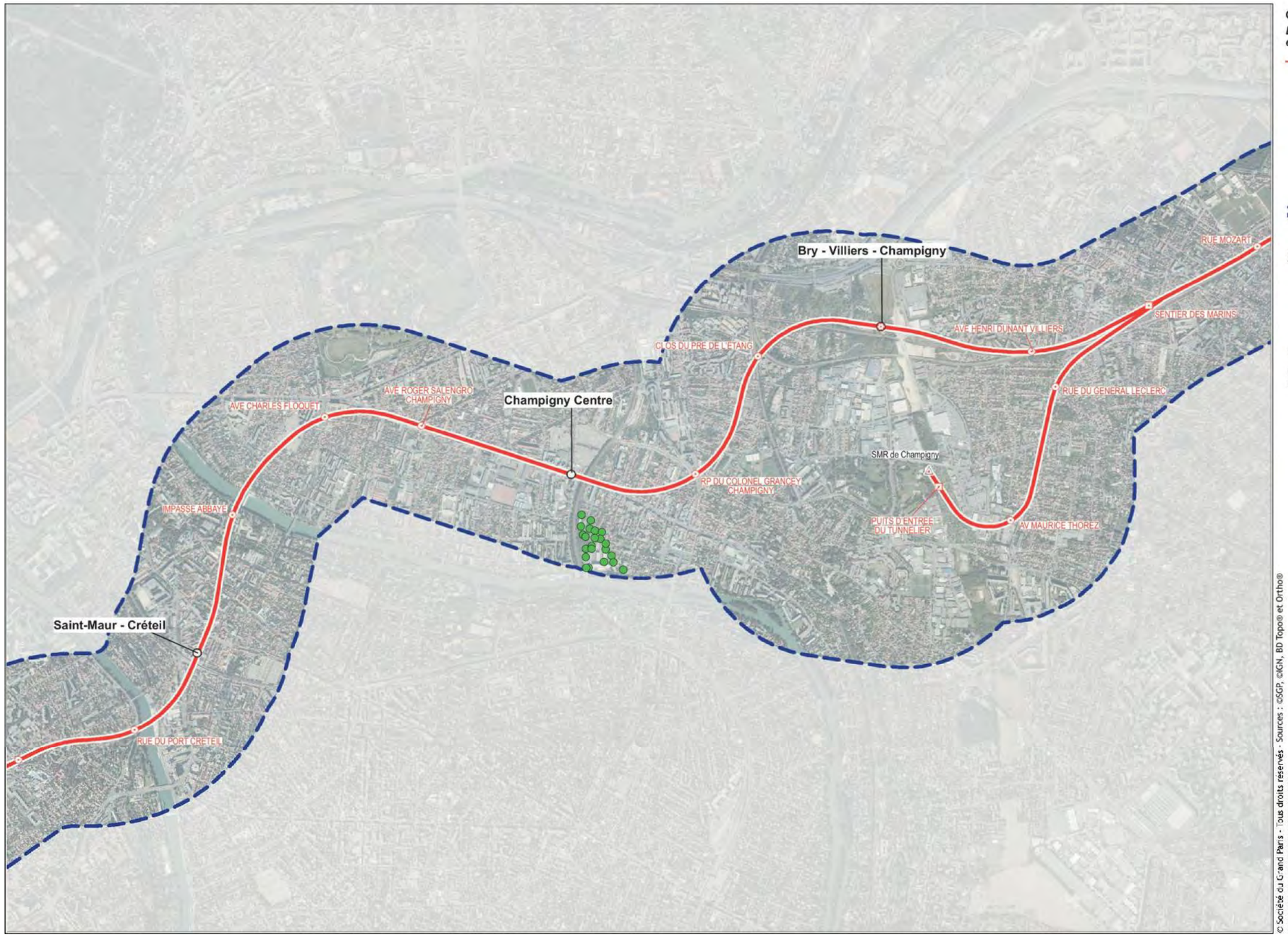
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©IGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho®
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014



0 250 500 1000 m

N O E S

Synthèse des analyses d'eau d'eaux souterraines dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (planche 4 / 4)
(Données issues de la base de données ADES)



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Service de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

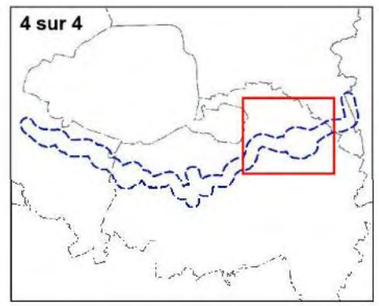
Qualitomètres (nappe phréatique)

- Qualitomètre ADES - pas de pollution signicative
- Qualitomètre ADES - pollution signicative identifiée

Les résultats d'analyses pour les HCT sont en mg/L

Les résultats d'analyses pour les COHV, BTEX et HAP sont en µg/L

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho®
Cartographie : BURGEAP / Bictope, 2014





2.6.8.4 Agressivité de l'eau vis-à-vis des bétons

Le béton, matériau basique par excellence, est très sensible aux milieux acides avec lesquels il réagit.

La nocivité d'un acide dépend de la solubilité du sel qu'il forme lors de la réaction avec les hydrates du ciment.

D'après la Norme EN 206-1, lorsque le béton est exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels, les eaux de surface, les eaux souterraines, les classes d'exposition doivent être données selon la nomenclature de la norme EN 206-1.

- XA1 = Environnement à faible agressivité chimique ;
- XA2 = Environnement d'agressivité chimique modérée ;
- XA3 = Environnement à forte agressivité chimique.

Le tableau 2 de la norme NF EN 206-1 définit les valeurs limites correspondant aux attaques chimiques des sols naturels (SO_4^{2-}, acidité) et des eaux de surface ou souterraines (SO_4^{2-}, pH, O_2, NH_4^+, Mg^{2+}).

Le choix de la classe se fait par rapport à la caractéristique chimique conduisant à l'agression la plus élevée. Lorsqu'au moins deux caractéristiques agressives conduisent à une même classe, l'environnement doit être classé dans la classe immédiatement supérieure, sauf si une étude spécifique démontre que ce n'est pas nécessaire.

Caractéristiques chimiques	Méthode d'essai de référence	XA1	XA2	XA3
Eaux de surface et souterraines				
SO_4^{2-} en mg/l	EN 196-2	≥200 et ≤600	≥600 et ≤3000	>3000 et ≤6000
pH	ISO 4316	≤6,5 et ≥5,5	<5,5 et ≥5,5	<4,5 et ≥4,0
CO_2 agressif, en mg/l	PrEN 13577:1999	≥15 et ≤40	>40 et ≤100	>100 jusqu'à saturation
NH_4^+, en mg/l	ISO 7150-1 ou ISO 7150-2	≥300 et ≤1000	>1000 et ≤3000	>3000 jusqu'à saturation
Sols				
SO_4^{2-}, mg/kg total	EN 196-2	≥2000 et ≤3000	>3000 et ≤12000	>12000 et ≤24000
Acidité ml/kg	DIN 4030-2	>200 Bauman Gully	N'est pas rencontré dans la pratique	

Valeurs limites des paramètres correspondants aux attaques chimiques vis-à-vis des bétons
(Données issues du tableau 2 de la Norme EN 206-1)

Une étude particulière peut être nécessaire pour déterminer la classe d'exposition adéquate dans des environnements particuliers comme des sols / eaux pollués chimiquement ou encore des environnements présentant une vitesse d'écoulement de l'eau élevée.

La synthèse des résultats d'analyse des eaux souterraines permet de mettre en évidence que les eaux souterraines dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud sont de manière générale classées XA1 concernant l'agressivité vis-à-vis des bétons.

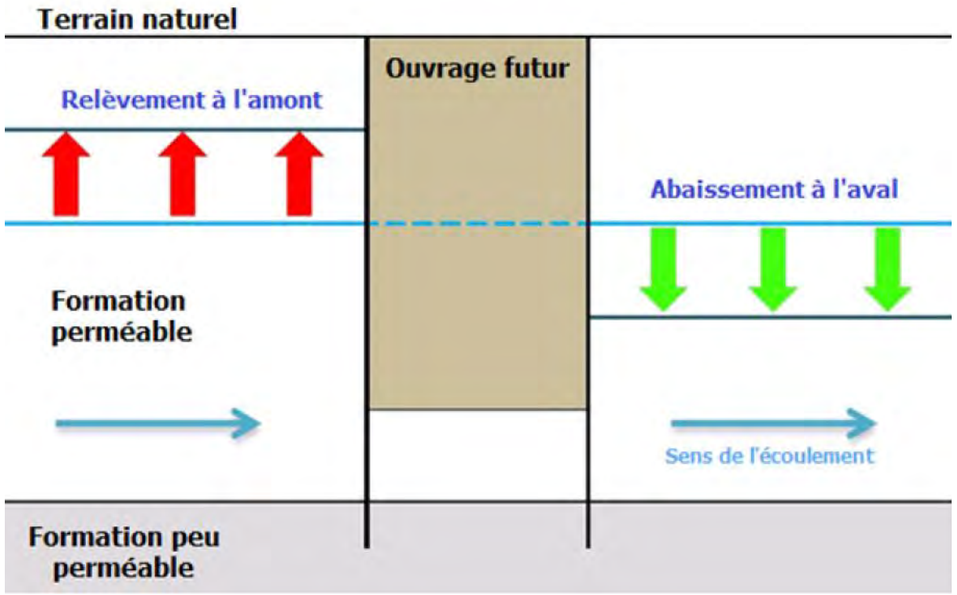
Les eaux susceptibles d'être agressives vis-à-vis des bétons sont celles contenues dans des formations contenant du gypse. En effet, la dissolution du gypse entraine une augmentation de la concentration en sulfates dans les eaux. Par conséquent, les eaux contenues dans un réservoir gypseux sont davantage susceptibles d'être agressives vis-à-vis du béton.

2.7 Risques hydrogéologiques

2.7.1 Risques associés à l'effet barrage

2.7.1.1 Problématique liée à l'effet barrage

Lorsqu'un ouvrage souterrain intercepte tout ou partie d'un aquifère, un relèvement de la nappe se produit en amont et un abaissement à l'aval (cf. figure suivante).



Schématisation de l'effet barrage
(Figure réalisée par BURGEAP)

L'effet barrage dépend principalement de trois paramètres :

- de l'orientation de l'ouvrage souterrain par rapport au sens d'écoulement de la nappe ;
- du gradient hydraulique de la nappe, c'est à dire la pente de la surface piézométrique : plus le gradient hydraulique sera élevé au niveau de l'ouvrage, plus l'effet barrage sera important.
- de la pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère occulté : plus l'ouvrage occultera une grande partie de l'aquifère, plus l'effet barrage sera fort.

Les conséquences potentielles de l'effet barrage sont les suivantes :

- les inondations de sous-sols, de garages semi-enterrés ou de caves entrainés par le relèvement de la nappe en amont de l'ouvrage ;
- la modification dans la propagation de panaches de pollution éventuellement présents dans les eaux souterraines ;
- l'apparition de désordres d'ordre mécanique. La résistance mécanique de certaines formations géologiques est en partie conditionnée par la hauteur d'eau souterraine au sein de la formation. C'est le cas des couches géologiques meubles sableuses et surtout argileuses ou tourbeuses telles que les alluvions modernes de la Seine ou des remblais d'anciennes carrières de médiocre qualité. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer une baisse de résistance mécanique et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti s'il affecte ses fondations.
- l'inondation de carrières souterraines, pouvant engendrer la remise en cause de leur équilibre ;
- la favorisation du phénomène de dissolution du gypse, lié à la modification des écoulements de la nappe.

2.7.1.2 Données bibliographiques et localisation des risques liés à l'effet barrage

D'après les coupes géologiques disponibles, les secteurs qui apparaissent les plus sensibles à l'effet barrage correspondent aux secteurs de plateau. En effet dans ces secteurs, les ouvrages souterrains sont susceptibles d'occulter une grande partie des nappes superficielles, qui ont potentiellement un fort gradient hydraulique.

Ainsi au vu des coupes géologiques, les secteurs qui apparaissent être les plus sensibles sont :

- le secteur du plateau d'Issy à Cachan, caractérisé par la superposition de la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen à celle des Marnes et Caillasses et des Calcaires Grossiers du Lutétien ;
- le secteur du plateau de Villejuif, caractérisé par la succession nappe des Sables de Fontainebleau, nappe des Calcaires de Brie, nappes des Marnes de Pantin et nappe des Masses et Marnes du Gypse ;
- le secteur du plateau de Champigny qui est caractérisé par la succession nappe des Sables de Fontainebleau, nappe des Calcaires de Brie et nappe du Calcaire de Champigny.

2.7.1.3 Résultats issus des campagnes géotechniques

Les résultats des campagnes géotechniques ont permis d'établir des cartes piézométriques pour chaque aquifère au droit du site.

Sur chaque secteur, les gradients d'écoulement ont pu être évalués manuellement. Il apparait que :

- au niveau du secteur de la boutonnière de Boulogne, les gradients d'écoulement de la nappe du complexe alluvion-craie rencontrés sont faibles ;
- au niveau du plateau d'Issy à Cachan, les gradients de la nappe des Marno-calcaires de Saint-Ouen et du Lutétien sont modérés ;
- au niveau du plateau de Villejuif, les gradients de la nappe des Sables de Fontainebleau, des Calcaires de Brie, des Marnes de Pantin et des Calcaires de Saint-Ouen sont modérés ;
- au niveau de la plaine de Vitry, les gradients d'écoulement rencontrés dans la nappe superficielle sont faibles ;
- au niveau du plateau de Champigny, et notamment en bordure de plateau ou de talweg, les gradients de la nappe du Calcaire de Champigny sont relativement important (notamment au niveau de Bry-sur-Marne) ;

2.7.1.4 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

La sensibilité du milieu à l'effet barrage provoqué par un projet de type métro souterrain dépend du croisement entre enjeux et aléas.

Les enjeux principaux sont constitués par :

- l'importance et le type de bâti ;
- la qualité des eaux souterraines ;
- les exploitations d'eaux souterraines à proximité du tronçon.

Les aléas sont :

- la présence d'un aquifère à faible profondeur ;
- la présence de formations contenant des niveaux gypseux de plusieurs mètres d'épaisseur dans l'eau souterraine ;
- la présence de carrières souterraines ;
- la présence de zones polluées à proximité ;
- la présence d'un fort gradient hydraulique.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- au niveau du secteur de la boutonnière de Boulogne, les gradients d'écoulement de la nappe du complexe alluvion-craie rencontrés sont faibles mais les enjeux sont forts du fait de la présence de nombreux ouvrages souterrains (parking, caves,...). La sensibilité de cette zone reste toutefois faible ;
- au niveau du plateau d'Issy à Cachan, l'enjeu est faible puisque les nappes sont relativement profondes. En revanche, l'aquifère des Calcaires grossiers présente un gradient d'écoulement non négligeable et est peu épais. D'anciennes galeries d'exploitation sont présentes juste au-dessus du niveau de l'eau. Celles-ci pourraient donc être « inondées » en cas de remontée du niveau d'eau. La sensibilité de cette zone est modérée.
- au niveau du plateau de Villejuif, l'enjeu est faible pour les nappes des Calcaires de Saint-Ouen, des Masses et Marnes du Gypse et des Marnes de Pantin puisque les nappes sont relativement profondes. En revanche les gradients d'écoulement sont non négligeables (notamment pour les Masses et Marnes du Gypse). Pour les nappes des Sables de Fontainebleau et des Calcaires de Brie, l'enjeu est modéré puisque ces nappes sont peu profondes mais les gradients sont plutôt faibles. La sensibilité de cette zone est modérée.
- au niveau de la plaine de Vitry, les gradients d'écoulement rencontrés sont faibles mais les enjeux sont forts du fait de la présence de nombreux ouvrages souterrains (parking, caves,...). La sensibilité de cette zone reste faible ;
- au niveau du plateau de Champigny, les gradients de la nappe des Calcaires de Champigny sont relativement forts au niveau des zones de talweg, et notamment au niveau de Villiers-sur-Marne. De plus, cette nappe est peu profonde au droit de ce secteur. La sensibilité de cette zone est donc forte.

2.7.2 Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine

2.7.2.1 Problématique liée aux pompages résiduels

Un projet souterrain de type métro a de grande chance de se situer sous le niveau de l'eau souterraine. De plus, il est potentiellement en mesure d'intercepter plusieurs aquifères.

Le tunnelier n'entraine pas de prélèvements d'eau souterraine significatifs. Le creusement du tunnel en lui-même ne présente donc que peu de risques hydrogéologiques liés aux prélèvements d'eau souterraine.

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches une fois réalisés. Il demeurera toutefois quelques suintements résiduels d'eau souterraine en phase d'exploitation mais qui resteront très faibles et qui ne sont pas de nature à modifier significativement les niveaux piézométriques.

Ainsi, les conséquences potentielles liées aux prélèvements d'eau souterraine concernent essentiellement les pompages d'épuisement nécessaires à la réalisation des ouvrages de surface (gares et ouvrages annexes). En effet, il sera nécessaire durant la phase travaux de réaliser des pompages d'épuisement.

La présence d'aquifère potentiellement productif fait partie intégrante des conditions géologiques prises en compte pour le choix des méthodes constructives. Les dispositions constructives choisies ont été définis de sorte à ce que le débit d'épuisement en phase travaux soit le plus limité possible (solutions constructives tels que : parois moulées, bouchons injectés, jupes injectées etc…).

Néanmoins, un débit d'épuisement résiduel d'eau souterraine susceptible d'être non négligeable sera nécessairement prélevé pour certains ouvrages.

Les conséquences potentielles de ces prélèvements sont les suivantes :

- le déclenchement de « conflits d'usage ». En effet, l'abaissement piézométrique créé par le débit d'épuisement peut entrainer une baisse du niveau d'eau dans un forage exploitant la même ressource d'eau souterraine et ainsi diminuer sa capacité de production Ferrue;
- l'apparition de désordres d'ordre mécanique. La résistance mécanique de certaines formations géologiques est en partie conditionnée par la hauteur d'eau souterraine au sein de la formation. C'est le cas des couches géologiques meubles sableuses et surtout argileuses ou tourbeuses telles que les alluvions modernes de la Seine ou des remblais d'anciennes carrières de médiocre qualité. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer une baisse de résistance mécanique et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti s'il affecte ses fondations. La sensibilité du bâti aux phénomènes de tassement liés aux abaissements piézométriques est toutefois limitée dans la mesure où les abaissements piézométriques créés par des pompages d'épuisement sont relativement plats et induisent donc des tassements homogènes à l'échelle d'un bâtiment. Un bâtiment est beaucoup plus sensible aux tassements différentiels. Le tassement différentiel est l'écart de tassement se produisant entre deux parties d'un même bâtiment. Plus cet écart est important, plus les fondations du bâtiment subissent des efforts mécaniques importants ;
- la dissolution de minéraux solubles. Certains minéraux, et en particulier le gypse, sont naturellement solubles à l'eau. Le risque de dissolution de couches gypseuses dépend du temps, de la vitesse de circulation de l'eau souterraine et de la teneur en sels dissous présent dans l'eau. Les modifications piézométriques créées par un pompage d'épuisement sont susceptibles de se traduire par une augmentation de la vitesse d'écoulement au sein d'une couche contenant du gypse. Ces modifications dans l'équilibre piézométrique des nappes sont également susceptibles de créer des « appels » d'eau souterraine au potentiel de dissolution important vers les zones gypseuses. Ainsi, ce risque dépend principalement de

l'épaisseur des couches de gypse présentes dans les nappes susceptibles d'être influencées par les modifications piézométriques entrainées par le pompage ;

- l'apparition de désordres d'ordre mécanique liés au dénoyage de cavités souterraines (anciennes carrières, zone de dissolution de gypse,...). En effet, la diminution des contraintes (effet de « décharge ») que subit un ouvrage ennoyé peut paradoxalement le rapprocher de son seuil de rupture (diminution des contraintes horizontales, qui s'opposent à la déformation latérale des piliers de soutènement de la cavité).
- la modification dans la propagation de panaches de pollution éventuellement présents dans les eaux souterraines. Les modifications piézométriques entrainées par un débit d'épuisement sont susceptibles d'accélérer et de modifier l'orientation de la propagation de polluants présents dans une nappe.

2.7.2.2 Données bibliographiques et localisation des risques liés aux pompages résiduels

Au vu de la géologie du secteur, la présence d'aquifère potentiellement productif est concentrée au niveau des plaines alluviales, à savoir :

- au niveau de la boutonnière de Boulogne, caractérisée par le complexe Alluvions - Craie ;
- au niveau de la plaine de Vitry, caractérisée par la succession alluvions - Marno-calcaire de Saint Ouen ou alluvions-Lutétien.

2.7.2.3 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

La sensibilité du milieu à l'influence des effets piézométriques créés par des pompages d'épuisement dépend du croisement entre enjeux et aléas.

Les enjeux principaux sont constitués par :

- les exploitations d'eaux souterraines à proximité du tronçon ;
- l'importance et le type de bâti.

Les aléas sont :

- la présence d'un aquifère de productivité forte susceptible d'entrainer des débits d'épuisement important ;
- la présence de formations potentiellement sensibles aux tassements induits par des baisses de niveaux piézométriques ;
- la présence de formations contenant des niveaux gypseux de plusieurs mètres d'épaisseur dans l'eau souterraine ;
- la présence de zones d'eau souterraines potentiellement pollués dans le tronçon.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- au niveau du secteur de la boutonnière de Boulogne, l'aquifère du complexe alluvions-craie est très productif et il existe de nombreuses exploitations d'eau souterraine, notamment pour la géothermie. De plus, ce secteur présente des pollutions avérées de nappe. La sensibilité au niveau de ce secteur est donc forte ;

- au niveau du plateau d'Issy à Cachan, l'aquifère des Calcaires Grossiers du Lutétien présente une productivité modérée. Toutefois, celui-ci est relativement peu exploité. Ce secteur est donc classé en sensibilité modérée ;

- au niveau du plateau de Villejuif, les aquifères les plus superficiels (Calcaires de Brie, Marnes de Pantin, Calcaires de Saint-Ouen) présentent des productivités faibles. Toutefois, des niveaux gypseux importants au sein des Masses et Marnes du gypse, sous le niveau d'eau souterraines, ont été identifiés. Ce secteur est donc classé en sensibilité modérée ;

- au niveau de la plaine de Vitry, les premiers aquifères (nappes contenues dans les alluvions, les calcaires de Saint-Ouen, les Calcaires Grossiers et les Marnes et Caillasses) présentent une productivité importante. De plus des niveaux de gypse anté-ludien ont été identifiés sous le niveau de l'eau souterraine. Ce secteur de plaine alluviale présente également des niveaux mécaniquement sensibles à la baisse de niveau piézométrique, comme les alluvions modernes et les remblais d'anciennes sablières. Pour finir, des contaminations avérées d'eaux souterraines notamment sur la commune de Vitry-sur-Seine, ont été identifiées. Ce secteur est donc classé en sensibilité forte ;

- au niveau du plateau de Champigny, il n'existe pas de nappe réellement productives et exploitées. Ce secteur en donc classé en sensibilité faible.

2.7.3 Risques associés au rejet des eaux souterraines

2.7.3.1 Problématique liée au rejet des eaux souterraines

Un projet souterrain de type métro a de grande chance de se situer sous le niveau de l'eau souterraine. Ainsi, des prélèvements d'eau souterraine (pompages d'épuisement nécessaires à la réalisation des ouvrages de surface) sont nécessaires à la réalisation d'un tel projet.

Il convient donc de gérer le rejet de ces eaux d'exhaure. Dans le contexte du site étudié, trois solutions potentielles de gestion des eaux d'exhaure sont envisageables :

- la réinjection des eaux d'exhaure en nappe ;
- le rejet dans la Seine ou la Marne ;
- le rejet dans le réseau d'assainissement.

Le SDAGE du bassin Seine – Normandie a fixé plusieurs objectifs et notamment :

- la gestion de la rareté de la ressource en eau ;
- la protection des captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- la réduction des pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses.

Ainsi, il convient par ordre de priorité soit de rejeter l'eau dans la même nappe de prélèvement, soit de la rejeter dans un cours d'eau à proximité, et en dernier recours de rejeter dans le réseau d'assainissement.

Dans les secteurs où les aquifères sont potentiellement productifs, un débit d'épuisement résiduel d'eau souterraine susceptible d'être non négligeable sera nécessairement prélevé pour certains ouvrages, impliquant un débit de rejet équivalent.

Le choix de la solution dépend de nombreux paramètres (débit résiduel attendu, qualité des eaux et éventuelles nécessité de les traiter au regard des objectifs de qualité du milieu récepteur, emprise chantier disponible, paramètres hydrodynamiques et injectivité des aquifères, prise en compte des risques comme celui de la dissolution du gypse, distance au réseau hydrographique…) qu'il convient donc de prendre en compte.

2.7.3.2 Données bibliographiques et localisation des risques liés aux rejets résiduels

Au vu de la géologie du secteur, la présence d'aquifère potentiellement productif est concentrée au niveau des plaines alluviales, à savoir :

- au niveau de la boutonnière de Boulogne, caractérisée par le complexe alluvions-craie ;
- au niveau de la plaine de Vitry, caractérisée par la succession alluvions-Calcaire de Saint Ouen ou alluvions-Lutétien.

Les débits de rejet seront alors potentiellement importants au niveau de ces deux secteurs.

2.7.3.3 Résultats issus des campagnes géotechniques

Des essais de pompages sont en cours de réalisation au droit de secteurs sensibles de l'aire d'étude.

Ces essais ont pour but de déterminer les paramètres hydrodynamiques de diverses formations géologiques et ainsi d'estimer les débits d'exhaure, et par conséquence de rejet.

A ce jour, un seul essai est disponible. Il a été réalisé sur la commune d'Issy-Les-Moulineaux. Il a consisté à un pompage dans la craie sous alluvions et au suivi du rabattement induit sur plusieurs piézomètres alentours. Cet essai a montré que la craie était globalement productive sur toute la hauteur captée (environ 15 mètres). Les cinq premiers mètres de craie apportent toutefois environ 75 % des venues d'eau. La transmissivité totale de la craie a été interprétée à 9.10^{-2} m^2/s ce qui est très élevée.

Les débits de rejet seront donc potentiellement importants au droit de ce secteur.

2.7.3.4 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

Les enjeux susceptibles d'être impactés par ces effets sont principalement :

- enjeu quantitatif lié à la préservation de la ressource en eau souterraine ;
- enjeu qualitatif lié à la protection sur la ressource en eau souterraine ;
- les exploitations d'eau souterraine ;
- le bâti en cas de désordre mécanique associé à un phénomène de dissolution du gypse par exemple ou de remontée de nappe.

La sensibilité du milieu au rejet des eaux d'exhaure dépend essentiellement de l'aléa à savoir :

- la productivité potentielle de l'aquifère ;
- la qualité de la nappe.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- le secteur de la boutonnière de Boulogne, traversé par la Seine, est caractérisé par la présence de l'aquifère du complexe alluvions-craie, très productif, impliquant des débits pompés et rejetés potentiellement forts. De plus, ce secteur est marqué par la présence de nombreuses exploitations d'eau souterraine, notamment pour la géothermie. Par conséquent, les impacts du projet dans ce secteur concernent principalement les exploitations d'eau souterraine et le bâti. Enfin, ce secteur présente également des pollutions avérées de nappe. La sensibilité au niveau de ce secteur est considérée comme forte ;
- le secteur du plateau d'Issy à Cachan est caractérisé par la présence de l'aquifère des Calcaires Grossiers du Lutétien, offrant une productivité modérée. Toutefois, celui-ci est relativement peu exploité et le niveau piézométrique de cette nappe est relativement profond. Ce secteur est donc classé en sensibilité modérée ;
- au niveau du plateau de Villejuif, les aquifères les plus superficiels (Calcaires de Brie, Marnes de Pantin, Calcaires de Saint-Ouen) présentent des productivités faibles ; les débits pompés seront donc faibles. Toutefois, des niveaux gypseux importants au sein des Masses et Marnes du gypse, sous le niveau d'eau souterraines, ont été identifiés. Ce secteur est donc classé en sensibilité modérée ;
- le secteur de la plaine de Vitry est traversé par deux cours d'eau majeurs : la Seine sur les communes de Vitry-sur-Seine et Alfortville, et la Marne entre Créteil et Joinville-le-Pont. Les premiers aquifères rencontrés (nappes contenues dans les alluvions, les calcaires de Saint-Ouen, les Calcaires Grossiers et les Marnes et Caillasses) présentent une productivité importante, impliquant des débits pompés et rejetés potentiellement forts. De plus des niveaux de gypse anté-ludien ont été identifiés sous le niveau d'eau souterraine. Ce secteur de plaine alluviale présente également des niveaux mécaniquement sensibles à la baisse de niveau piézométrique, comme les alluvions modernes et les remblais d'anciennes sablières. Enfin, des contaminations avérées d'eaux souterraines, notamment sur la commune de Vitry-sur-Seine, ont été identifiées. Ce secteur est donc classé en sensibilité forte ;
- au niveau du plateau de Champigny, il n'existe pas de nappe réellement productives et exploitées. Ce secteur en donc classé en sensibilité faible.

2.7.4 Risques associés à la mise en communication de nappes

2.7.4.1 Problématique liée à la mise en communication de nappes

Le contexte hydrogéologique francilien est caractérisé par une superposition de différents grands ensembles aquifères contenant une ou plusieurs nappes séparées par des horizons peu perméables à semi-perméables. Chacune de ces différentes nappes a des caractéristiques physico-chimiques qui lui sont propres. De plus, les nappes les plus superficielles sont naturellement plus exposées aux pollutions potentielles venant de l'activité humaine en surface et les nappes plus profondes sont naturellement bien protégées de ces mêmes pollutions.

De par son tracé, le projet de métro souterrain va nécessairement traverser plusieurs nappes qui sont naturellement assez bien individualisées. Au niveau des gares et en fonction de leur profondeur, plusieurs nappes sont susceptibles d'être traversées par l'intermédiaire notamment des parois moulées.

Les effets possibles d'une mise en communication artificielle de nappes par l'intermédiaire du projet peuvent être les suivants :

- transfert d'une pollution d'une nappe contaminée vers une nappe saine,
- modifications des caractéristiques physico-chimiques des nappes concernées,
- perturbations piézométriques liées à la vidange d'une nappe vers une autre à savoir baisse du niveau piézométrique de la nappe « vidangée » et relèvement piézométrique de la « nappe rechargée » et toutes les conséquences associées.
- déclenchement ou accélération du phénomène de dissolution du gypse par la mise au contact artificielle d'une nappe au fort potentiel de dissolution avec des formations contenant des niveaux gypseux.

2.7.4.2 Données bibliographiques et localisation des risques liés à la mise en communication des nappes

Au vu de la géologie au droit de l'aire d'étude, les secteurs au droit desquels plusieurs nappes souterraines bien individualisées sont superposées sont :

- le secteur du plateau d'Issy à Cachan qui est caractérisé par la superposition de la nappe de la Craie, la nappe du Lutétien et de l'Yprésien et la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen ;

- le secteur du plateau de Villejuif, caractérisé par la superposition de la nappe de l'Yprésien et du Lutétien, la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen, la nappe des Masses et Marnes du Gypse, la nappe des Marnes de Pantin et la nappe du Calcaire de Brie et Sables de Fontainebleau ;

- le secteur de la plaine de Vitry, caractérisé par la superposition des nappes de la Craie, de l'Yprésien et du Lutétien, du Marno-calcaire de Saint-Ouen et de la nappe alluviale ;

- le secteur du plateau de Champigny, caractérisé par la superposition des nappes de l'Yprésien et du Lutétien, du Marno-calcaire de Saint-Ouen, du Calcaire de Champigny et Calcaire de Brie.

2.7.4.3 Résultats issus des campagnes géotechniques

La société du Grand Paris a mis en place de nombreux piézomètres le long du tracé de la Ligne 15 Sud, captant spécifiquement chaque nappe.

Les relevés effectués tous les mois permettent de caractériser les éventuels liens hydrauliques existants entre chaque nappe.

2.7.4.4 Caractérisation de la sensibilité au droit de l'aire d'étude

Les enjeux susceptibles d'être impactés par ces effets sont principalement :

- les exploitations d'eau souterraine ;
- les ressources en eau « saines » en elle-même en tant que « patrimoine » ;
- le bâti en cas de désordre mécanique associé à un phénomène de dissolution du gypse par exemple.

La sensibilité du milieu à ces phénomènes de mise en communication de nappes dépend essentiellement de l'aléa à savoir :

- l'existence de différentes nappes superposées et individualisées ;
- la présence de niveaux gypseux dans des formations situées sous un niveau d'eau souterraine.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit ci-après :

- le secteur de la boutonnière de Boulogne a été classé en sensibilité faible car ce secteur comprends un seul et même aquifère bi-couches, constitué par les alluvions de Seine et la Craie qui sont naturellement en communication hydraulique. La sensibilité n'a toutefois pas été qualifiée de nulle car ces deux couches (alluvions et Craie) n'ont pas exactement les mêmes propriétés hydrodynamiques ce qui peut entraîner une nette différence de concentration entre les alluvions de tête et la Craie en profondeur en cas de pollution venant de la surface ;

- le secteur du plateau d'Issy à Cachan est caractérisé par la superposition de plusieurs nappes séparées hydrauliquement, à savoir la nappe de la Craie, la nappe du Lutétien et de l'Yprésien et la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen. De plus, des niveaux de gypse noyés ont été rencontrés au droit de ce secteur. La sensibilité de ce secteur est donc forte ;

- le secteur du plateau de Villejuif est également caractérisé par la superposition de plusieurs nappes séparées hydrauliquement, à savoir la nappe de l'Yprésien et du Lutétien, la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen, la nappe des Masses et Marnes du Gypse, la nappe des Marnes de Pantin et la nappe du Calcaire de Brie et Sables de Fontainebleau. De plus, des niveaux de gypse noyés ont également été rencontrés sur plusieurs mètres au droit du secteur. La sensibilité au droit du plateau de Villejuif est donc forte ;

- le secteur de la plaine de Vitry est caractérisé par la superposition des nappes de la Craie, de l'Yprésien et du Lutétien, du Marno-calcaire de Saint-Ouen et de la nappe alluviale. Des niveaux de gypse décimétriques ont été rencontrés dans plusieurs formations. La sensibilité au droit de la plaine de Vitry est forte ;

- le secteur du plateau de Champigny est caractérisé par la superposition des nappes de l'Yprésien et du Lutétien, du Marno-calcaire de Saint-Ouen, du Calcaire de Champigny et Calcaire de Brie. La sensibilité est forte au droit de ce secteur.

2.7.5 Synthèse des enjeux liés à l'hydrogéologie et aux risques associés

La Ligne 15 Sud, de par sa profondeur, va se situer majoritairement sous nappe. De ce fait, sa réalisation est susceptible de générer différents phénomènes :

- impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation : " effet barrage " ;
- impacts liés aux effets piézométriques des débits d'épuisement en phase travaux et de la récupération des eaux d'infiltration en phase définitive ;
- impacts liés au rejet des eaux souterraines ;
- impacts du projet sur la qualité des eaux souterraines - mise en communication de nappes.

Les deux premiers phénomènes sont plutôt caractéristiques des impacts associés à la phase travaux dans la mesure où c'est durant le terrassement des ouvrages que les débits résiduels sont susceptibles d'être les plus importants mais temporaires. Les deux derniers phénomènes sont plutôt caractéristiques de la phase d'exploitation dans la mesure où un impact résiduel éventuel serait permanent.

Il est inévitable que le tunnel et les ouvrages interfèrent avec une ou plusieurs nappes. Au niveau du plateau de Champigny, les gradients de la nappe des Calcaires de Champigny sont relativement forts au niveau des zones de talweg, et notamment au niveau de Villiers-sur-Marne. De plus, cette nappe est peu profonde au droit de ce secteur. La sensibilité de cette zone est donc forte. Les risques associés à l'effet barrage au niveau du plateau de Champigny sont alors potentiellement fort.

Malgré les dispositions prises dès la conception du projet pour réduire autant que possible les débits d'épuisement durant la phase travaux, il est difficilement envisageable, dans certains contextes hydrogéologiques, d'annuler complètement les impacts résiduels. Les risques associés à l'abaissement piézométrique sont éventuellement forts dans les secteurs présentant des aquifères potentiellement productifs, à savoir au niveau des plaines alluviales (boutonnière de Boulogne, plaine de Vitry).

Dans les secteurs où les aquifères sont potentiellement productifs, un débit d'épuisement résiduel d'eau souterraine susceptible d'être non négligeable sera nécessairement prélevé pour certains ouvrages, impliquant un débit de rejet équivalent. Les risques associés au rejet des eaux souterraines sont également forts au niveau de ces plaines alluviales.

Pour finir, au vu de la géologie au droit de l'aire d'étude, les secteurs au droit desquels plusieurs nappes souterraines bien individualisées sont superposées et donc où les risques associés à la mise en communication de nappes sont forts correspondent aux secteurs du plateau d'Issy à Cacha, du plateau de Villejuif, de la plaine de Vitry et du plateau de Champigny.

Hiérarchisation des enjeux hydrogéologiques

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Issy RER à Arcueil - Cachan	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Arcueil – Cachan à Vitry Centre	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Vitry Centre à Champigny Centre	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Champigny Centre à Noisy-Champs	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.8 Occupation du sous-sol

Dans l'agglomération parisienne, l'occupation du sol est fortement marquée par l'urbanisation et les infrastructures. Parallèlement à l'occupation de la surface du sol, il existe une occupation du sous-sol qui est une contrainte à la réalisation de projets, en particulier souterrains.

L'objectif de cette partie est de quantifier l'occupation du sous-sol, à la fois en termes de répartition spatiale et de profondeur.

En fonction du degré de précision du projet, l'analyse portera sur les composantes principales des infrastructures et structures souterraines. Il s'agit des éléments ayant rapport :

- aux principaux réseaux de transports souterrains en eau ou en énergie ;
- aux infrastructures enterrées ;
- aux fondations des bâtiments.

NB : Les éléments ayant traits aux impacts liés au projet de la Ligne 15 Sud (distance au tunnel, etc.) ne seront pas discutés dans cette partie, mais dans le rapport 2.

Dans le cadre des études d'Avant-Projet menées par la Société du Grand Paris, les principaux éléments sensibles présents le long du tracé ont été identifiés et recensés. Ainsi, la Société du Grand Paris a contacté l'ensemble des gestionnaires de réseaux (GRT Gaz, TRAPIL, Eaux et Assainissement, Electricité) dans le cadre des DTs (Demande de Travaux). Les réponses reçues aux DTs ont nourri la base de données sur laquelle s'appuie l'analyse suivante. Cette base de données a permis de connaître exhaustivement l'emplacement des canalisations et les principaux points d'interaction avec la Ligne 15 Sud (impacts mentionnés dans la pièce B.3).

Concernant les bâtiments, les études préliminaires ont été complétées en phase d'Avant-Projet par une analyse spécifique sur l'ensemble des bâtiments identifiés au sein du fuseau DUP de la Ligne 15 Sud.

2.8.1 Réseaux et ouvrages souterrains

Les éléments pris en compte dans la présente étude sont les suivants :

- les canalisations de transport de produits divers : gaz naturel haute pression, pétrole, produits chimiques, eau chaude/réseau de la Compagnie parisienne de chauffage urbain (CPCU) ;
- les grands collecteurs d'assainissement des eaux usées ;
- les ouvrages d'adduction à écoulement libre (aqueduc) ;
- les infrastructures de transport souterraines (tunnels).

Les éléments fins des réseaux, la desserte locale au niveau des bâtiments, ne sont toutefois pas pris en compte dans la présente analyse pour les raisons suivantes :

- L'analyse à ce niveau de détail sera faite à un stade ultérieur à celui du présent dossier, dans le cadre des procédures préalables aux autorisations de travaux,
- En zone urbanisée, la densité des réseaux est très forte,
- Ces éléments sont pour la plupart situés à faible profondeur, dans les 10 premiers mètres et ils n'interféreront qu'avec certains ouvrages (gares, puits et ouvrages divers atteignant la surface du sol) et rarement avec le tunnel qui se situera généralement sous ces réseaux.

Les cartes « Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures » présentent en plan les réseaux et les infrastructures de transport recensés au niveau du fuseau d'étude.

2.8.1.1 Les canalisations de transport de gaz

Les canalisations de transport de gaz relèvent de la réglementation relative aux ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).

Dans ce chapitre, seuls sont traitées les interactions de type géotechniques entre le fuseau d'étude et ces canalisations, en particulier les positions géographiques relatives permettant d'envisager des interactions.

Les aspects liés aux risques associés à ces canalisations sont traités dans le chapitre risques technologiques (voir chapitre ci-après).

Les canalisations de transport de gaz couvrent l'ensemble du territoire francilien, plus ou moins densément selon les endroits. Compte tenu de la faible profondeur des canalisations de gaz, l'impact du projet sur ces canalisations concerne essentiellement les émergences, ou les gares, qui remontent en surface, mais concerne faiblement le réseau souterrain.

Ainsi, au niveau de la Ligne 15 Sud, plusieurs secteurs sont concernés par ces canalisations. La liste proposée ci-dessous est entreprise d'Ouest en Est du fuseau de la Ligne 15 Sud.

Liste ouvrages GRT Gaz interceptés par le fuseau d'étude et caractéristiques (source : études préliminaires SGP - Analyse des interfaces GRTGaz/MGP identifiées – 13 juillet 2012)

Désignation	Diamètre	Commune	Niveau du TN (m NGF)	Profondeur/ TN (m)	Altitude de la canalisation (m NGF)
GRT Gaz DN 300	DN 300	Boulogne-Billancourt	31	2	29
GRT Gaz	DN 600	Issy-les-Moulineaux	31	2.5	28.5
GRT Gaz	DN 200	Limite communale Villejuif - Vitry-sur-Seine	51,5	<10	>41.5
GRT Gaz	DN 200	Vitry-sur-Seine	44	<10	>34
GRT Gaz	NC	Vitry-sur-Seine	34	NC (à confirmer par GRT)	---
GRT Gaz	DN300	Vitry-sur-Seine	NC	NC	
GRT Gaz	DN 300	Vitry-sur-Seine	35	1 à 1.5	33.5 à 34
GRT Gaz	DN 600	Vitry-sur-Seine	35	1 à 2	33 à 34
GRT Gaz - Z206	DN 300	Alfortville	36.5	0.43	36,07
GRT Gaz Z205	DN 150	Créteil	37	NC	---
GRT Gaz	DN 200	Saint Maur-des-Fossés	37	<10	>27
GRT Gaz	DN 200	Champigny-sur-Marne	41.5	<10	>31.5

Désignation	Diamètre	Commune	Niveau du TN (m NGF)	Profondeur/ TN (m)	Altitude de la canalisation (m NGF)
GRT Gaz	DN 100	Champigny-sur-Marne	60.5	mNC	---
GRT Gaz	DN 150	Villiers-sur-Marne	88	NC	---

Boulogne-Billancourt

Le fuseau d'étude intercepte une canalisation GRT Gaz dans le secteur de Pont de Sèvres.

La canalisation est positionnée en rive droite de la Seine, au niveau du quai Georges Gorse (RD1), face à l'île Seguin.

Trois points à enjeux existent sur la canalisation Gaz de diamètre 300mm :

- La canalisation longe la gare Pont de Sèvres à moins de 3m de distance et donc la distance entre l'ERP[29] et la canalisation est inférieure à 5m.
- Le tunnel de correspondance avec la ligne de métro n°9 (réalisé à ciel ouvert) intercepte la canalisation sur un linéaire de 43m.
- La canalisation se trouve au milieu du puits de lumière du tunnel de correspondance.

Issy-les-Moulineaux

Une canalisation de gaz se situe au Sud du Pont de Billancourt, aux abords de la zone d'aménagement concernée par l'ouvrage annexe Place de la Résistance.

Au niveau du pont de Billancourt, la canalisation Gaz identifiée est une canalisation de diamètre 600mm, implantée à une profondeur d'environ 2.5m sous le TN[30].

Limite communale Villejuif / Vitry-sur-Seine

Le fuseau d'étude intercepte à la perpendiculaire une canalisation de GRTGaz au niveau du moulin de Saquet, en proximité de la gare actuelle Villejuif Louis Aragon (Ligne 7).

Cette canalisation est d'un diamètre de 200mm et est située à plus de 30m au-dessus du toit du tunnel. Elle ne sera pas impactée par le tunnel.

Vitry-sur-Seine

Le tracé de la Ligne 15 Sud recoupe à plusieurs reprises le réseau GRTGaz sur la commune de Vitry-sur-Seine :

- Le tracé intercepte une canalisation GRTGaz de diamètre 200mm après la gare de Vitry-Centre, au niveau de la RN305. La canalisation est située à plus de 10m du tunnel et ne sera pas impactée.
- Plus à l'Est, le tracé recoupe à nouveau la canalisation GRTGaz de diamètre indéterminé, implantée au droit de la Rue du Général Malleret Joinville. Cette dernière se situe ainsi à environ 60m à l'Ouest de l'ouvrage de débranchement du SMI[31] de Vitry.
- Une distance supérieure à 10m entre le toit du tunnel de la Ligne 15 Sud et le fond plancher de la canalisation est observée.
- En raison des incertitudes concernant ledit réseau, ce dernier constitue pour l'heure un point de surveillance lors des études AVP-b approfondies.
- Au Sud de gare Les Ardoines, le réseau GRTGaz s'implante au niveau du site destiné à l'accueil du SMI. Le réseau y présente un diamètre de 300mm. Sa profondeur n'est pas connue.
- A l'Est de la gare Les Ardoines, le tracé de la Ligne 15 Sud coupe deux réseaux de GRTGaz en rive gauche de la Seine, le long du quai Jules Guesde (RD152). Les canalisations présentent des diamètres de 300 et 600mm et observent des distances avec le toit du tunnel respectivement supérieurs à 20m et 25m. Ils ne seront pas impactés par le tunnel.

Alfortville

Au niveau de la gare Le Vert de Maisons, le fuseau d'étude intercepte perpendiculairement une canalisation de GRTgaz de diamètre DN300. La distance avec le tunnel est supérieure à 29m.

Cependant, la proximité entre la gare Le Vert-de-Maison et cette canalisation est évidente et une protection est à prévoir.

Créteil

Le tracé intercepte une canalisation de GRTgaz de diamètre DN150 au niveau de la partie Ouest de la gare Créteil L'Echat. Sa distance avec le tunnel est d'environ 10m. Elle constitue donc un point de surveillance en phase chantier.

Saint-Maur-des-Fossés

Au niveau de la rive droite de la Marne, long du quai du Petit Parc, le tracé intercepte à la perpendiculaire une canalisation de GRTgaz de diamètre DN200. La distance de la canalisation au tunnel est supérieure à 20m, celle-ci ne sera donc pas impactée.

Champigny-sur-Marne

Sur cette commune, le tracé intercepte à deux reprises des réseaux de GRTgaz.

Une première fois, le tracé intercepte à la perpendiculaire, au niveau de l'avenue Salengro, une canalisation de GRTgaz d'un diamètre DN200, situé à une distance de plus de 20m du tunnel. Cette canalisation sera impactée par l'entonnement avec la ligne Orange.

Le tracé intercepte une seconde fois une canalisation de GRTgaz au niveau du chemin du Pré de l'Etang. D'un diamètre nominal (DN) de 100mm, la canalisation est située à plus de 10m de la rame de métro et en proximité d'un puits. Cette canalisation constitue un point de surveillance en AVP-b.

Villiers-sur-Marne

Le tracé croise une canalisation de GRTgaz à la perpendiculaire, au niveau du débranchement du SMR. Celle-ci est d'un diamètre nominal de 150mm et semblerait à plus de 15m du tunnel. Cette information reste cependant à confirmer par GRT. Cette canalisation n'est pas impactée par le tracé.

Les rencontres déjà menées entre la Société du Grand Paris et les services de GRTGaz ont permis de confirmer les préconisations à mettre en application lors de la réalisation d'aménagements aux abords des réseaux existants.

En général sont proscrites la construction ou l'extension d'Etablissement Recevant du Public (ERP) relevant de la 1ère à la 3e catégorie, d'immeuble de grande hauteur, d'installation nucléaire de base :

- Dans la zone des premiers effets létaux soit un cercle d'un rayon de :
- 20m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 150 mm – PMS 40 bar,

[29] ERP : Etablissement recevant du public
[30] TN : Terrain Naturel
[31] SMI : Site de Maintenance des Infrastructures

- 30m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 150mm – PMS 67.7bar,
- 50m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 250mm – PMS 40bar,
- 70m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 300mm – PMS 40 bar.

En général sont proscrites la construction ou l'extension d'établissement recevant du public susceptible de recevoir plus de 100 personnes :

- Dans la zone des effets létaux significatifs soit un cercle d'un rayon de :
- 15m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 150 mm – PMS 40 bar,
- 20m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 150mm – PMS 67.7bar,
- 35m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 250mm – PMS 40bar,
- 45m de part et d'autre pour une canalisation de diamètre 300mm – PMS 40 bar.

Des préconisations pour la réalisation de travaux au voisinage d'ouvrages de distribution de gaz sont décrites dans le décret modifié 2011-1241 du 5 octobre 2011.

La construction d'ERP de plus de 100 personnes est encadrée par la réalisation d'une analyse de compatibilité au titre des articles R555-30 et R555-31 du code de l'environnement et de l'arrêté du 5 mars 2014. Cette analyse est réalisée par le porteur de projet sur la base d'éléments fournis par les gestionnaires de réseau.

Ces éléments se traduisent par la mise en place, pour chaque canalisation, d'une servitude inscrite au PLU de chaque commune dans l'annexe concernée comprenant :

- Un zonage graphique calé sur l'axe de la canalisation et dont la largeur dépend du diamètre de la canalisation,

Une partie réglementaire reprenant les textes applicables, dont le décret suscité, et imposant à tout proteur de projet sur le zonage considéré de contacter, aux coordonnées indiquées, le gestionnaire du réseau et le service de l'Etat en charge des risques industriels. Cette servitude impose surtout la prise en compte du réseau existant dans la conception du projet et rappelle les risques à prendre en compte.

La démarche Demande de Rensignements (DR)/ Déclaration d'intention de Commencer les Travaux (DICT) et la concertation avec les gestionnaires de réseaux de service public déjà réalisée par la Société du Grand Paris aux différentes étapes de conception du projet répondent pleinement aux exigences de la servitude.

2.8.1.2 Les canalisations de transport de pétrole

Les canalisations transport de pétrole relèvent de la réglementation relative aux ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement).

Dans ce chapitre, seuls sont traitées les interactions de type géotechniques entre le fuseau d'étude et ces canalisations, en particulier les positions géographiques relatives permettant d'envisager des interactions..

Les aspects liés aux risques associés à ces canalisations sont traités dans le chapitre risques technologiques (voir ci-après).

Une canalisation de transport de pétrole du réseau TRAPIL[32] est identifiée au niveau du secteur étudié.

Elle intercepte le fuseau dans le secteur des Ardoines sur la commune de Vitry-sur-Seine.

Ouvrage TRAPIL intercepté par le fuseau d'étude et caractéristiques

Désignation	Diamètre	Commune	Niveau du TN (m NGF)	Profondeur / TN (m)	Altitude de la canalisation (m NGF)
TRAPIL	250mm	Vitry-sur-Seine	35	De 0.90 à 1.10m	De 33.90 à 34.10m

Localisée au niveau de la rue des Léon Mauvais, elle est située à une altitude d'environ 35m NGF au droit du tracé de la Ligne 15 Sud. Il s'agit du pipeline Gennevilliers-Vitry-Villeneuve-le-Roi de diamètre 250mm (10 inches US/ GB[33]).

Cette canalisation est située à 20m au-dessus du toit du tunnel.

La servitude s'appliquant à ce réseau TRAPIL est la servitude I1 bis, servitude relative à la construction et à l'exploitation de pipelines par la société d'économie mixte des transports pétroliers par pipelines (TRAPIL).

Les réglementations concernant cette servitude sont :

- Loi n°49.1060 du 2 août 1949 modifié par le loi n°51.712 du 7 juin 1951 ;
- Décret n°50.836 du 8 juillet 1950 modifié par le décret n°63.82 du 4 février 1963.

En outre, un zonage de contrainte en matière d'urbanisme est défini autour de la canalisation. Ce zonage concerne les projets nouveaux d'ERP (Etablissement Recevant du Public) et d'IGH (Immeuble de Grand Hauteur).

Deux zones justifient des restrictions en matière de développement urbain :

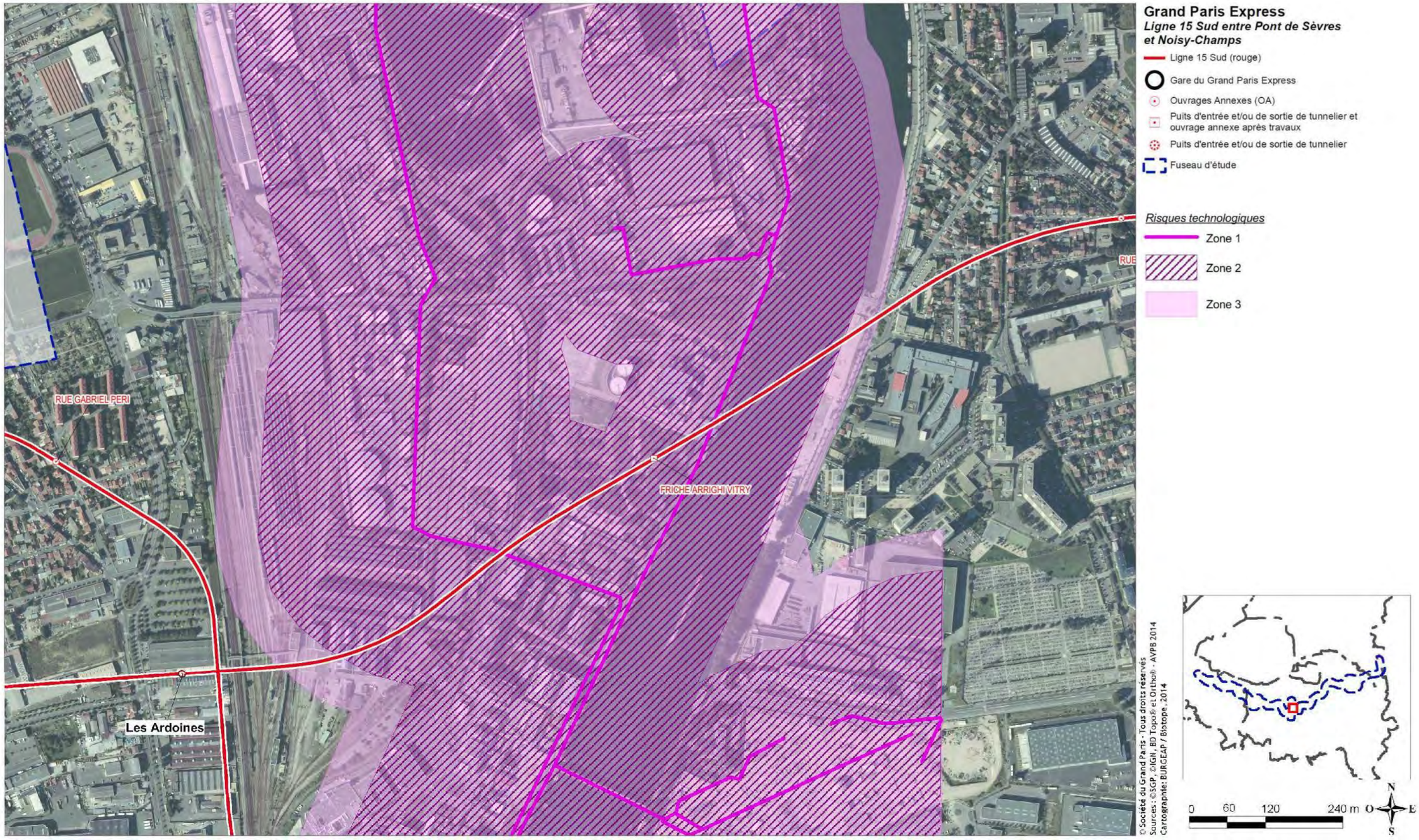
- Une zone permanente d'interdiction de toutes nouvelles constructions ou extensions d'IGH et d'ERP susceptibles de recevoir plus de 100 personnes (zone 1) ;
- Une zone intermédiaire où des restrictions de construction ou d'extension d'IGH et d'ERP susceptibles de recevoir plus de 100 personnes existent (zone 2).
-

Une zone justifie uniquement la vigilance et l'information (zone 3).

Les conditions de réalisation des travaux sur Vitry-sur-Seine, pour la création de l'infrastructure, permettront de déterminer si les interactions avec les réseaux TRAPIL s'avèrent problématiques. La canalisation constitue donc un point de surveillance en phase chantier.

[32] TRAPIL : Société des Transports Pétroliers par Pipelines
[33] US/GB : mesure en « pouce » dans le système américain et britannique

Servitudes relative au réseau TRAPIL dans le secteur des Ardoines à Vitry sur Seine (Source : Données DRIEE/DRIEA UT 94)



2.8.1.3 Les canalisations de transport de Chauffage Urbain (CPCU) et réseaux de froid

Le Sud parisien est concerné par le réseau de chauffage urbain de la CPCU ; il ne s'inscrit que peu au niveau du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

Réseaux CPCU et réseaux de froid interceptés par le fuseau d'étude

Désignation	Diamètre	Commune	Niveau du TN (m NGF)
IDEX	DN500	Boulogne-Billancourt	31
Chaleur Nord Bagneux - Dalkia	DN 125	Bagneux	82
Chaleur Nord Bagneux - Dalkia	DN 250	Bagneux	82
Chaleur Nord Bagneux - Dalkia	DN 80	Bagneux	82
CV Distrib Chauffage	DN250	Vitry-sur-Seine	35
CV Distrib Chauffage	DN350	Vitry-sur-Seine	35

Seules les communes suivantes, concernées par le fuseau d'étude, sont directement concernées par ce réseau. Il s'agit de :

- Boulogne-Billancourt : Au niveau de la gare de Pont de Sèvres, deux canalisations du réseau de froid IDEX sont présentes. Il s'agit d'un ouvrage récent réalisé en fouille dans le quai George Gorse à Boulogne-Billancourt, à l'abri de rideaux de palplanches ancrés.

  Elles sont toutes deux d'un diamètre de 500mm et située au niveau de l'emprise de la gare de Pont de Sèvres.

- Bagneux : Au niveau de la gare de Bagneux, trois canalisations du réseau de chauffage urbain Dalkia sont présentes au niveau de l'emprise de la gare de Bagneux :
  - Une canalisation de 250mm de diamètre,
  - Une canalisation de 125mm de diamètre,
  - Une canalisation de 80mm de diamètre.

- Vitry-sur-Seine : Au niveau de la gare des Ardoines, deux canalisations sont présentes :
  - Une canalisation de 250mm de diamètre située à environ 10m au-dessus du tunnel,
  - Une canalisation de 350mm de diamètre également située à environ 10m au-dessus du tunnel,
  - Les distances au tunnel de ces deux canalisations attendent la confirmation de CV Distrib. Ainsi, ces canalisations constituent un point de surveillance en phase chantier.

- Créteil : Au niveau de la gare de Créteil l'Echat, une canalisation double (deux fois 250mm de diamètre) du réseau de chaleur Dalkia est présente. Sa proximité avec l'emplacement de la gare constitue un enjeu important.

2.8.1.4 L'adduction en eau potable par aqueduc

a. Contexte de l'approvisionnement de Paris par aqueducs

Il existe un certain nombre d'aqueducs qui alimentent la région Ile-de-France. Ces aqueducs permettent l'alimentation de Paris en eaux souterraines provenant de la périphérie de la région Ile-de-France. Ceux-ci sont en partie souterrains et canalisés.

Les aqueducs qui interfèrent avec le secteur d'étude sont les suivants :

L'aqueduc de Médicis (aussi appelé aqueduc des eaux de Rungis), est souterrain mais traverse cependant la vallée de la Bièvre par un pont-aqueduc, au niveau des communes d'Arcueil et de Cachan. Mis en service en 1623, il conduisait les eaux de Rungis jusqu'à Paris, au niveau de l'observatoire astronomique. Cet aqueduc s'étend sur 13km, en passant par les communes de Rungis, Fresnes, L'Haÿ-les-Roses, Cachan, Arcueil et Gentilly. Aujourd'hui, il ne sert plus à l'alimentation en eau potable de Paris.

Le fuseau de la Ligne 15 Sud intercepte cet ouvrage à l'Est de la commune de Cachan.

L'aqueduc de la Vanne est un ouvrage de 173 km de long, construit sous le Second empire et inauguré en 1874, pour alimenter Paris en eau potable à partir d'une source située dans l'Yonne. Il traverse l'Essonne du Nord au Sud, par moment enterré, par moment bien visible sur un ouvrage en pierre taillée et transporte l'eau jusqu'aux réservoirs de Montsouris.

Il interfère avec le fuseau de la Ligne 15 Sud à l'Est de la commune de Cachan.

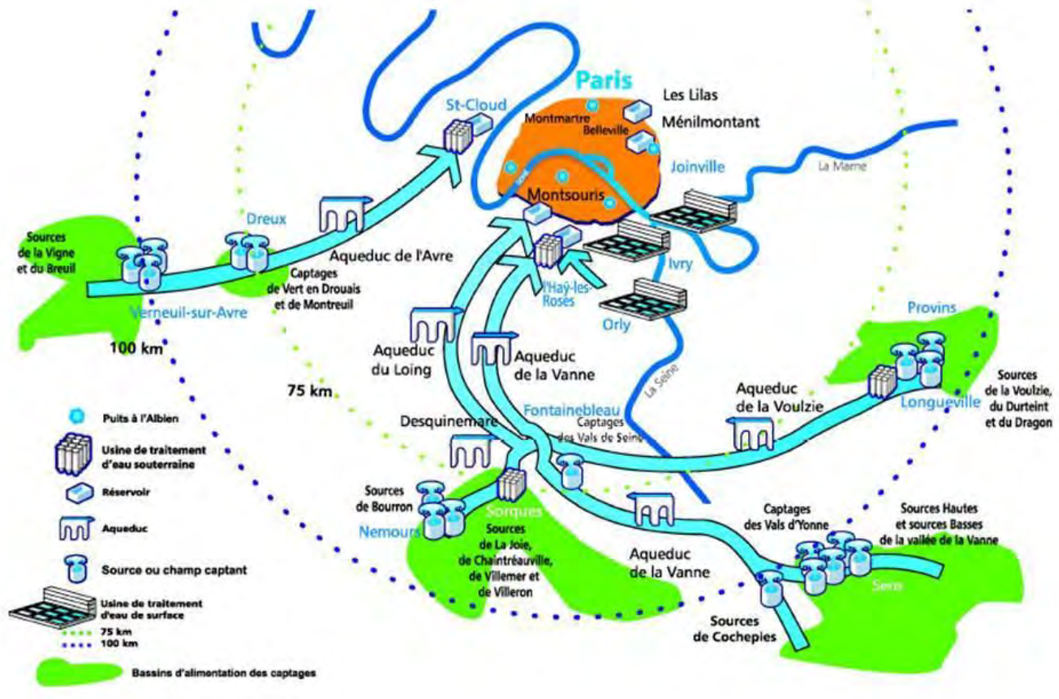
L'aqueduc du Loing et du Lunain, construit au début du XXe siècle est le plus souvent enterré. À Cachan où il passe en direction du réservoir de Montsouris, il traverse la vallée de la Bièvre par un pont-siphon à plusieurs paliers. Les eaux sont traitées à Sorques ou à Longueville et arrivent ensuite au réservoir de Montsouris.

Les aqueducs de la Vanne et du Loing sont parallèles entre eux à partir de Fontainebleau.

Ils interfèrent tous deux avec le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, et ce sur la commune de Cachan, au niveau de la limite départementale entre les Hauts-de-Seine et le Val-de-Marne.

La ville de Paris a concédé par contrat en date du 30 janvier 1987, le service de production de transport et de distribution de l'eau potable parisienne à la SAGEP (Société Anonyme de Gestion des Eaux de Paris). Cette société a été transformée en régie autonome de la Ville de Paris sous le nom d' « Eaux de Paris » le 1er mai 2009 pour l'approvisionnement et le 1er janvier 2010 pour la distribution.

Le principe d'approvisionnement de Paris par les aqueducs est présenté sur la figure suivante.



Principe d'approvisionnement en eau de Paris (source : Eaux de Paris)

Les zones de protection éloignée sont constituées par deux bandes de terrain s'étendant des limites extérieures des zones de protection rapprochée jusqu'à une distance de 40 mètres mesurée à partir de l'axe de l'aqueduc.

b. Interaction des aqueducs avec la Ligne 15 Sud

Le tracé de la Ligne 15 Sud recoupe donc:

- L'aqueduc du Loing et du Lunain au niveau de la RD920, sur la commune de Bagneux,
- Les aqueducs de Médicis et de la Vannes sur la commune de Cachan, en bordure de l'A6.

c. Servitudes relatives à la protection des aqueducs

Au niveau d'Arcueil, le Pont Aqueduc de la Vanne est concerné par un périmètre de protection modifié (DCM du 28 juin 2007).

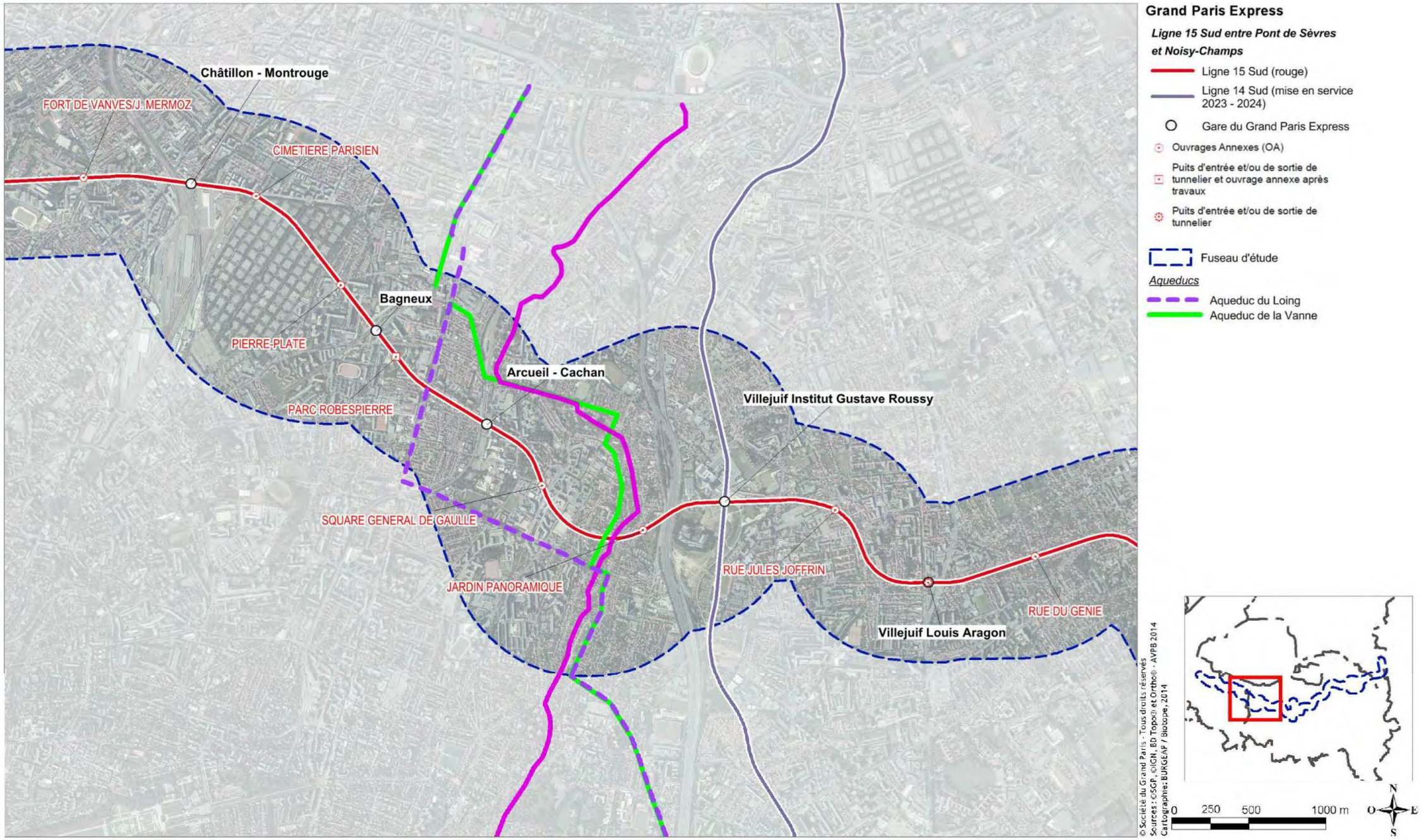
Les aqueducs de la Vanne, du Loing et du Rungis sont soumis à des servitudes résultant de l'instauration de périmètres de protection des eaux potables et minérales.

En outre, les regards n°11 et 12 de l'aqueduc des eaux de Rungis sur la commune de Cachan sont inscrits Monuments Historiques par arrêté du 10 février 1988.

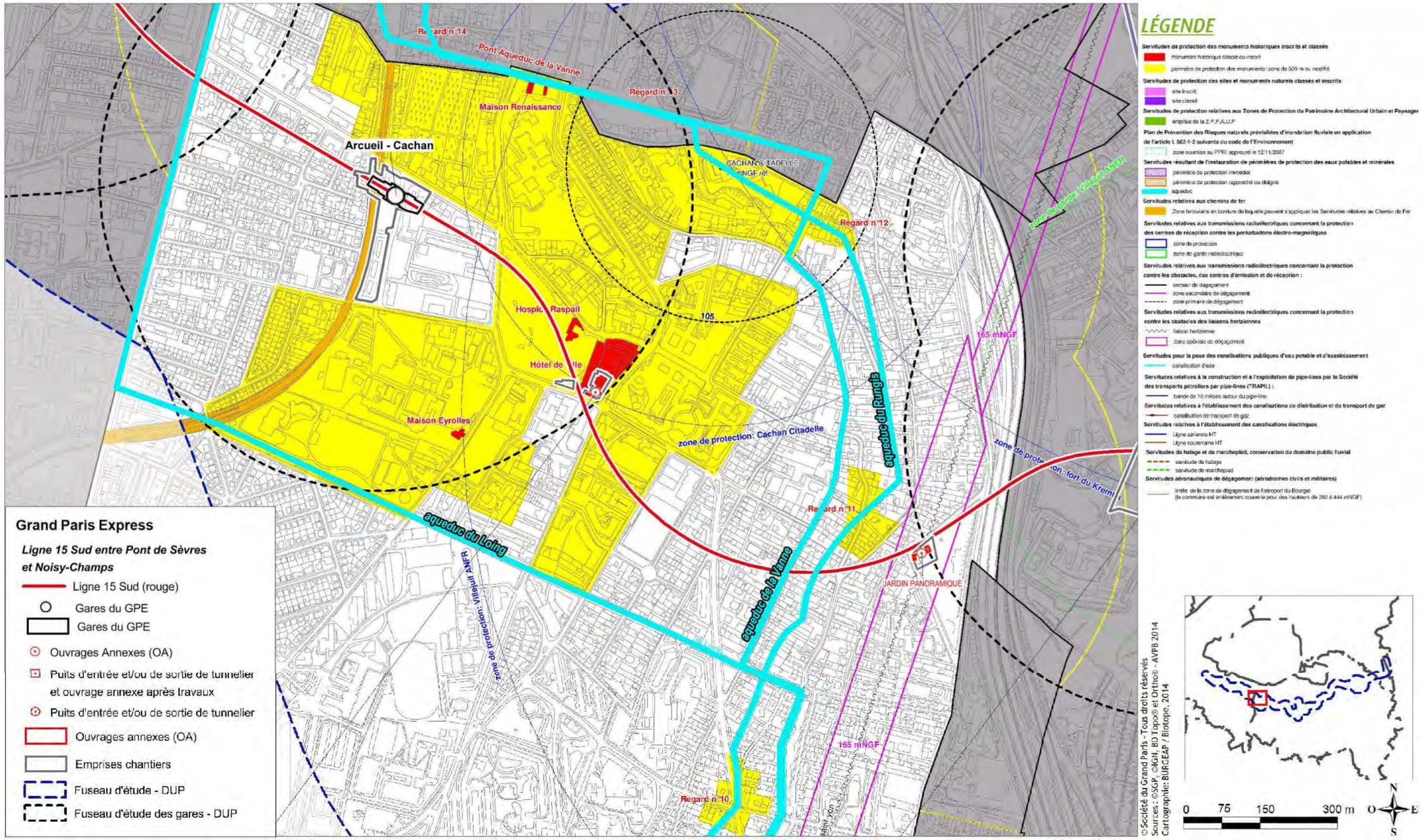
Ces zones de protection considérées pour la protection de l'aqueduc sont :

- La zone de protection immédiate constituée par l'emprise ou le tréfonds appartenant à la ville de Paris,
- Les zones de protection rapprochée constituées par deux bandes de terrain de 12 mètres de largeur de part et d'autre de l'emprise.

Les aqueducs à proximité de la Ligne 15 Sud



Plan des servitudes des aqueducs sur la commune de Cachan (Source : PLU de Cachan)



2.8.1.5 Les grands collecteurs et les réseaux d'assainissement

L'ensemble du fuseau de la Ligne 15 Sud est situé dans la zone d'action du Syndicat Interdépartemental d'Assainissement de l'Agglomération Parisienne (SIAAP) pour l'assainissement des eaux usées. La carte « Réseaux SIAAP au niveau du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud » présente les canalisations du SIAAP.

Plusieurs réseaux et collecteurs d'assainissement sont identifiés sur le territoire recouvert par le fuseau.

Les émissaires présents dans le fuseau d'étude et interceptés par le tracé de référence sont, d'Ouest en Est:

Entre les gares de Pont-de-Sèvres et de Bagneux:

- Les émissaires du réseau SERO :
  - o au niveau de la gare de Pont de Sèvres et du Pont de Billancourt, sur la commune d'Issy-les-Moulineaux. Il s'agit d'un ovoïde de dimension 2,7x2,2m.
  - o Au Sud-Est de la gare de Bagneux, sur la commune de Bagneux. Il s'agit d'une canalisation de 2.75m de diamètre.
- Les émissaires du réseau SEVESC :
  - o Dans le secteur de l'Ile Monsieur et de la gare de Pont de Sèvres. Il s'agit du collecteur de diamètre 1,6m. Celui-ci traverse la Seine à l'aide de deux puits et d'un système de siphon. Un rameau abandonné lors des travaux de réalisation de la traversée de la Seine est présent à une côte d'environ 0m NGF.
  - o Au niveau de la gare d'Issy RER sur la commune d'Issy-les-Moulineaux. Il s'agit d'un ovoïde de dimension 2,2x1,3m.
  - o Au niveau de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart sur la commune de Clamart. Il s'agit d'un ovoïde de dimension 1.9x1m.
  - o Au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge, sur la commune de Bagneux. IL s'agit d'une canalisation de 2,75m.

Entre les gares de Bagneux et des Ardoines :

- Les sites d'exploitation SEC et SAM au Sud Est de la gare de Bagneux, sur la commune de Bagneux. Ces sites se situent au niveau du Parc Robespierre.
- Les émissaires du réseau SERE :
  - o Au niveau de la rue Gallieni sur la commune de Cachan. Il s'agit d'une canalisation d'une canalisation de diamètre 3.05m.
- Les émissaires du réseau DSEA94 :
  - o Au niveau de la gare d'Arcueil-Cachan, sur la commune de Cachan,
  - o Au niveau de l'ouvrage annexe Square Général de Gaulle, sur la commune de Cachan. Il s'agit de l'intercepteur Blagis-Cachan, de diamètre 3.08m.
  - o Au niveau de l'avenue Louis Georgeon sur la commune de Cachan,
  - o L'émissaire de Villejuif R2, à l'Ouest de la gare de Villejuif Louis Aragon. Le réseau SIAAP longe le tracé préférentiel de la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon puis à l'Est dans la direction de la gare Vitry Centre en passant par le Moulin de Saquet. D'un diamètre de 3m, il est situé à environ 65m en dessous du TN.
  - o Au Nord-Ouest de la gare de Vitry-Centre, le fuseau du projet intercepte l'émissaire SIAAP VL10 sur la commune de Vitry-sur-Seine. D'un diamètre de 2,76m, il est situé en ce point à 24.68m en dessous du TN.
  - o Le long de l'avenue Rouget de Lisle, le fuseau du projet intercepte l'émissaire SIAAP VL10 de diamètre 2,76m.

Entre les gares des Ardoines et Champigny Centre :

- Les émissaires du réseau SAP 75 :
  - o Le long des quais Jean-Baptiste Clément sur la commune d'Alfortville, le fuseau d'étude intercepte l'émissaire SIAAP Rive Droite S. Celui-ci est un ovoïde 1,9x1m et se situe à 3.67m sous le TN.
- Les émissaires du réseau DSEA94 :
  - o A l'Est de la gare Le Vert-de-Maisons, l'émissaire SIAAP VL9 intercepte le fuseau du projet. D'un diamètre de 3m, il est situé à 19.55m du TN.
  - o L'émissaire SIAAP VL3b intercepte le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil. D'un diamètre de 2,5m, il se situe à 21.5m en dessous du TN et évolue parallèlement au tracé préférentiel du tunnel de la Ligne 15 Sud, à une distance d'environ 200m et n'interfère donc pas avec le tracé.
  - o L'émissaire SIAAP VL3c intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud sur la rive droite de la Marne, le long du quai de Halage sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. D'un diamètre de 2,5m, il est situé entre 17 et 20m sous le TN.
  - o L'émissaire SIAAP NCSM intercepte le fuseau de la ligne le long de la rue Charles Floquet sur la commune de Joinville-le-Pont. D'un diamètre de 2,5m, il est situé entre 16 et 23m sous le TN.

Entre les gares de Champigny Centre et Noisy-Champs:

- Les émissaires du réseau SAM :
  - o L'émissaire Marne Aval croise à la perpendiculaire le fuseau de la ligne à l'Ouest de la gare de Bry/Villiers/Champigny. D'un diamètre de 2m, il est situé à 43.53m sous le TN au droit du tracé préférentiel de la Ligne 15 Sud.

Liste des ouvrages SIAAP interceptés par le tracé de référence et caractéristiques (source : SIAAP et profil en long du projet)

Désignation	Nom de l'émissaire	Diamètre (mm)	Niveau du TN (m NGF)	Profondeur (radier) / TN (m)	Altitude (radier) de la canalisation (m NGF)
SERO	SERO	Ovoïde 2700x2200	31	Environ 5	Environ 26
	SERO	Ovoïde 2400x1500	Environ 31 au droit de l'ouvrage annexe Place de la résistance	Environ 5	Environ 25.7
SEVESC		Ovoïde 2300x1300	Environ 36	Environ 9	Environ 27.3
		1900	Environ 36	Environ 10	Environ 26.7
	Doublement de l'émissaire Sud 2ième branche	3600	Environ 77 au droit de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Environ 37	40
		Ovoïde 1900x1000	Environ 76 au droit de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Environ 8	Environ 68
		Ovoïde 2000x1200	Environ 77 au droit de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Environ 8	Environ 68
		Ovoïde 1800x1000	Entre 77 et 70 au droit de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart	---	---
Montrouge Assainissement	Unitaire	Ovoïde 2000x1200	Environ 80 au droit de l'ouvrage annexe Cimetière Parisien		
		Ovoïde 1900x1000	Environ 77 au droit de la gare Châtillon-Montrouge	Entre 2 et 3	Entre 74 et 75
	Emissaire Sud	2750	Entre 82 et 84 au droit de l'ouvrage annexe Parc Robespierre	Environ 54	Environ 28.8
DSEA 94		Ovoïde 1900x1000	59	Environ 4	Environ 55
	Emissaire Sud 2ième branche	2750	59		
		Ovoïde 2200x1300	98 au droit de la gare Villejuif Louis Aragon		
		Ovoïde 2750x2500	98 au droit de la gare Villejuif Louis Aragon		
		Ovoïde 1900x1000	98 au droit de la gare Villejuif Louis Aragon		
	Emissaire de Villejuif – R2	3000	Entre 100 m NGF et 59m entre Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre	Entre 65 et 29 m entre Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre	Environ 30 m NGF
	VL10	2760	Entre 43m et 55m NGF le long de l'avenue Rouget de Lisle	Entre 23 et 35m le long de l'Avenue Rouget de Lisle	Environ 20 m NGF
	Rive droite S.	Ovoïde 1900*1000	35 m NGF	3.67	Environ 31 m NGF
	VL9	3000	35 m NGF	Environ 20	Environ 15 m NGF
	VL3b	2500	39 m NGF	21.5	17.5 m NGF
	VL3c	2500	36 m NGF	Entre 17 et 20	Entre 16 et 19 m NGF
	NCSM	2500	42 m NGF	Entre 16 et 23	Entre 19 et 26m NGF
SAM (ou MAV)	Emissaire Marne Aval	2000	81 m NGF	43.53	Environ 38m NGF

Les grands collecteurs sont ceux qui amènent les eaux usées aux stations d'épuration après une collecte par un réseau local. Ils forment la partie « régionale » du réseau d'assainissement. Souvent anciens, et réhabilités, ils ont un diamètre important et parcourent des distances importantes.

Par construction, leur profil en long est peu dépendant de la topographie en surface. Ils ont été construits à partir de leur exutoire avec une pente adéquate. Ils se retrouvent à des profondeurs qui dépassent souvent les 20m, pour les zones présentant une topographie élevée.

Les interférences potentielles avec un réseau souterrain ne sont donc pas négligeables dans les zones où le fuseau intercepte le linéaire de ces collecteurs.

Les secteurs où le fonctionnement est gravitaire sont distingués de ceux où il est en charge (refoulement sous pression). La modification de secteurs fonctionnant en gravitaire est plus délicate car la rupture de pente peut engendrer la mise en place d'une section fonctionnant en refoulement. Pour les sections fonctionnant sous pression (refoulement), le déplacement est plus facile.

2.8.1.6 Les infrastructures de transport d'électricité

9 lignes RTE sont présentes au sein du fuseau d'étude. Elles sont réparties sur les communes de:

- Boulogne Billancourt
  - RTE Billancourt Porchefontaine 55 et 56, de 63kV, intercepté au sein de l'emprise même de la gare de Pont de Sèvres.
- Bagneux
  - RTE Liaison COS 48 Fo Bertholllt – Vanves 2008, de 60mm, intercepté au niveau de l'emprise de la gare de Châtillon-Montrouge.
- Villejuif
  - RTE Arrighi-Chevilly, de 63kV, intercepté au niveau de l'avenue du Moulin de Saquet, à l'Est de la gare Villejuif Louis Aragon.
- Vitry-sur-Seine
  - RTE Arrighi-Chevilly, de 63kV, intercepté à deux reprises, au niveau de la gare de Vitry Centre puis au niveau de l'avenue Rouget de Lisle
  - RTE Chevilly-Coriolis, de 225kV, intercepté au niveau de la gare de Vitry Centre
  - RTE Arrighi-Morbras (225kV), RTE Arrighi-Choisy-le-Roi (63kV), RTE Arrighi-Cavell (63kV), RTE Arrighi-Regha (63kV), RTE Arrighi-Pompadour (63kV), toutes interceptées au niveau de la zone industrielle des Ardoines, au niveau du poste électrique, situé en bordure du futur site de maintenance, le long du quai Jules Guesde. L'ensemble de ces lignes constituent des points de surveillance en phase chantier.
- Maisons-Alfort
  - RTE Arrighi Colonie (225kV), le long de la rue Charles Martigny.
- Créteil
  - RTE Arrighi Colonie (225kV), au niveau de la gare Créteil L'Echat. Cette ligne sera impactée par la gare.
- Saint-Maur-des-Fossés
  - RTE Arrighi-Saint-Maur (225kV), le long de l'avenue Godefroy Cavagnac. Cette ligne se situe à moins de 100m, parallèlement au tunnel, sans l'intercepter.

Ces réseaux de surface sont peu contraignants vis-à-vis de la Ligne 15 Sud, hormis s'ils sont situés à proximité d'ouvrages annexes émergents (gares, puits de ventilation, …) ou si les fondations des pylônes sont profondes (sur le tracé du tunnel).

2.8.1.7 Les infrastructures de transport

Il existe un certain nombre de tunnels routiers et ferroviaires qui sont plus ou moins profonds. La plupart d'entre eux ont une profondeur maximale du radier inférieure à 15 mètres. Par ailleurs, ce chapitre ne se limite pas simplement à la prise en compte des infrastructures enterrées et traite également les ouvrages peu profonds mais présentant des niveaux de fondation potentiellement importants.

Les cartes « Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures » présentent en plan les infrastructures de transports souterraines ainsi que celles situées au niveau du terrain naturel et dont le niveau de fondation est potentiellement élevé.

Les interactions potentielles entre la Ligne 15 Sud et les autres infrastructures sont nombreuses.

Les enjeux principaux sont localisés au niveau des infrastructures profondes présentes sur le fuseau de la Ligne 15 Sud:

- Le tunnel de la Ligne 7 au niveau de la station Villejuif Louis Aragon, sur la commune de Villejuif,
- Les correspondances souterraines de l'actuelle gare des Ardoines sur la commune de Vitry-sur-Seine,
- Les infrastructures liées à l'actuelle gare du RER A à Saint-Maur Créteil, sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés,
- La RD 10 aux abords de la gare de Bry-Villiers-Champigny, sur la commune de Villiers-sur-Marne, dont les fondations sont en dessous du niveau supérieur du tunnel de la Ligne 15 Sud,
- L'infrastructure liée à l'actuelle gare du RER E de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise, sur la commune de Villiers-sur-Marne.

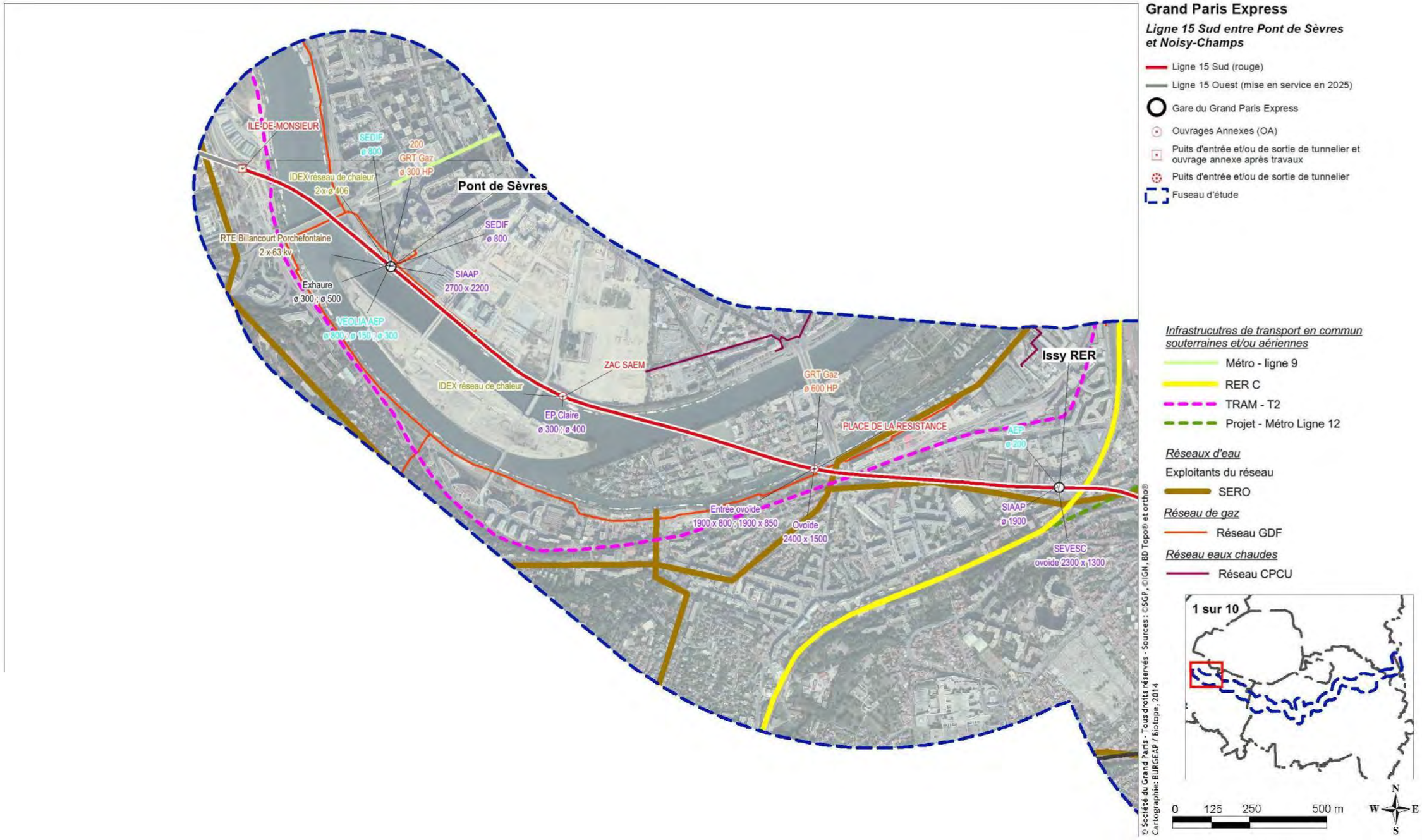
Ces informations sont explicitées dans le tableau et les cartes ci-après.

Liste des infrastructures interceptées par le fuseau d'étude et caractéristiques (Source : Société du Grand Paris)

Infrastructure concernée	Nom de référence au sein des figures	Altitude de l'infra. (en m NGF)	Caractéristiques
Viaduc du RER C	RER C – Issy RER	29	Le RER C intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud au niveau de la gare Issy RER. Celui-ci se situe en surface
Voies RER B	RER B – Arcueil Cachan	62	Le RER B intercepte le fuseau au niveau de la gare d'Arcueil-Cachan. Cette ligne circule en surface.
Tunnel ligne 7	Tunnel ligne 7	84	Le tunnel de la ligne 7 intercepte le fuseau au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon, terminus de la Ligne 7. L'infrastructure est profonde et constitue potentiellement un enjeu au regard de la nature souterraine du projet.
Voies RER C	RER C – Les Ardoines	29.5	Le RER C intercepte le fuseau au niveau de la gare des Ardoines. Les correspondances souterraines associées à l'actuelle gare des Ardoines sont en souterrain. L'infrastructure est donc profonde et constitue potentiellement un enjeu au regard de la nature souterraine du projet
RER A	RER A – Saint-Maur Créteil	33.5	Le RER A intercepte le fuseau au niveau de la gare Saint Maur Créteil. L'infrastructure liée à la gare est profonde et constitue potentiellement un enjeu au regard de la nature souterraine du projet
RD 10	RD 10	72	La RD 10 intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud à l'Est de la gare de Bry-Villiers-Champigny L'infrastructure est profonde et constitue potentiellement un enjeu au regard de la nature souterraine du projet
RER E	RER E – Gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise	72	Le RER E intercepte la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise L'infrastructure liée à la gare est profonde et constitue potentiellement un enjeu au regard de la nature souterraine du projet

Niveaux TN extraits des profils en long (valeur approximative)

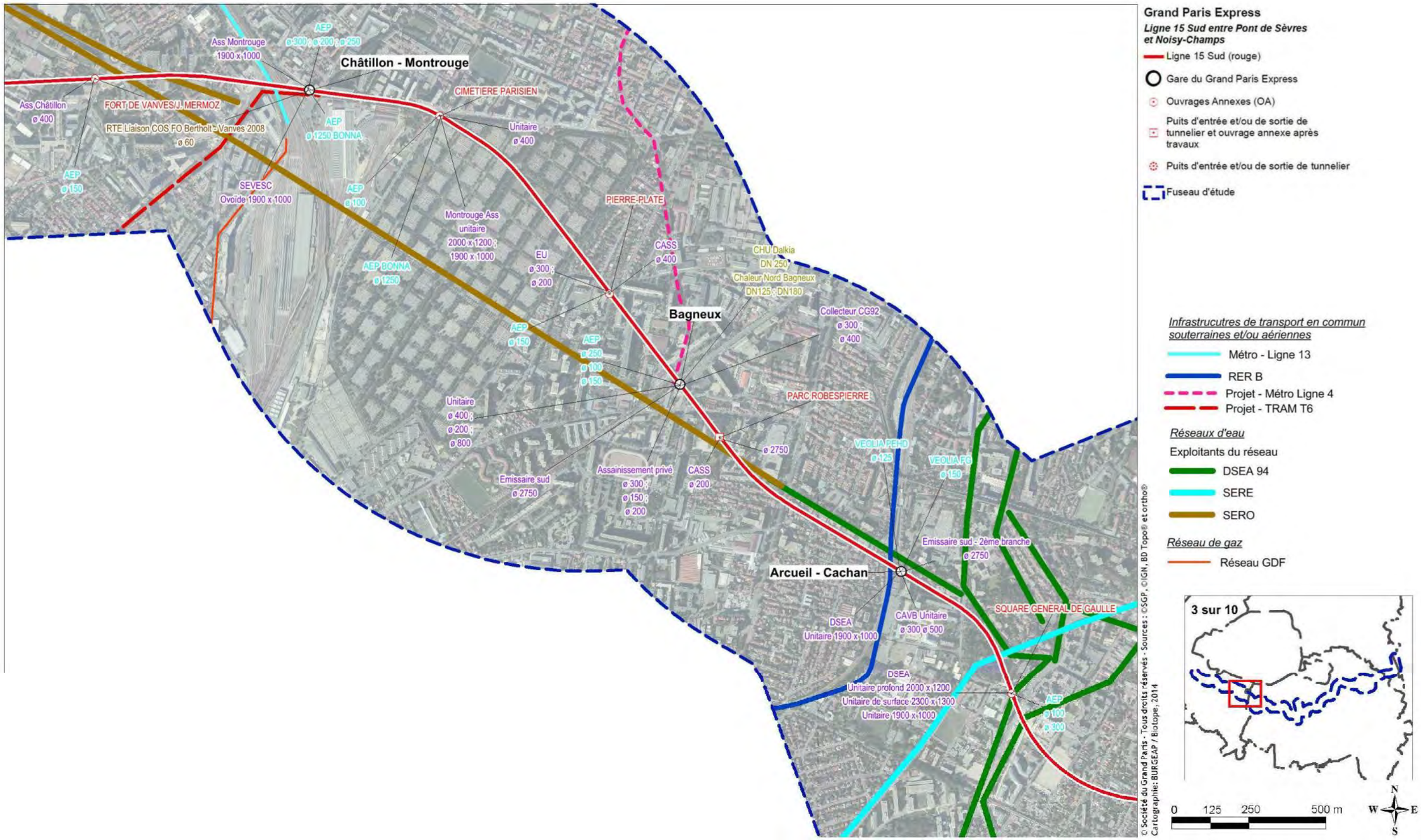
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Pont de Sèvres – Issy RER



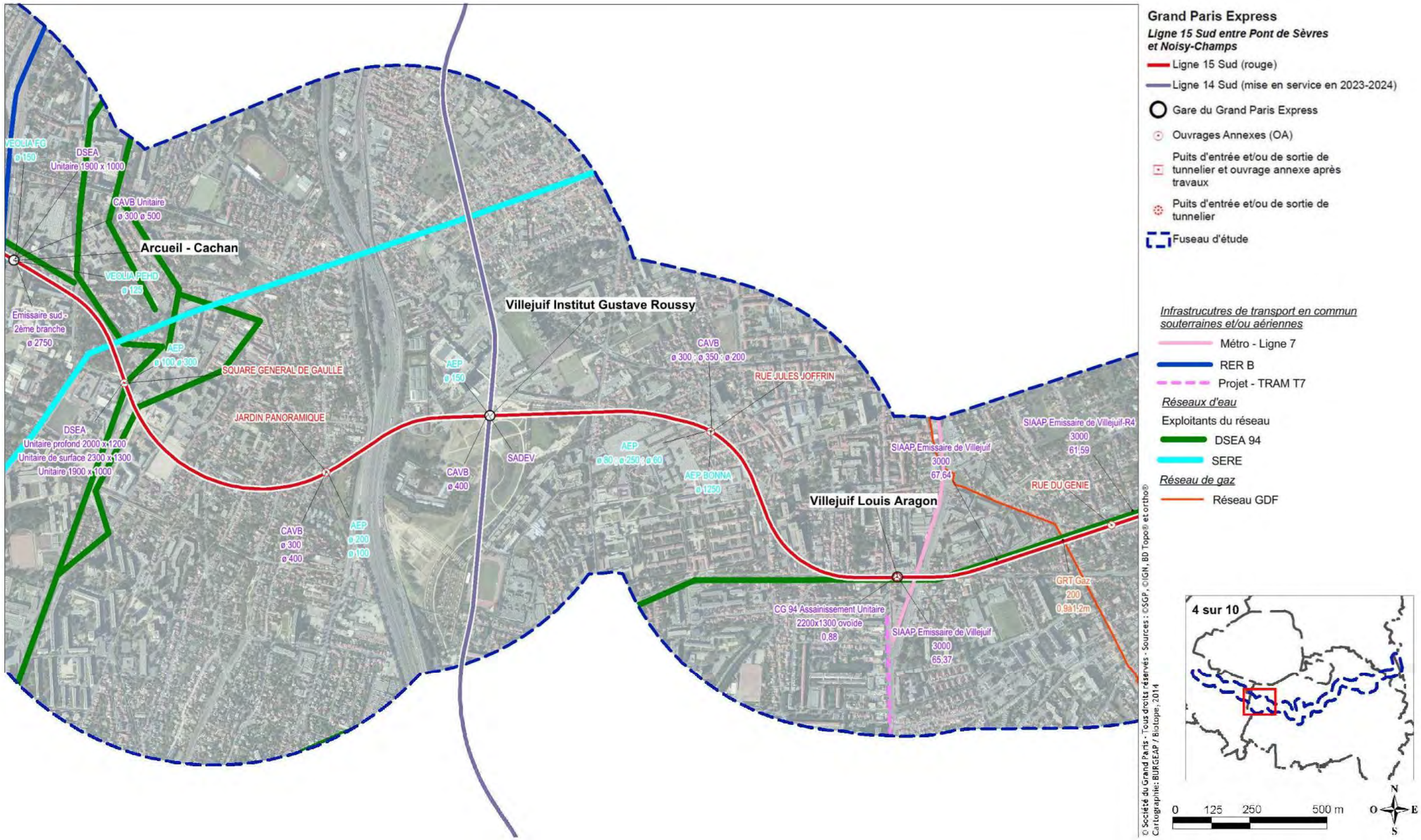
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Issy-RER – Châtillon-Montrouge



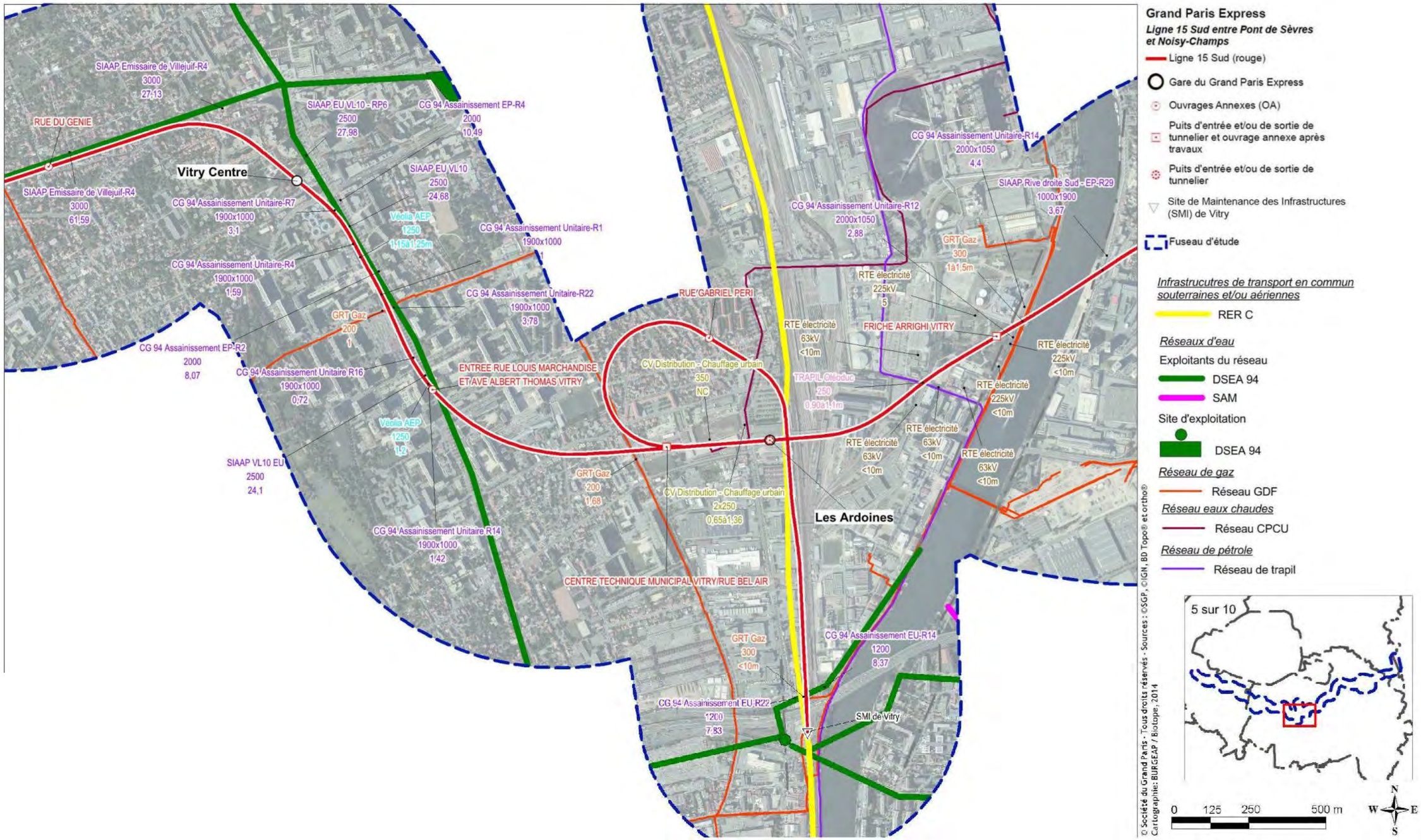
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Chatillon Montrouge – Arcueil-Cachan



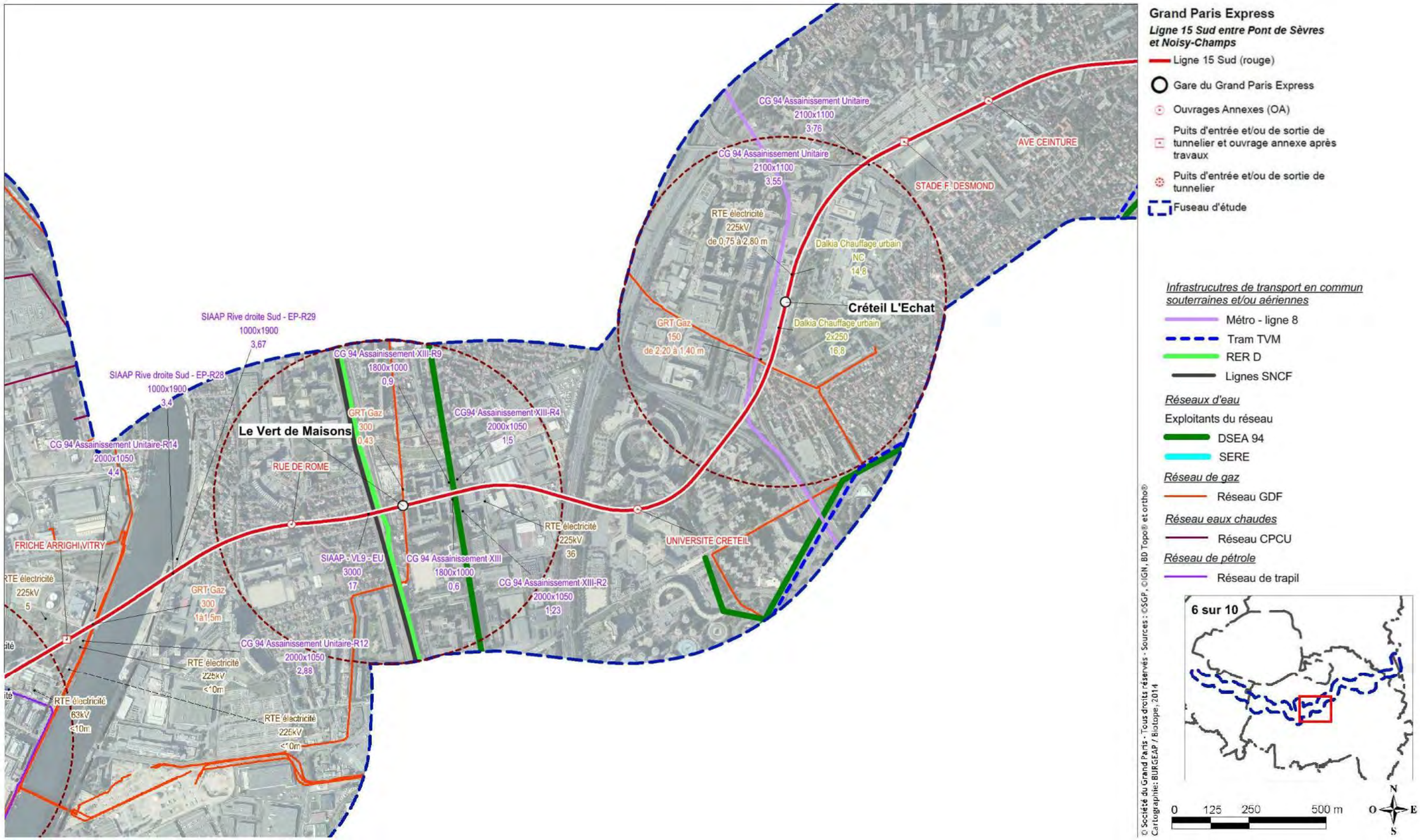
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Arcueil-Cachan – Villejuif Louis Aragon



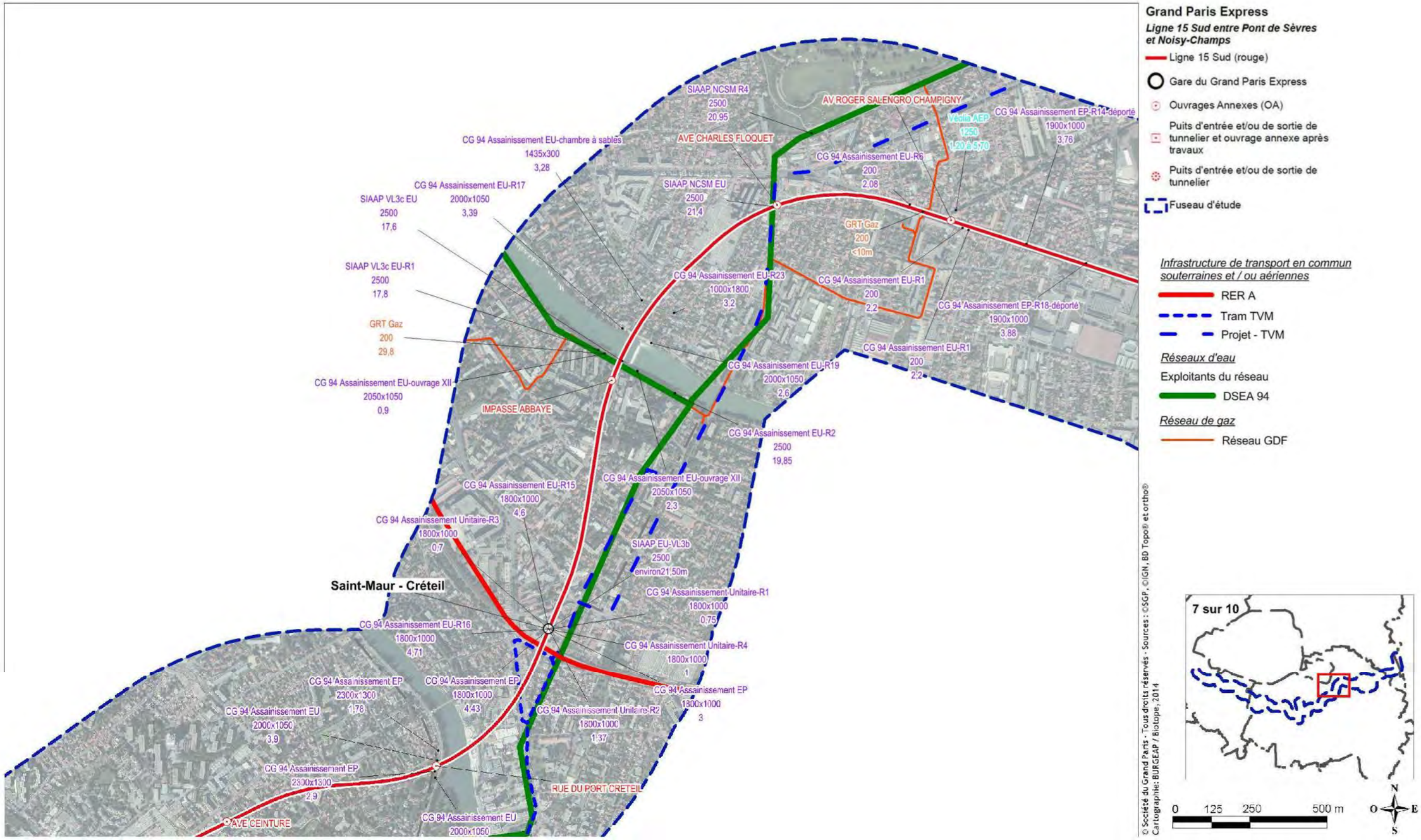
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Vitry Centre - Les Ardoines



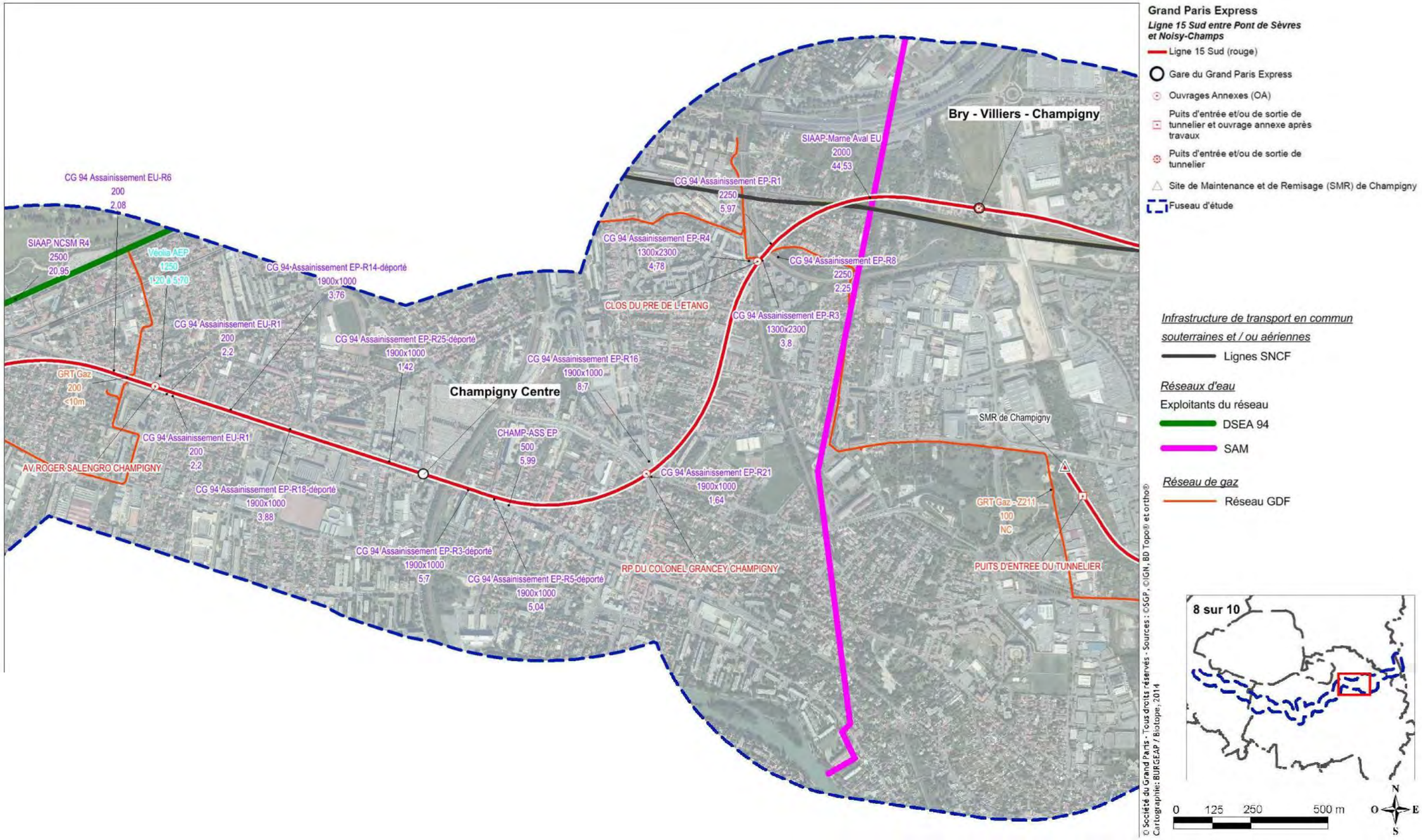
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Le Vert de Maisons – Créteil L'Echat



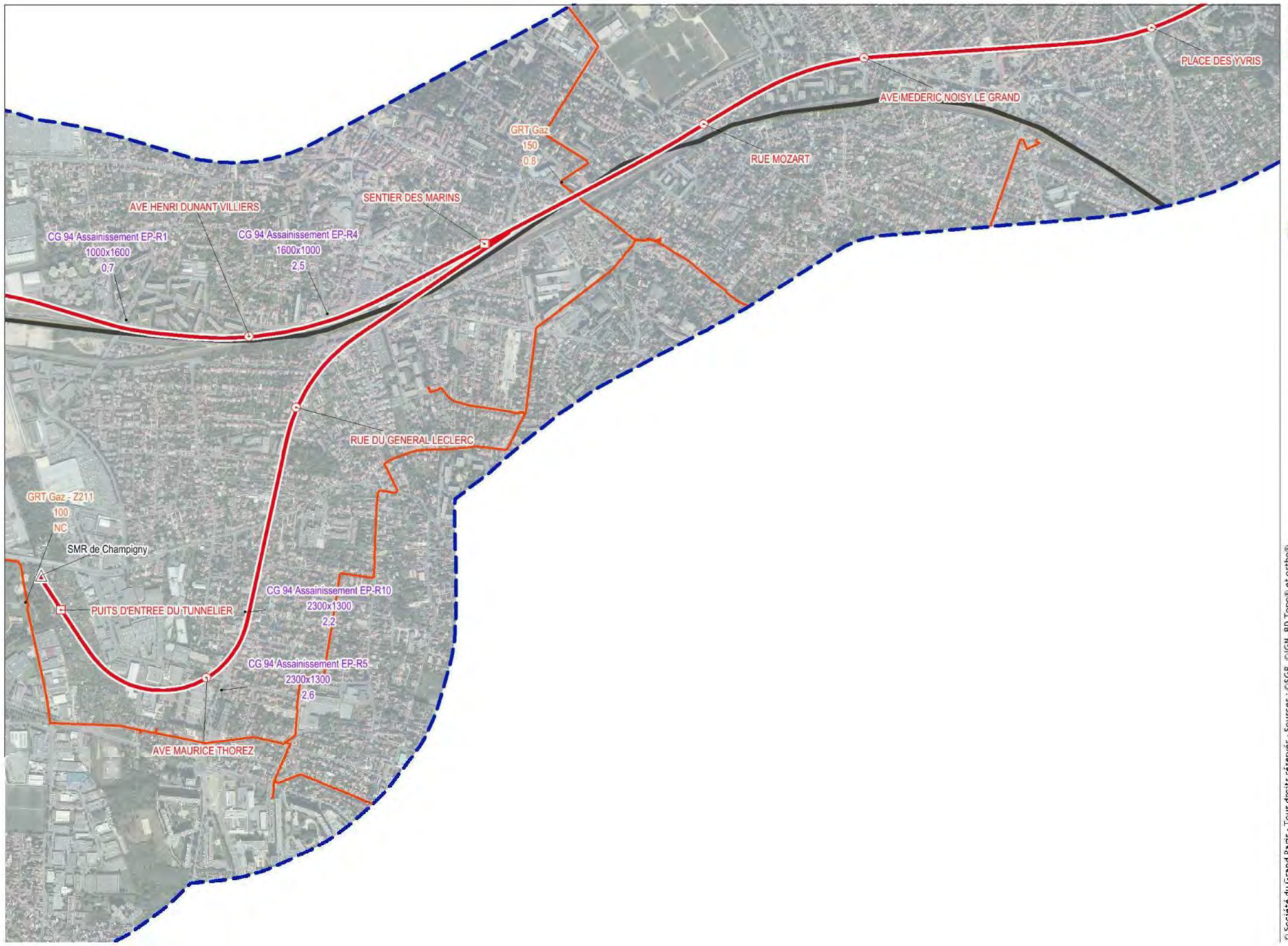
Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Saint-Maur Créteil – Champigny Centre



Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – Champigny Centre – Bry-Villiers-Champigny



Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

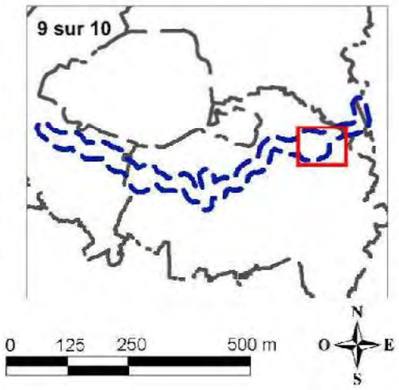
Infrastructure de transport en commun souterraines et / ou aériennes

- Lignes SNCF

Réseau de gaz

- Réseau GDF

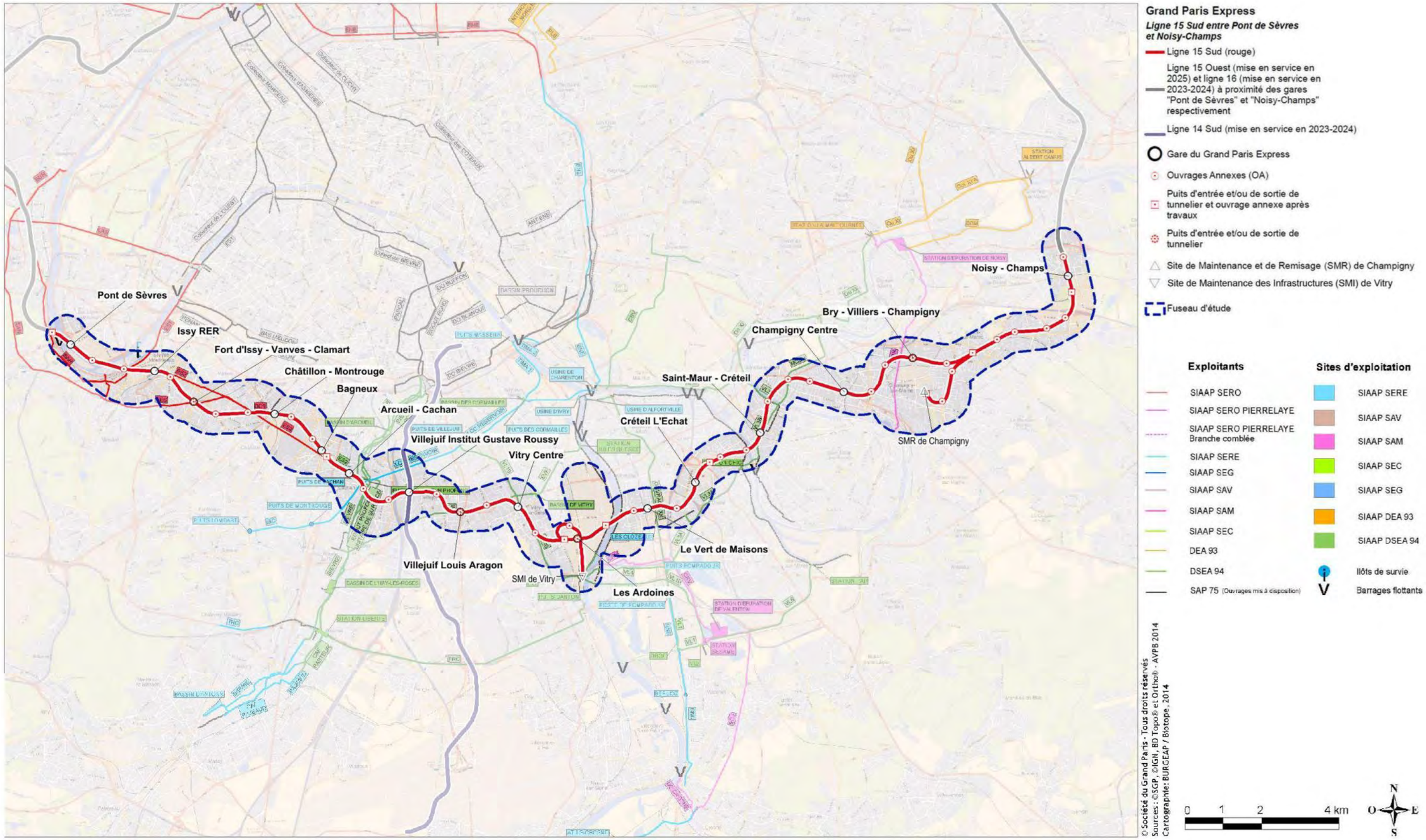
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et ortho®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014



Ouvrages souterrains : Réseaux et infrastructures – secteur de Noisy-Champs



Réseaux SIAAP au niveau du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud



2.8.2 Bâti et niveaux de sous-sol

Les bâtiments à usage d'habitation, de bureaux ou d'activités, les bâtiments industriels ou militaires, les hôpitaux, les postes électriques, les stations de pompages, en somme tous les bâtiments destinés à tous les usages, présentent généralement un ou plusieurs niveaux au-dessus du niveau du sol, et parfois un ou plusieurs niveaux de sous-sols.

La hauteur des bâtiments, ainsi que la présence à proximité, ou non, de parkings aériens, permet de supputer leur profondeur, et de déterminer les zones plus ou moins fortement occupées par la présence de fondations.

Le présent chapitre s'appuie sur une double analyse du bâtiment:

- L'analyse de la typologie de bâti via les cartes IGN, les plans cadastraux, les données du Géoportail croisés au site internet Google Maps, dont l'outil Street View a notamment permis de valider les données précitées.

  Les informations obtenues ont ainsi permis d'entreprendre un zonage de la typologie bâtie dominante (Cartes ci-après), répertoriée en fonction des catégories suivantes :

  - o Les bâtiments bas, inférieurs à 2 ou 3 niveaux, sont majoritairement de types résidentiel ou tertiaire, et ne présentent en règle générale, pas de niveaux de sous-sol,
  - o Les bâtiments présentant des hauteurs moyennes, avec 4 à 5 niveaux, susceptibles de présenter un niveau de sous-sol,
  - o Les bâtiments considérés de grande hauteur, présentant plus de 5 étages, susceptibles de présenter un ou plusieurs niveaux de sous-sol,
  - o Les hôpitaux, qui revêtent une sensibilité particulière, du fait de la présence de matériels spécifiques sensibles,
  - o Les autres sites qui, par leur fonction, revêtent également une sensibilité forte (sites industriels, emprises militaires et aéroportuaires…) indépendamment de la présence ou pas de niveaux de sous-sols.
  - o Les éléments remarquables ponctuels, comme des bâtiments de grande hauteur dans un zonage à bas niveaux, ou bien les postes électriques, stations d'épuration, réservoirs d'eau… ont également été pris en compte dans la présente analyse. Ils nécessitent une attention spécifique, sans toutefois présenter systématiquement une interaction avec le projet.

- L'analyse de la vulnérabilité et de la sensibilité du bâti menée par la Société du Grand Paris dont les objectifs ont été les suivants :

  - o La reconnaissance des obstacles enterrés,
  - o La vérification et l'appréciation de l'état des bâtis existants et leur sensibilité intrinsèque aux déformations, aux vibrations et aux travaux souterrains.

  L'analyse a porté sur l'entièreté du « bâti », des bâtiments (pavillons, immeubles, monuments historiques, etc.) aux ouvrages particuliers (puits, parkings, etc.), en passant par les ouvrages d'art et de génie civil (pont, passerelle, mur de soutènement, etc.). Ces études réalisées par la Société du Grand Paris ont portées sur une zone dite Zone d'Influence Géotechnique (ZIG) correspondant en moyenne à un corridor de 100m de large, soit 50m de part et d'autre de l'axe du tracé préférentiel de la Ligne 15 Sud. Elles se sont déroulées en trois étapes principales:

  - o Etape 1 : Etude globale de l'ensemble de la ligne,
  - o Etape 2 : recherche documentaire,
  - o Etape 3 : Enquête de terrain et étude de la sensibilité intrinsèque du bâti vis-à-vis des déformations et des vibrations, puis étude de vulnérabilité du bâti,

  L'analyse de la vulnérabilité et sensibilité du bâti effectuée par la Société du Grand Paris a donc permis de sonder plus de 3000 bâtiments tout le long du tracé entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs. Elle a donné lieu à autant de fiches permettant d'apprécier la vulnérabilité et la sensibilité du bâti aux déformations et vibrations.

  Le présent rapport n'a pas pour objectif de détailler les enjeux bâtiments par bâtiment, mais expose avant tout la méthodologie employée.

  Seule l'analyse de la sensibilité du bâti sera détaillée dans le présent rapport. Celle de la vulnérabilité le sera au sein de la pièce B.3 de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud, car elle prend en compte le projet de la Ligne 15 Sud et ne se justifie donc pas au sein de l'état initial réalisé ici.

2.8.2.1 Analyse de la typologie de bâti au niveau de la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud s'inscrit dans une zone densément urbanisée. La typologie de bâti est cependant assez hétérogène sur l'ensemble du tronçon, avec une dominante pour les grands bâtiments (à partir de R+4/5) et les bâtiments petits à moyens (maximum R+4/5) .

Par ailleurs, sont localisés à l'intérieur du fuseau d'étude des éléments construits de type postes électriques, réserves d'eau, centrales électriques, stations de pompage, qui représentent des bâtis ponctuels a priori sans niveaux de sous-sol, mais dont la sensibilité potentielle est à prendre en compte dans les études.

a. <u>Sèvres : bâtiments ponctuels de grandes hauteurs</u>

Ce secteur est caractérisé par une dominante de grands bâtiments (de type R+4 ou R+5). Ces bâtiments, de par leur gabarit et les activités qu'ils reçoivent (activités tertiaires) laissent présager au moins un niveau de sous-sol.



Bâtiment ponctuel de grande hauteur à Sèvres (Source : http://www.maps.google.fr/)

b. Le secteur de Issy RER - Clamart

L'Hôpital d'Instruction des Armées Percy au Sud de la gare d'Issy RER

Le fuseau de la Ligne 15 Sud intercepte l'Hôpital d'Instruction des Armées Percy situé à Clamart, au sud de la gare d'Issy RER. Celui-ci est situé en bordure du fuseau d'étude, soit à plus de 400m du tunnel de la Ligne 15 Sud.



L'Hôpital d'Instruction des Armées Percy (rue lieutenant Raoul Batany, à Clamart) (Source : http://www.maps.google.fr/)

c. Le secteur de Fort d'Issy/Vanves/Clamart

Le secteur de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart est caractéristique d'une zone mixte en termes de typologie de bâtiment. Ainsi, les bâtiments sont petits à moyens laissant présager un niveau de sous-sol.



Typologie de bâti à proximité de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart (rue Hébert, à Clamart) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Certains bâtiments ponctuels de grande hauteur sont tout de même présents au sein du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.



Bâtiment ponctuel de grande hauteur près de la gare d'Issy RER (rue d'Erevan, à Issy-les-Moulineaux) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment ponctuel de grande hauteur au sud de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart (rue Parmentier, à Clamart) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment ponctuel de grande hauteur au nord-est de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart (sentier des Nouzeaux, à Malakoff) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Par ailleurs, un élément est remarquable dans ce secteur. Il s'agit du poste électrique situé au niveau du 26 Bd du Colonel Fabien au Sud-Est de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et à proximité du tracé de la Ligne 15 Sud.

L'éco-quartier du Fort d'Issy

Cet éco-quartier a été inauguré officiellement en juin 2013. Il s'étend sur 12 hectares et propose 1620 logements. Ce quartier, anciennement fermé au public, présente aujourd'hui des immeubles de grande hauteur possédant potentiellement un à plusieurs niveaux de sous-sol.



L'éco quartier du Fort d'Issy (Issy-les-Moulineaux) (Source : Bouygues Immobilier)

d. Le secteur de Châtillon-Montrouge

Le secteur de Châtillon-Montrouge est dominé par une typologie de type grands bâtiments (à partir de R+4/5), laissant présager un à plusieurs niveaux de sous-sol.



Typologie de bâti en proximité de la gare Châtillon-Montrouge (Avenue Jean Jaurès, à Montrouge) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le secteur de Châtillon-Montrouge est également caractérisé par un certain nombre de bâtiments remarquables de très grande hauteur dont le nombre de niveau de sous-sol peut potentiellement être élevé.



Exemple de bâtiment de très grande hauteur (Avenue de la Marne, à Montrouge) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Sud de la gare de Châtillon-Montrouge

Ce secteur est marqué par les deux technicentres Montrouge SNCF Entretien Transilien et Atlantique SNCF Entretien TGV. Ceux-ci façonnent le paysage en partie sud de la gare de Châtillon-Montrouge.



Le technicentre Atlantique SNCF Entretien TGV (vu de l'avenue de la République, à Châtillon) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Sud-Est de la gare de Châtillon-Montrouge

Entre les gares de Châtillon-Montrouge et Bagneux, le fuseau d'étude est marqué par le cimetière Parisien de Bagneux d'une surface de plus de 61 hectares et qui constitue un secteur de très faible hauteur et donc un faible enjeu au niveau du sous-sol.

e. Le secteur de Bagneux

Ouest et Nord de la gare de Bagneux

Les secteurs Ouest et Nord de la gare de Bagneux sont caractérisés par une dominance de bâtiments hauts (minimum R+4), présentant a priori un à plusieurs niveaux de sous-sol.

Il s'agit en effet de quartiers majoritairement dédiés à l'habitat collectif.



Typologie de bâti au nord-ouest de la gare de Bagneux (Avenue Victor Hugo, à Bagneux) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Est et Sud de la gare de Bagneux

A contrario, les secteurs Sud et Est de la gare de Bagneux sont caractérisés par une typologie de bâti de moyenne hauteur (max R+4/R+5), avec a priori un seul niveau de sous-sol et ne présentant, de ce fait, que peu d'enjeu.



Typologie du bâti sur les secteurs Sud et Est de la gare de Bagneux (Source : http://www.maps.google.fr/)

Certains éléments remarquables de grande hauteur peuvent tout de même être relevés, à l'exemple de la photo suivante.



Typologie de bâti au niveau du Fort de Vanves (rue Jules Védrine, à Malakoff) (Source : http://www.maps.google.fr/)

f. Le secteur de Arcueil-Cachan

Le secteur à proximité de la gare d'Arcueil-Cachan ne présente pas d'enjeu particulier. En effet, il s'agit d'une zone dite « mixte », à dominante de bâtiments petits à moyens (maximum R+5) et ne présentant que peu de niveaux de sous-sol.

Cependant, certains éléments remarquables ont pu être recensés et doivent être mentionnés :

- L'aqueduc de la Vannes et l'aqueduc du Loing et du Lunain qui traversent les communes d'Arcueil et de Cachan.



Aqueduc de la Vanne (Boulevard Jacques Desbrosses, à Arcueil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

- La maison de retraite « Résidence de l'aqueduc », au 1 rue de Provigny, à Cachan

g. Le secteur de Villejuif-IGR

Le secteur aux alentours de la gare de Villejuif-Institut-Gustave-Roussy est complexe de par la diversité des enjeux qui ont pu y être identifiés.

L'Institut Gustave Roussy

L'Institut Gustave Roussy est le premier centre européen de lutte contre le cancer. L'IGR a une triple vocation : hôpital, centre de recherche et école de cancérologie. De forme panoptique, et haut de 15 étages, il occupe une surface, et son niveau de sensibilité élevé. Les figures ci-dessous permettent d'apprécier l'importance du site.



Schéma de l'organisation de l'IGR de Villejuif



L'Institut Gustave Roussy

L'IGR est situé dans le fuseau d'étude de 500m de la Ligne 15 Sud, Il est également concerné par la proximité de la gare Villejuif-IGR, dans un rayon de 500m. Les niveaux de sous-sols sont importants et les fondations profondes, l'emplacement du bâtiment sur d'anciennes carrières de sable, ayant imposé l'enracinement de nombreux pieux coulés en béton et dont la profondeur

dépasse par endroit 45mètres. Le projet doit donc tenir particulièrement compte de ce site, pour l'ouvrage souterrain en lui-même, mais également pour les émergences éventuelles.

En outre, le tracé s'insère au sein du projet d'aménagement « Cancer Campus ».

La redoute des Hautes Bruyères

Construite en 1870 sur l'ordre d'Eugène Viollet-le-Duc pour consolider la défense de Paris, la redoute des Hautes Bruyères, propriété de l'Etat, et située sur le Parc Départemental des Hautes Bruyères (d'une vingtaine d'hectares), est le point le plus haut du Val de Marne, culminant à une altitude de 127m. Elle héberge aujourd'hui une caserne d'une Compagnie Républicaine de Sécurité.

Elle présente un fort potentiel de niveaux de sous-sols (des vestiges d'un village néolithique, d'anciennes galeries souterraines peut-être, des fossés…) et constitue donc un enjeu fort.



La redoute des Hautes Bruyères

Aussi, le site des Hautes Bruyère sur lequel sera implantée la gare de Villejuif IGR, se caractérise par son historique de carrière de sable. Une attention particulière doit donc être portée sur la gare en elle-même, le tunnel et les émergences éventuelles.

Au Nord de l'Institut Gustave Roussy

Le secteur au Nord de l'Institut Gustave Roussy est caractérisé par une typologie de bâti homogène de type petite à moyenne hauteur (R+4/5 maximum) et ne constitue donc pas d'enjeu particulier.



Typologie de bâti au Nord de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif (rue Tolstoï, à Villejuif)
(Source : http://www.maps.google.fr/)

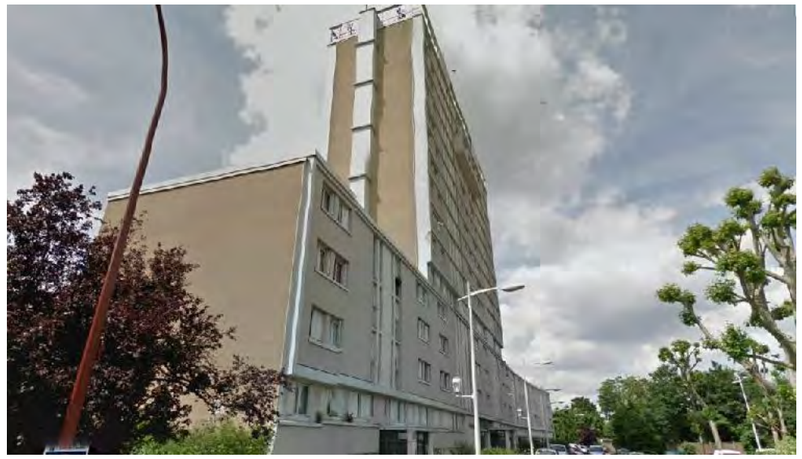
Dans ce secteur, le long de l'Avenue du Président Allende, à Villejuif, la présence de 9 châteaux d'eau est un élément significatif. Hauts de 33 mètres chacun, leur capacité globale de stockage est aujourd'hui de 53 000 m3. Les travaux de renforcement de ces réservoirs vieux de près de 80 ans, et la construction du réservoir semi-enterré dit « R7 » permettra à la fin de l'année 2014 de porter la capacité de réserve totale à 76 000 m3. Ces ouvrages restent cependant peu profonds, l'enjeu est donc faible.



Châteaux d'eau de Villejuif aujourd'hui



Châteaux d'eau de Villejuif à l'horizon fin 2014



Bâtiment de grande hauteur à l'Ouest de l'Autoroute A6 (allée Gustave Courbet, à Cachan) (Source : http://www.maps.google.fr/)

A l'Ouest de l'Autoroute A6

La partie Ouest du secteur est marquée par les autoroutes A6a et A6b de direction Nord-Sud, que le tracé intercepte à la perpendiculaire au niveau de la limite entre les communes de Cachan et de Villejuif.

A l'Ouest, sur la Commune de Cachan, le secteur est caractérisé par une typologie de bâti de petite taille (max R+2/3), et donc a priori sans niveau de sous-sol. Il s'agit d'une zone résidentielle pavillonnaire. Elle ne constitue donc pas un enjeu dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



Typologie du bâti sur les secteurs à l'Ouest de l'Autoroute A6 (rue des Amandiers, à Cachan) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le Sud-Est de ce secteur, le long de l'autoroute A6, est quant à lui caractérisé par des bâtiments plus hauts (à partir de R+4/5) possédant a priori un ou plusieurs niveaux de sous-sol. Il s'agit de bâtiments d'habitat collectif, à l'image de la photo ci-après.

L'Hôpital Paul Guiraud

Le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud intercepte l'hôpital psychiatrique Paul Guiraud, situé au Sud-Est de la gare Villejuif IGR, Le tracé de la Ligne 15 Sud passe aux abords de cet établissement. Celui-ci peut être assimilé à un bâtiment de moyenne hauteur (ne dépassant pas R+5) et laisse supposer peu de niveaux de sous-sol. Les interactions avec le tracé sont donc faibles.



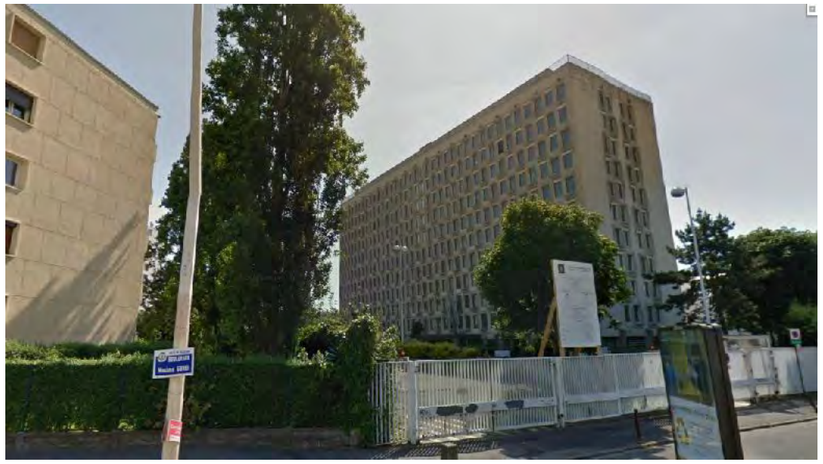
L'Hôpital Paul Guiraud, à Villejuif (Source : wikipédia)

h. Le secteur Villejuif Louis Aragon – Vitry Centre

Ce secteur est très homogène en termes de typologie de bâti sur le fuseau d'étude. Les bâtiments sont de grande hauteur (R+4 et plus) et possèdent potentiellement plusieurs niveaux de sous-sol. La zone est donc sensible et une attention particulière y sera portée. La présence d'anciennes carrières participe également du fort niveau d'enjeu sur ce secteur.



Bâtiment de grande hauteur (>26m) (Avenue de la République, à Villejuif) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment de grande hauteur (Boulevard Maxime Gorki, à Villejuif) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Aux abords directs de la gare de Vitry Centre, un nombre important de bâtiments de très grande hauteur (plus de 17m voire plus de 26m) rendent le secteur particulièrement sensible et nécessite une attention particulière.



Bâtiment de grande hauteur aux abords de la mairie de Vitry-sur-Seine (>26m) (Avenue Lucien Français, à Vitry-sur-Seine) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Au sud de la gare de Vitry Centre, en direction de la gare des Ardoines, le long de l'avenue Youri Gagarine, la typologie de bâti est également à dominante d'habitat collectif de grande hauteur et possédant donc potentiellement un nombre important de niveaux de sous-sol.



Bâtiments d'habitat collectif de grande hauteur (>26m) (Allée Arsène Gravier, à Vitry-sur-Seine) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le secteur de Vitry Centre constitue donc potentiellement un enjeu fort au regard de la typologie de bâti laissant présager un grand nombre de niveaux de sous-sol.

i. Le secteur des Ardoines

Le secteur des Ardoines est un secteur à fort enjeu de par sa situation au sein de la zone industrielle de Vitry-sur-Seine.

Le débranchement vers le SMI (Site de Maintenance des Infrastructures)

Aux abords du débranchement vers le SMI de Vitry-sur-Seine, la typologie de bâti est à dominante de bâti de petite taille à taille moyenne, et présentant potentiellement peu de niveaux de sous-sol.



Typologie de bâti à Vitry-sur-Seine (rue Jean Roche, à Vitry-sur-Seine) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiments tertiaires au sud de la gare des Ardoines (rue du Docteur Roux, à Choisy-le-Roi) (Source : http://www.maps.google.fr/)

La zone industrielle de Vitry-sur-Seine

La zone industrielle de Vitry-sur-Seine, située entre le quai Jules Guesde à l'Est, l'Avenue du Groupe Manouchian à l'Ouest, l'A86 au Sud et la rue Alfred Musset au Nord, s'étend sur près de 250 hectares à l'Est de la commune de Vitry-sur-Seine. Elle représente un pôle d'activité majeur au sein du département du Val-de-Marne, et regroupe un certain nombre de grands groupes industriels tels que : Air Liquide, Sanofi Chimie, EDF, Delek France (ex-BP), STEF, SNCF, etc.

Le groupe Delek France, dont un dépôt d'hydrocarbure est implanté entre les rails au nord de la gare des Ardoines et de la rue Tortue à Vitry-sur-Seine est classé site SEVESO II Seuil Haut, est concerné par un PPRT prescrit le 6 avril 2009 et prorogé par arrêtés préfectoraux motivés les 5 octobre 2010, 3 octobre 2011 et 25 mars 2013. L'emprise de la gare des Ardoines intercepte le périmètre de protection du site. Cela constitue donc un enjeu fort.



Delek France (vu de la rue Tortue, à Vitry-sur-Seine) (Source : http://www.maps.google.fr/)

D'autres entreprises implantées sur cette zone constituent des sites ou éléments remarquables :

- Le site SANOFI Chimie au sud de la zone industrielle, le long du quai de Guesdes (au Sud-Est de la gare des Ardoines) ;
- La turbine à gaz EDF située au sud de la rue des Fusillés ;
- La centrale thermique EDF, située au nord de la rue des Fusillés ;
- L'agence d'essai ferroviaire de la SNCF au nord de la zone industrielle, à l'angle de la rue Charles Heller et de l'avenue du Président Salvador Allende ;
- Un poste électrique au niveau de l'avenue du Président Salvador Allende aux abords de l'agence d'essai ferroviaire de la SNCF ;
- Un poste électrique au niveau du Pont des Fusillés, aux abords des voies ferrées ;
- Un poste électrique au niveau de la rue des Fusillés, aux abords de l'entreprise DELEK France ;
- Un château d'eau au niveau de l'avenue du Président Salvador Allende, aux abords de l'agence d'essai ferroviaire de la SNCF ;

- Une station d'épuration au niveau du quai Jules Guesde en bordure de la centrale thermique EDF.

En terme de hauteur, les bâtiments sont relativement bas (<16m) et ne possèdent a priori que peu de niveaux de sous-sol. Ils ne constituent en ce sens pas d'enjeu particulier.

j. Secteur Le Vert de Maisons

La continuité de la zone industrielle des Ardoines (Alfortville/Créteil)

Au Sud-Ouest de la gare Le Vert-de-Maisons, à Alfortville, le secteur est marqué par différents sites industriels tels que :

- Le site GDF,
- Sanofi Aventis.

D'autres éléments remarquables ont également été relevés :

- Un poste électrique au niveau de la Digue d'Alfortville,
- Une station de pompage au niveau du Quai de la Révolution à Alfortville.

La partie Sud-Est de cette zone, sur la commune de Créteil, constitue une zone commerciale avec différentes enseignes (But, Kiloutou etc.). Il s'agit donc d'une zone à dominante de bâtiments de petites tailles, dont les parkings sont en majorité en surface. Les enjeux liés à de nombreux niveaux de sous-sol sont donc faibles.



Zone d'activité (D228, Alfortville/Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Alfortville : zone mixte

Le fuseau du tracé de la Ligne 15 Sud intercepte, sur la rive droite de la Seine, la commune d'Alfortville. Cette zone, à l'Ouest de la gare Le Vert-de-Maisons, est caractérisée par des bâtiments de taille petite à moyenne, avec au maximum a priori un niveau de sous-sol. Une zone de bâtiment de grande hauteur est tout de même à identifier, au nord de la rue des Alouettes à Alfortville. Celle-ci est en bordure du fuseau d'étude et ne constitue donc pas un enjeu important.

Par ailleurs, les abords directs de la gare « Le Vert-de-Maisons » sont sensibles au regard de la concentration de bâtiments de grande hauteur au niveau du square Dufourmantelle notamment. Ce secteur présente donc un enjeu potentiellement fort.



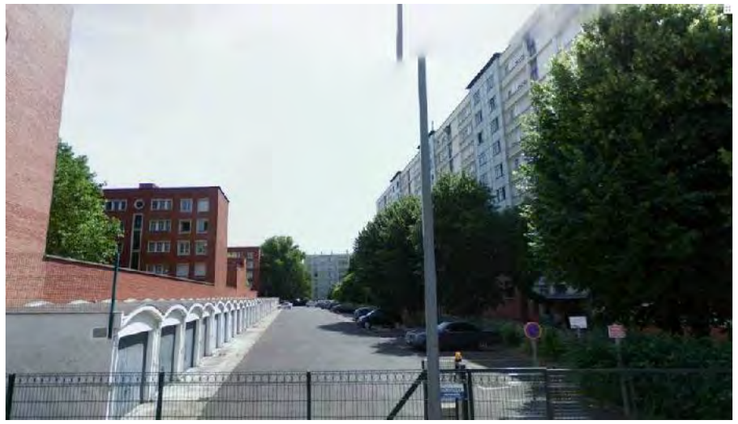
Entrée du square Dufourmantelle (Avenue de la Liberté, Maisons-Alfort) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiments de grande hauteur (rue des Alouettes, Alfortville) (Source : http://www.maps.google.fr/)

L'Est de la gare Le Vert-de-Maisons à Maison Alfort

Ce secteur est caractérisé par des bâtiments de grande hauteur (type bâtiment collectif). Cette zone constitue donc un point de surveillance en raison de la probabilité d'un nombre important de niveaux de sous-sol.



Typologie de bâti à l'Est de la gare Le Vert-de-Maisons (Source : http://www.maps.google.fr/)

k. Secteur de Créteil L'Echat

Quartier de Montaigut, de la Lévrière et du Palais

Ce secteur se situe à l'Est de la gare de Le Vert-de-Maisons et au Sud-Ouest de la gare de Créteil L'Echat. Il s'agit d'une zone à dominante de grands bâtiments (supérieurs à R+4/5 et d'une hauteur supérieure à 17m). Le tunnel de la Ligne 15 Sud intercepte cette zone au niveau de la rue Pasteur Vallery Radot. Une attention particulière sera portée sur cette zone.



Typologie de bâti dans le quartier du Palais (Rue Jacques Prévert, Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Typologie de bâti dans le quartier de Montaigut (Boulevard Montaigut, Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le Tribunal de Grande Instance est un bâtiment de très grande hauteur (R+18) et constitue un élément remarquable sur le fuseau de la Ligne 15 Sud. Situé aux abords de l'A86, il se trouve en limite Sud du fuseau d'étude de 500m. Il ne constitue donc pas un point de surveillance important mais mérite tout de même d'être mentionné.



Le Tribunal de Grande Instance (Rue Pasteur Vallery Radot, Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Enfin, les bâtiments de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales du Val de Marne, au Sud de la gare de Créteil L'Echat et à proximité du tunnel, constituent un bâtiment remarquable de grande taille.



La Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales du Val de Marne (Rue Saint-Simon, Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Ce secteur est donc potentiellement à fort enjeu au regard des éléments qui le constituent.

Le Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor

L'emprise de la gare de Créteil L'Echat se situe en bordure du Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor, sur la commune de Créteil. Celui-ci s'étend sur 12 hectares et constitue un point de vigilance au regard des fondations profonde liées au bâtiment principal d'une hauteur de plus de 15 étages.



Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor, à Créteil (source : Wikipédia)

La proximité directe de la gare de Créteil L'Echat est marquée par la présence de bâtiments de grande hauteur, type R+10, et constituant un point de surveillance important dans le périmètre de la gare.



Bâtiments de grande hauteur aux abords de la gare Créteil L'Echat, (rue Gustave Eiffel, à Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Ce secteur est donc potentiellement à fort enjeu au regard des éléments qui le constituent.

Le secteur mixte au Nord-Est de la gare de Créteil L'Echat

La typologie de bâti sur ce secteur est caractéristique d'une zone résidentielle mixte, avec des habitations de petite taille (type pavillonnaire) et des bâtiments d'habitat collectif de taille moyenne présentant potentiellement peu de niveaux de sous-sol. Ce secteur ne constitue donc pas un réel enjeu.



Bâtiments type pavillonnaire (rue de Plaisance, Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment d'habitation de taille moyenne (rue Neuve, Créteil) (Source : http://www.maps.google.fr/)

I. Saint-Maur-des-Fossés : quartier mixte

Le fuseau de la Ligne 15 Sud, situé sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés intercepte une zone d'habitation dont la typologie de bâti est de petite et moyenne taille. Les enjeux sont donc faibles en raison du nombre restreint de niveaux de sous-sols potentiellement présents sous ces bâtiments.



Bâtiment d'habitation de taille moyenne (Avenue Desgenettes, Saint-Maur-Des-Fossés) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment d'habitation de taille moyenne (rue Beaubourg, Saint-Maur-Des-Fossés) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Au niveau de la traversée de la Marne, à la frontière entre Créteil et Saint-Maur-Des-Fossés, un ensemble de bâtiments d'habitat collectif de grande hauteur (type R+16) est présent en proximité du tunnel. Il constitue un point de surveillance.



Bâtiments d'habitat collectif de haute taille (Quai du Port de Créteil, à Saint-Maur-Des-Fossés) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Quelques autres éléments remarquables sont interceptés par le fuseau de la Ligne 15 Sud sur le secteur de Saint-Maur-des-Fossés:

- Une station de pompage, au niveau du Pont de Créteil (Quai du Pont de Créteil), sur la commune de Saint-Maur-Des-Fossés ;
- La clinique Métivet, localisée au Sud-Est de la gare, en bordure du fuseau d'étude de 500m ;

- Le dépôt RATP, au Nord-Ouest de la gare de Saint-Maur-des-Fossés, au niveau de la rue Politzer. De faible hauteur, il ne constitue pas un enjeu particulier dans le cadre du projet ;
- Un poste électrique au niveau de l'avenue de Condé, à quelques centaines de mètres du fuseau de la Ligne 15 Sud. Ce poste constitue un point de surveillance ;
- Le parc de L'Abbaye sur lequel se situent les vestiges de l'Abbaye de Saint-Maur. Ceux-ci ont été classés monuments historiques depuis le 13 juin 1988. Le tunnel de la Ligne 15 Sud intercepte l'emprise de ce parc. Celui-ci constitue donc un point de surveillance important.

Ce secteur, de par la typologie de bâtiment et les éléments remarquables qui le constituent est potentiellement un enjeu fort.

m. Le secteur de Joinville-Le-Pont – Champigny

Joinville-Le-Pont

Le fuseau du tracé de la Ligne 15 Sud intercepte le sud de la commune de Joinville-Le-Pont. Ce secteur est caractérisé en majorité par un bâti de hauteur petite à faible, type pavillonnaire et bâtiment d'habitat collectif R+4/5 et ne présente que peu d'enjeu au niveau du sous-sol.



Bâtiment d'habitation de petite et moyenne hauteur (Avenue Dagoty, à Joinville-le-Pont) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Cependant, un certain nombre de bâtiments de grande taille ont pu être relevés sur le secteur, notamment aux abords du tracé de la Ligne 15 Sud.

Ainsi, sur la commune de Joinville-le-Pont, le tracé intercepte plusieurs immeubles de grande hauteur au niveau des avenues du Président Nelson, Joyeuse et Gallieni.



Bâtiment de grande hauteur (Avenue Joyeuse, à Joinville-le-Pont) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Quelques autres bâtiments de grande hauteur sont aussi remarquables sur l'extrémité sud de la commune de Joinville-Le-Pont.



Bâtiment de grande hauteur en bordure du cimetière communal de Joinville-le-Pont (Rue de l'égalité, à Joinville-le-Pont) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Les alentours de la gare de Champigny-Centre

Sur le secteur Ouest de la gare de Champigny Centre, la typologie de bâti est mixte, à dominante de bâtiments petits et moyens (R+4/5), avec donc peu de niveaux de sous-sol. Certains bâtiments de plus grande hauteur ont cependant pu être identifiés, à l'image de la résidence Gabriel Péri de

type R+7. Celui-ci constitue un enjeu de par sa localisation aux abords de la gare de Champigny Centre.

De manière générale, l'enjeu est moindre sur cette zone.



La résidence Gabriel Péri (Boulevard Gabriel Péri, à Champigny-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)

A l'Est de la gare, le secteur est caractérisé par une hauteur de bâti à dominante mixte. Les bâtiments de grande hauteur sont toutefois nombreux. Les fondations potentiellement profondes de ces bâtiments constituent donc un enjeu potentiel.



Bâtiment d'habitation de grande hauteur aux abords directs du tunnel (rue de Bernaü, à Champigny-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment d'habitation de grande hauteur (rue Jean Jaurès, à Champigny-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiment d'habitation de grande hauteur (rue Eugène Brun, à Champigny-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Par ailleurs, le fuseau de la Ligne 15 Sud intercepte deux stations de pompages situées au niveau de la Marne. Elles se situent toutes deux en bordure du périmètre d'étude, à 500m donc du tunnel, mais constituent tout de même des éléments remarquables à recenser.

Enfin, au Nord de la gare de Champigny Centre, le secteur est marqué par le cimetière de Champigny, situé entre les voies du RER à l'Est et le chemin de la Planchette à l'Ouest. Ce cimetière est coupé en deux, du Nord au Sud, par la rue du Cimetière. Ce secteur ne présente aucun enjeu au niveau du sous-sol.

n. Le secteur de Bry/Villiers/Champigny

La gare de Bry/Villiers/Champigny

L'emplacement de la gare de Bry/Villiers/Champigny se situe au nord de la zone d'activité de Champigny sur Marne. Celle-ci est placée au nord du Parc Départemental du Plateau, et accueille diverses activités. Aucune des entreprises implantées n'est classée SEVESO, et la zone constitue relativement peu d'enjeu en lien avec le sous-sol. En effet, les bâtiments sont de faible hauteur et les parkings sont avant tout situés en surface.



Zone d'Activité de Champigny sur Marne (rue Benoit Frachon, à Champigny sur Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Aux abords directs de la gare, la zone est assez faiblement urbanisée (friches vierges, golf). A l'Est, sur la commune de Villiers-sur-Marne, la typologie de bâti est à dominante de moyenne à grande hauteur. A cet endroit, le nombre de niveaux de sous-sol peut potentiellement être important et constituer un enjeu.



Typologie de bâti (grande hauteur) aux abords Est de la gare de Bry/Villiers/Champigny (Chemin des Boutaraines, à Villiers-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le site de maintenance

Ce secteur ne présente pas d'enjeu au regard de la typologie de bâti (petite et moyenne taille). Sur l'emprise du tunnel d'accès au site de maintenance, les zones traversées sont de type maison individuelle ou collective de faible hauteur.



Typologie de bâti (grande hauteur) aux abords Est de la gare de Bry/Villiers/Champigny (Chemin des Boutaraines, à Villiers-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le secteur de Bry/Villiers/Champigny ne constitue donc pas un secteur à fort enjeu au regard de la typologie de bâtiment existante.

o. Villiers-sur-Marne

Sur le fuseau de la Ligne 15 Sud, au niveau de la commune de Villiers-sur-Marne, la typologie de bâti est assez homogène et présente peu d'enjeux au niveau du sous-sol. En effet, elle est caractérisée par des bâtiments de petite à moyenne taille de type habitat individuel ou habitat collectif.



Typologie de bâti dans le secteur de Villiers-sur-Marne (rue des Perroquets, à Villiers-sur-Marne) (Source : http://www.maps.google.fr/)

p. Noisy-le-Grand

Le secteur de Noisy-le-Grand, sur le périmètre d'étude de la Ligne 15 Sud, est hétérogène en termes de typologie de bâti.

Le secteur au Sud de l'autoroute A4

Au Sud, les bâtiments sont caractéristiques d'une zone d'habitat individuel, type pavillonnaire. Aucun élément remarquable n'a été recensé. Les enjeux sont donc inexistants au niveau du sous-sol dans ce secteur.



Bâtiments d'habitat individuel (type pavillonnaire) (Avenue de Beauséjour, Noisy-le-Grand) (Source : http://www.maps.google.fr/)

Le secteur au Nord de l'autoroute A4

Le tunnel de la Ligne 15 Sud, sur ce secteur, au Sud de la gare de Noisy-Champs, longe le boulevard du Ru de Nesle. Il est bordé, à l'Est, du Campus Descartes de l'Université de Marne-la-Vallée, et à l'Ouest, par le Parc de la Butte Verte et le Quartier du Champy.

Le Campus Descartes ne présente pas de bâtiment de très grande hauteur (R+5 maximum). Cependant le nombre de niveaux de sous-sol peut s'avérer important et constitue donc un point de surveillance.

Au niveau de la gare de Noisy-Champs, des immeubles de grande hauteur sont recensés. Ceux-ci peuvent présenter un nombre de niveaux de sous-sol important. L'impact de la Ligne 15 Sud est donc à surveiller.



Bâtiment haut à proximité de la gare Noisy-Champs (rue de la butte verte, Noisy-le-Grand) (Source : http://www.maps.google.fr/)



Bâtiments hauts à proximité de la gare Noisy-Champs (allée des Hauts Bois, Noisy-le-Grand) (Source : http://www.maps.google.fr/)

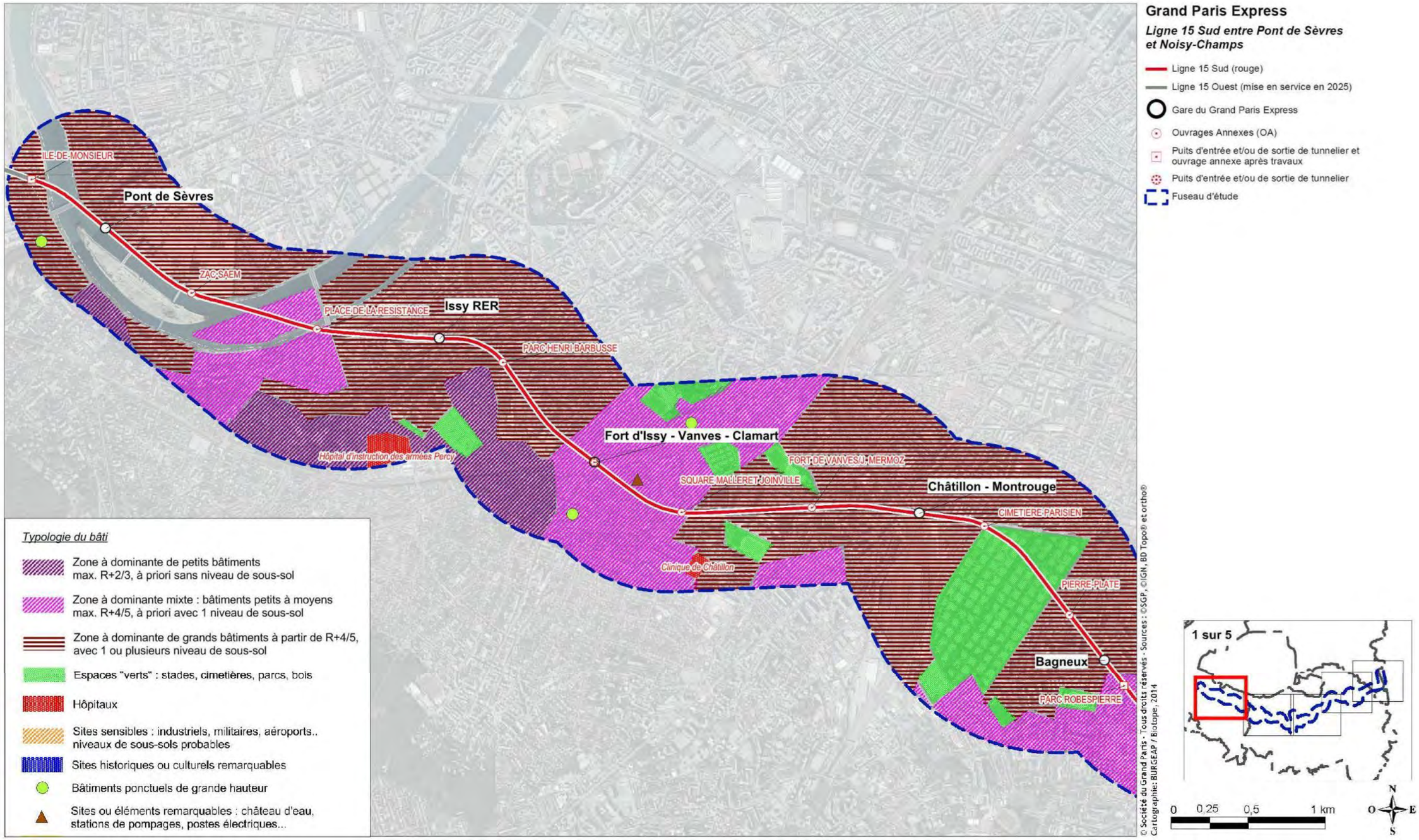


Bâtiment de grande hauteur à proximité de la gare Noisy-Champs (Boulevard Archimède, Noisy-le-Grand) (Source : http://www.maps.google.fr/)

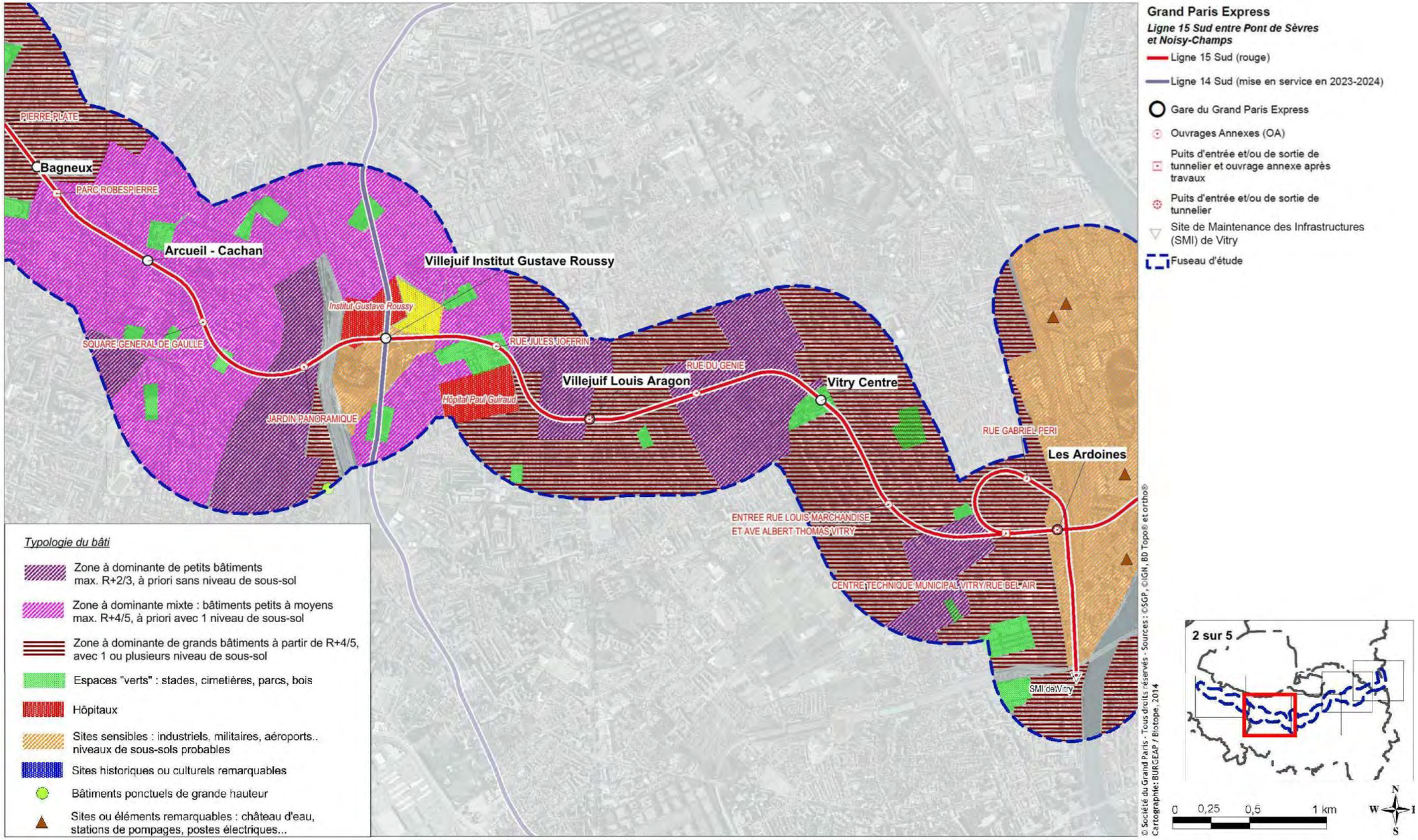
Ce secteur constitue donc potentiellement un enjeu.

Les cartes pages suivantes permettent d'apprécier les typologies de bâtiment majoritaires tout le long du tracé.

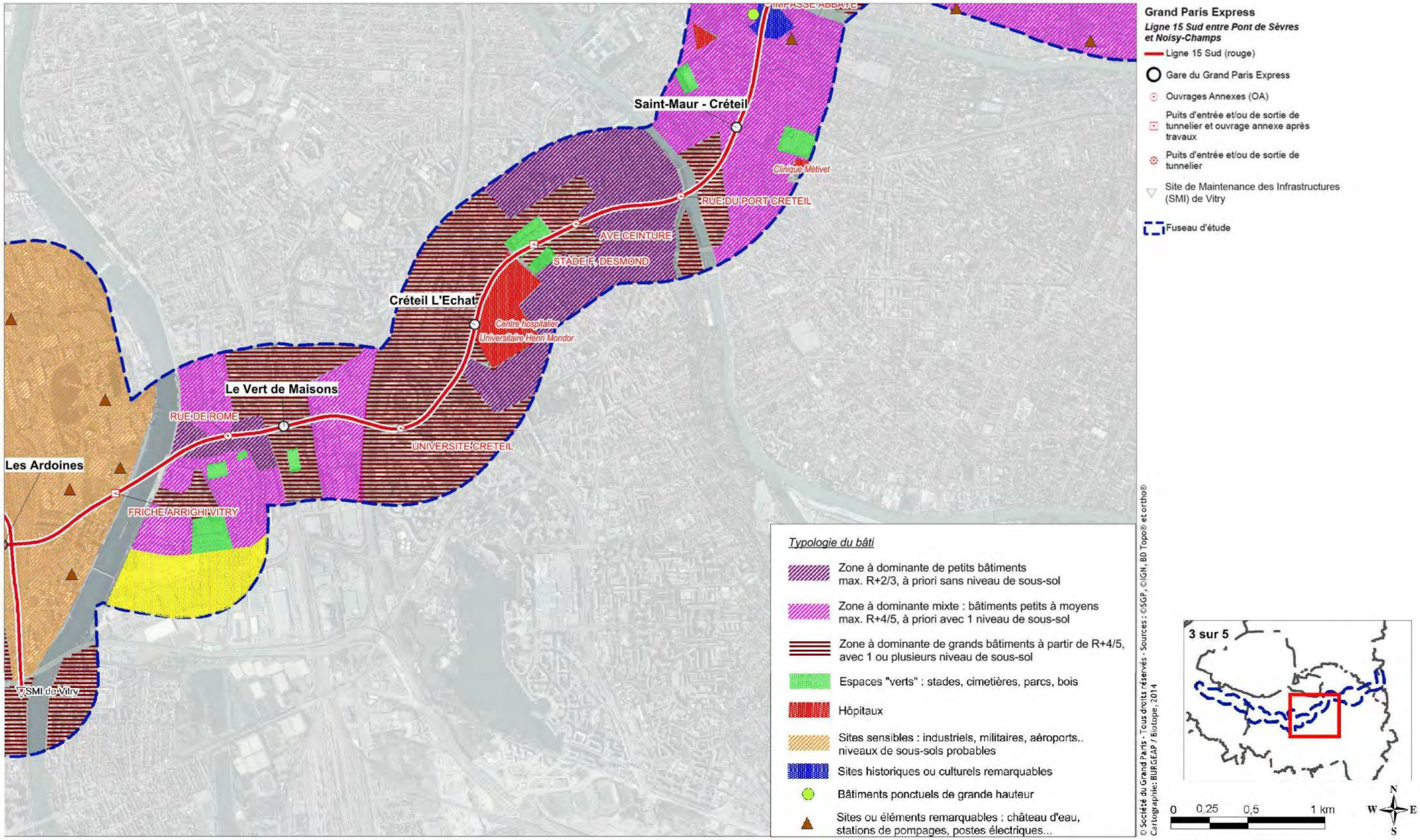
Typologie du bâti et fondations – Secteur Pont de Sèvres – Bagneux



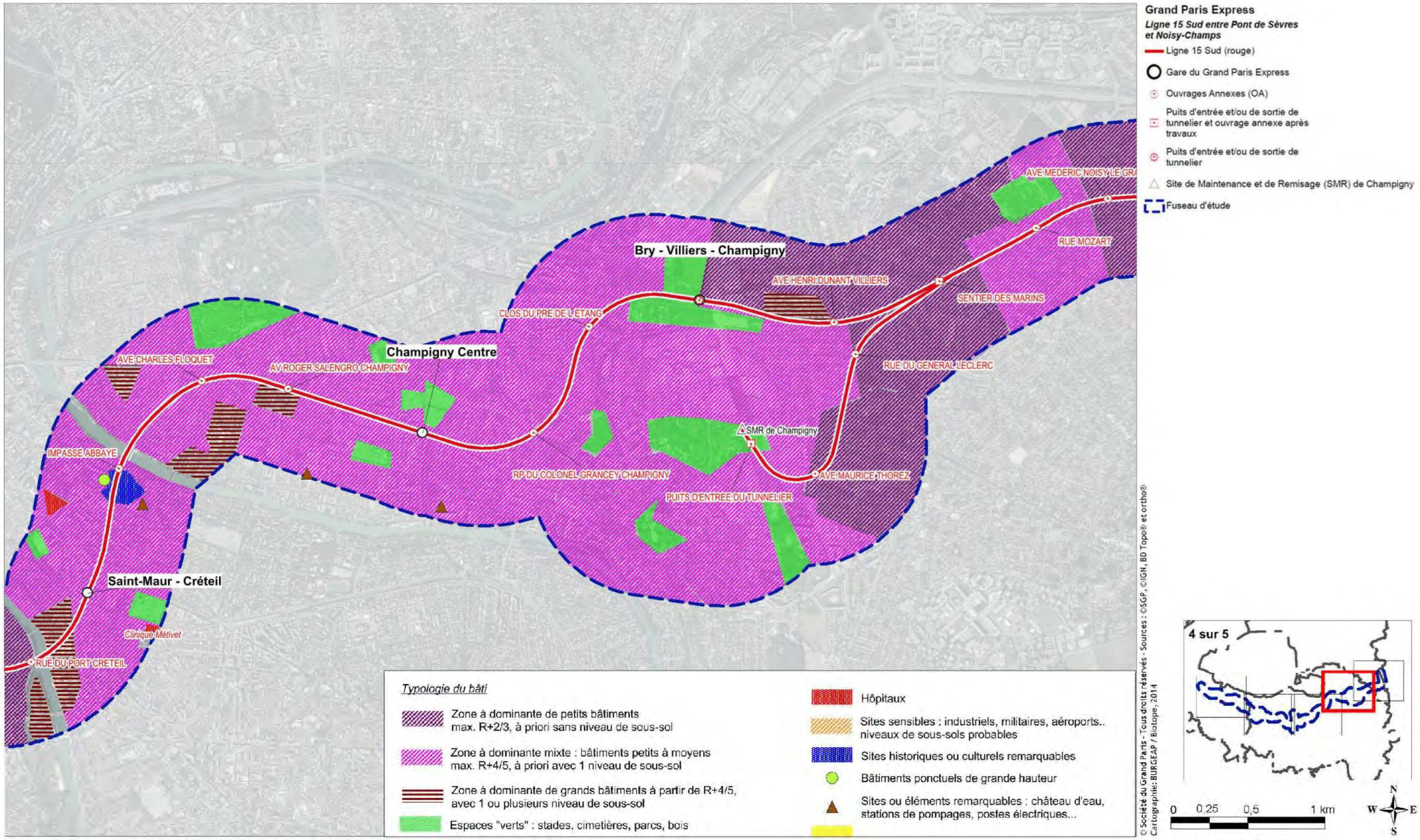
Typologie du bâti et fondations – Secteur Bagneux – Les Ardoines



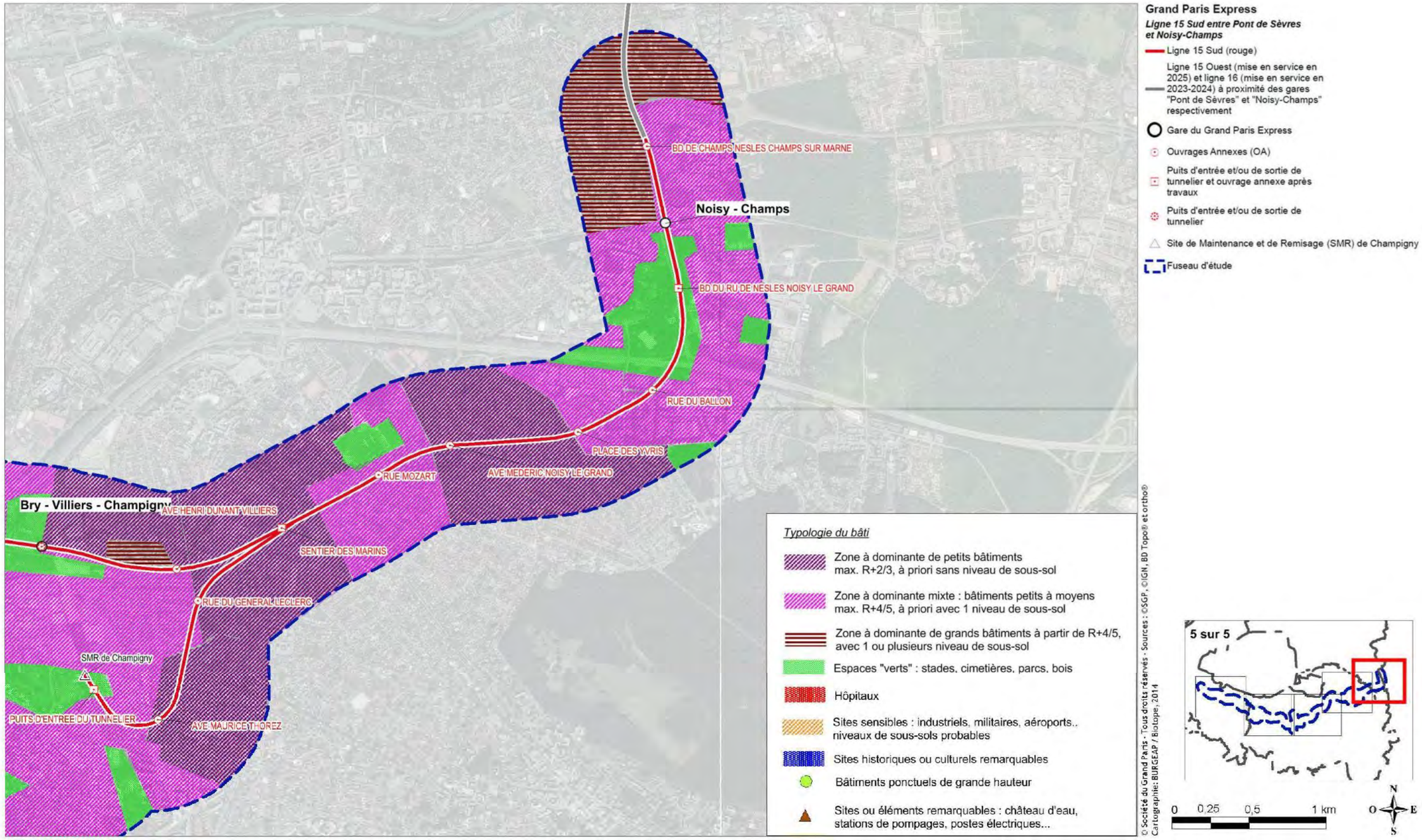
Typologie du bâti et fondations – Secteur Les Ardoines – Saint-Maur - Créteil



Typologie du bâti et fondations – Secteur Saint-Maur –Créteil – Bry-Villiers-Champigny



Typologie du bâti et fondations – Secteur Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs



2.8.2.2 Analyse de la sensibilité du bâti au niveau de la Ligne 15 Sud

L'étude de vulnérabilité et de la sensibilité du bâti menée par la Société du Grand Paris identifie des contraintes liées aux bâtis existants. La carte page suivante est un extrait de l'étude menée et permet de visualiser l'étendue de l'analyse, effectuée sur chaque bâtie de la Zone d'Influence Géotechnique considérée.

Les fiches de vulnérabilité et sensibilité du bâti réalisées par la Société du Grand Paris sont organisées de la manière suivante :

1) Une fiche de sensibilité composée de :
    a. Les données d'entrée :
        i. informations sur la construction,
        ii. équipements sensibles identifiés lors de l'enquête de terrain),
    b. Les facteurs de sensibilité structurelle :
        i. aux déformations,
        ii. aux vibrations,
        iii. les cas particuliers d'équipement sensible,
    c. Le tableau des valeurs seuils du bâtiment :
        i. liés aux déformations,
        ii. liés aux vibrations,
2) Une fiche de vulnérabilité composée de :
    a) Les données d'entrée,
    b) Les déformations produites par le creusement du tunnel,
    c) La conclusion quant à la vulnérabilité du bâti.

    Cette fiche de vulnérabilité sera détaillée dans la pièce B.3 de l'étude d'impact.

Cette étude permet donc d'identifier des bâtiments à enjeu. Si l'exhaustivité des travaux menés ne permet pas d'intégrer au présent rapport l'ensemble des bâtiments jugés sensibles, une sélection de 10 fiches permet d'apprécier les travaux menés. Cette sélection a été faite de manière à illustrer la diversité des bâtiments dont la vulnérabilité a été analysée. Elle porte également sur certains bâtiments remarquables identifiés le long du tracé de la Ligne 15 Sud.

Les bâtiments sélectionnés sont les suivants :

- La tour Chenonceau, 79 avenue du Général Leclerc, 92100, Boulogne-Billancourt,
- Bâtiment 8-8bis place Léon Blum, 92040, Issy-les-Moulineaux,
- Bâtiment d'habitation collective « Solaris », 16-18 Allée du Puits, 92040, Issy-les-Moulineaux,
- Maison individuelle 56 rue Louis Girard, 92240, Malakoff,
- La Bibliothèque Nelson Mandela, 24 avenue Maximilien Robespierre, 94400, Vitry-sur-Seine,
- Centrale thermique à flamme : cheminée TAC n°2, 18 rue des Fusillés, 94400, Vitry-sur-Seine,
- La cité d'habitation, monument historique, Square Dufourmantelle, 1-25 Square Dufourmantelle, bâtiment 2, 94700, Maisons-Alfort,
- Bâtiment U, Henri Mondor, Rue Gustave Eiffel, 94000, Créteil,
- Bâtiment d'habitation, 157 avenue Roger Salengro,94500, Champigny-sur-Marne,
- Bâtiment industriel, 6-8 rue du Ballon, 93160, Noisy-le-Grand.

a. <u>La tour Chenonceau</u>

La tour Chenonceau est une tour de bureaux située aux abords de la gare de Pont de Sèvres.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue de la tour Chenonceau (source : Google Earth)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont bons et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe. Aucun équipement sensible n'a été identifié lors de l'enquête de terrain.

Ainsi, le bâtiment est jugé sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement[34], de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure de la tour Chenonceau est jugée sensible ou très sensible aux vibrations.

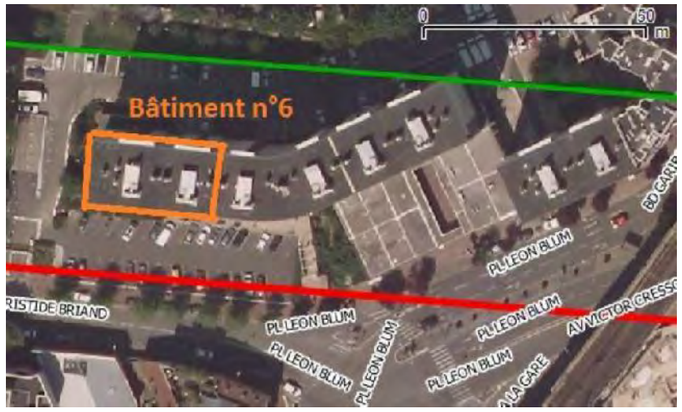
Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente > 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**> 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**2**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**> 28m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, ...)	**bon état**
époque de construction	**1970>1945**
travaux modificatifs	**Effet favorable**
structure et matériaux	
ossature	**murs et voiles (béton ou maçonnerie chainée), structures bois**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**non**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées ...)	**sans objet**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**oui**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation profonde**
fiabilité de l'information	**faible:pas d'information**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**commerce, industrie, bureau, autre ERP accueillant plus de 300 personnes et/ou IGH**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations de la tour Chenonceau (Source : Société du Grand Paris)

[34] Le contreventement d'un bâtiment correspond au système visant à assurer la stabilité globale d'un ouvrage. Différents types de contreventement peuvent être réalisés : charpente metallique, voiles b^éton armé, structure poteau-poutre en béton armé, maçonnerie, etc.)

b. Bâtiment 8-8bis place Léon Blum

Le bâtiment 8-8bis place Léon Blum à Issy-les-Moulineaux est un bâtiment d'habitation collective situé aux abords de la gare d'Issy RER.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue du bâtiment (source : Google Earth)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont bons. Au niveau de l'état de conservation du bâti, des désordres d'ordre fonctionnels (affectant l'usage) ont été recensés au niveau des baies vitrées des loggias. Aucun équipement sensible n'a été identifié lors de l'enquête de terrain.

Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence non dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**200 < 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**1**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**> 28m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, ...)	**bon état**
époque de construction	**1970>1945**
travaux modificatifs	**Pas de travaux**
structure et matériaux	
ossature	**murs et voiles (béton ou maçonnerie chainée), structures bois**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**oui**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées ...)	**oui**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**sans objet**
présence d'un autre élément fragile particulier	**oui**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation superficielle**
fiabilité de l'information	**faible:pas d'information**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**commerce, industrie, bureau, autre ERP accueillant plus de 300 personnes et/ou IGH**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations du bâtiment 8-8bis place Léon Blum (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée sensible ou très sensible aux vibrations.

c. Bâtiment d'habitation collective « Solaris »

Le bâtiment « Solaris » est un bâtiment d'habitation collective situé au sein du récent écoquartier du Fort d'Issy.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue du bâtiment « Solaris » (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont bons et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe. Aucun équipement sensible n'a été identifié lors de l'enquête de terrain.

Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence non dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**> 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**1**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**10<28m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	**bon état**
époque de construction	**>1970**
travaux modificatifs	**Pas de travaux**
structure et matériaux	
ossature	**murs et voiles (béton ou maçonnerie chainée), structures bois**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**oui**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées …)	**sans objet**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**sans objet**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation superficielle**
fiabilité de l'information	**bon:documents consultés (conception, EXE, DOE)**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**habitation individuelle ou collective < 28 m**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations du bâtiment « Solaris » (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé peu sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée peu sensible ou sensible aux vibrations.

d. Maison individuelle 56 rue Louis Girard

Cette maison individuelle se situe dans un quartier résidentiel, aux abords de l'école maternelle Henri Barbusse.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue de la maison individuelle (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont moyens et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe. Aucun équipement sensible n'a été identifié lors de l'enquête de terrain.

Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence non dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**<= 200 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**1**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**<=10m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, ...)	**bon état**
époque de construction	**1970>1945**
travaux modificatifs	**Effet favorable**
structure et matériaux	
ossature	**maçonnerie ancienne non chainée (briques, pierres, moellons, parpaings)**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**moyenne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**non**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées ...)	**sans objet**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**sans objet**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation superficielle**
fiabilité de l'information	**moyen:estimation sur la base du rapport de sol et/ou de la visite de terrain et/ou d'une information orale provenant d'un professionnel de la construction**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**habitation individuelle ou collective < 28 m**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations de la maison individuelle (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé peu sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée peu sensible ou sensible aux vibrations.

e. La bibliothèque Nelson Mandela

La bibliothèque Nelson Mandela est située dans le centre-ville de Vitry-sur-Seine, en bordure sud de la gare de Vitry Centre, le long de la RD5, Avenue Maximilien Robespierre.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue de la bibliothèque Nelson Mandela (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont moyens et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe. Aucun équipement sensible n'a été identifié lors de l'enquête de terrain.

Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**> 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**1**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**10<28m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	**bon état**
époque de construction	**>1970**
travaux modificatifs	**Pas de travaux**
structure et matériaux	
ossature	**portiques (poteaux+poutres) béton ou métal**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**non**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées …)	**oui**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**oui**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation superficielle**
fiabilité de l'information	**faible:pas d'information**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**petit commerce ou bureau accueillant moins de 300 personnes <28m**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations de la bibliothèque Nelson Mandela (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé peu sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée peu sensible ou sensible aux vibrations.

f. Centrale thermique à flamme – cheminée TAC n°2

La cheminée TAC n°2 de la centrale thermique à flamme EDF est située en bord de Seine, le long du quai Jules Guesde, au nord de la friche Arrighi. La centrale thermique est classée SEVESO seuil bas.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue de la cheminée TAC n'°2 (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont bons et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe à l'exception de quelques défauts mineurs, ne remettant pas en cause la solidité du bâti.

Il y a présence d'équipements sensibles aux déformations ainsi qu'aux vibrations.

Facteur de sensiblité	Constat
Environnement	
nature du TN au droit du bâti	pente faible
bâti mitoyen/ouvrage de génie civil à proximité	présence
Eléments géométriques	
surface emprise au sol	< 200 m²
nombre de blocs séparés par JD	1
élancement en plan	≤ 2
hauteur de la superstructure (m)	> 28 m
Etat de conservation du bâtiment	
dégradation visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	bon état
époque de construction	> 1970
travaux modificatifs	pas de travaux
Structure et matériaux	
ossature	portiques (poteaux+poutres) béton ou métal
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	bonne
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	Non
présence d'élements décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierre agrafées, …)	Non
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	Non
présence d'un autre élément fragile particulier	Non
Fondations	
type de fondation	profonde
Fiabilité des informations	bonne (documents)
Nature de l'occupation	
nature de l'occupation	industrie

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations de la cheminée TAC n°2 (Source : Société du Grand Paris)

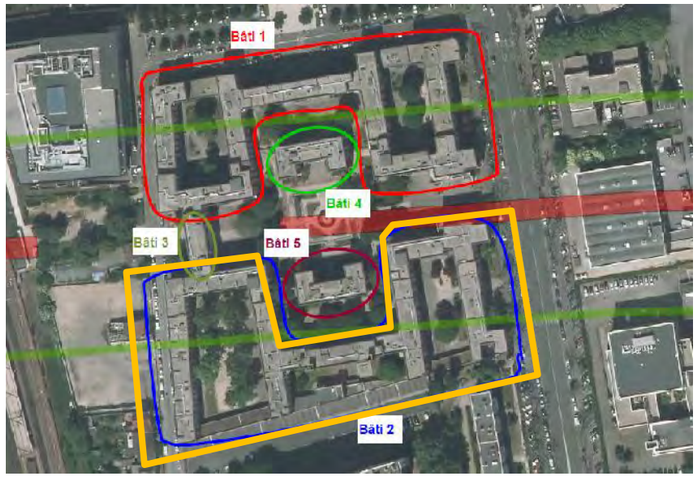
Ainsi, le bâtiment est jugé peu sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée peu sensible ou sensible aux vibrations.

Enfin, les équipements sensibles sont jugés sensibles aux déformations et sensibles ou très sensibles aux vibrations.

g. La cité d'habitations, Monument historique, bâti 2, Square Dufourmantelle

La cité d'habitations Square Dufourmantelle (bâti 2) est située à l'Est de la gare de Le Vert de Maisons.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue du Square Dufourmantelle, bâti 2 (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont mauvais. En effet, le bâti est irrégulier tant par sa hauteur (variable), que par l'orientation des différentes ailes. En outre, il n'y a pas de joint de dilatation visible et il est possible que le bâti soit fondé sur une dalle de fondation située sur les alluvions anciennes.

Aussi, des désordres d'ordre architecturaux (de nature esthétique) ont été constatés (nombreuses zones d'éclats sur les briques), ainsi que des désordres d'ordre structuraux (affectant la stabilité, la solidité). En effet, la structure est ancienne et présente un état moyen. Peu de travaux d'entretien semblent avoir été menés. Par ailleurs, quelques fissures traversantes possiblement occasionnées par des tassements différentiels en sous-sols ont été repérées.

Par ailleurs, il n'y a pas de présence d'équipements sensibles.

Facteur de sensiblité	Constat
Environnement	
nature du TN au droit du bâti	pente faible
bâti mitoyen ouvrage de génie civil à proximité	présence
Eléments géométriques	
surface emprise au sol	> 500 m²
nombre de blocs séparés par JD	1
élancement en plan	≥ 4
hauteur de la superstructure (m)	10 à 28 m
Etat de conservation du bâtiment	
dégradation visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	état moyen
époque de construction	< 1945
travaux modificatifs	pas de travaux
Structure et matériaux	
ossature	maçonnerie
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	mauvaise
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	Oui
présence d'élements décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierre agrafées, …)	Oui
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	Oui
présence d'un autre élément fragile particulier	Non
Fondations	
type de fondation	superficielle
Fiabilité des informations	moyen (estimation)
Nature de l'occupation	
nature de l'occupation	habitation

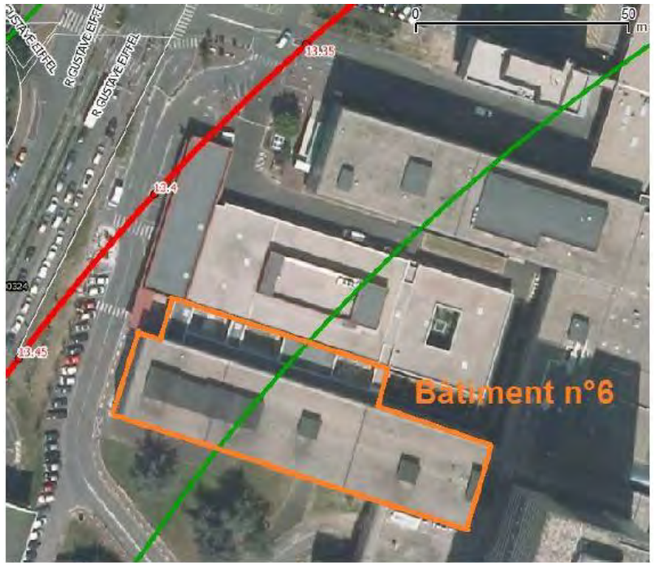
Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations de la cité d'habitation Square Dufourmantelle (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé très sensible aux déformations.

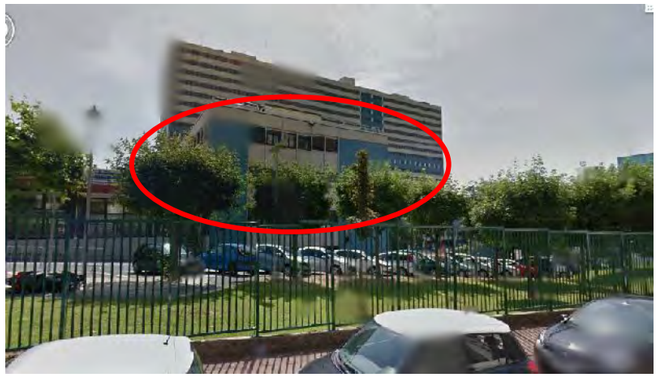
Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée très sensible aux vibrations.

h. Bâtiment U, Henri Mondor

Le bâtiment U fait partie du Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor. Il se situe aux abords de la gare de Créteil l'Echat.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue du bâtiment U de Henri Mondor (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont bons et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe.

Il y a présence d'équipements (locaux dont l'activité est sensible : fluides médicaux, réanimation…) sensibles aux déformations ainsi qu'aux vibrations.

Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**> 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**>2**
élancement en plan	**> 4**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**10<28m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	**bon état**
époque de construction	**1970>1945**
travaux modificatifs	**Pas de travaux**
structure et matériaux	
ossature	**portiques (poteaux+poutres) béton ou métal**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**non**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées …)	**sans objet**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**sans objet**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation profonde**
fiabilité de l'information	**faible:pas d'information**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**établissement de santé**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations du bâtiment U de Henri Mondor (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée sensible ou très sensible aux vibrations.

i. Bâtiment d'habitation, 157 avenue Roger Salengro

Le bâtiment d'habitation est situé en bordure de la gare de Champigny Centre.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue du bâtiment d'habitation (source : Google maps)

Des désordres architecturaux (dégât des eaux) et structuraux (fissures au niveau des planchers des parties communes) ont pu être observés.

Il n'y a pas de présence d'équipements sensibles.

Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**présence non dommageable**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**200 < 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**1**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**10<28m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	**bon état**
époque de construction	**>1970**
travaux modificatifs	**Pas de travaux**
structure et matériaux	
ossature	**portiques (poteaux+poutres) béton ou métal**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**non**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées …)	**sans objet**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**sans objet**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation superficielle**
fiabilité de l'information	**bon:documents consultés (conception, EXE, DOE)**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**habitation individuelle ou collective < 28 m**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations du bâtiment d'habitation (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé peu sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée peu sensible ou sensible aux vibrations.

j. Bâtiment industriel, 6-8 rue du Ballon

Le bâtiment industriel, 6-8 rue du Ballon est situé au sud de l'autoroute A4, entre les gares de Bry-Villiers-Champigny et Noisy-Champs.



Vue de repérage (source : Société du Grand Paris)



Vue du bâtiment industriel (source : Google maps)

La régularité d'ensemble et l'équilibre apparent du bâtiment sont bons et aucun désordre quant à la conservation du bâti n'existe.

Il n'y a pas de présence d'équipements sensibles.

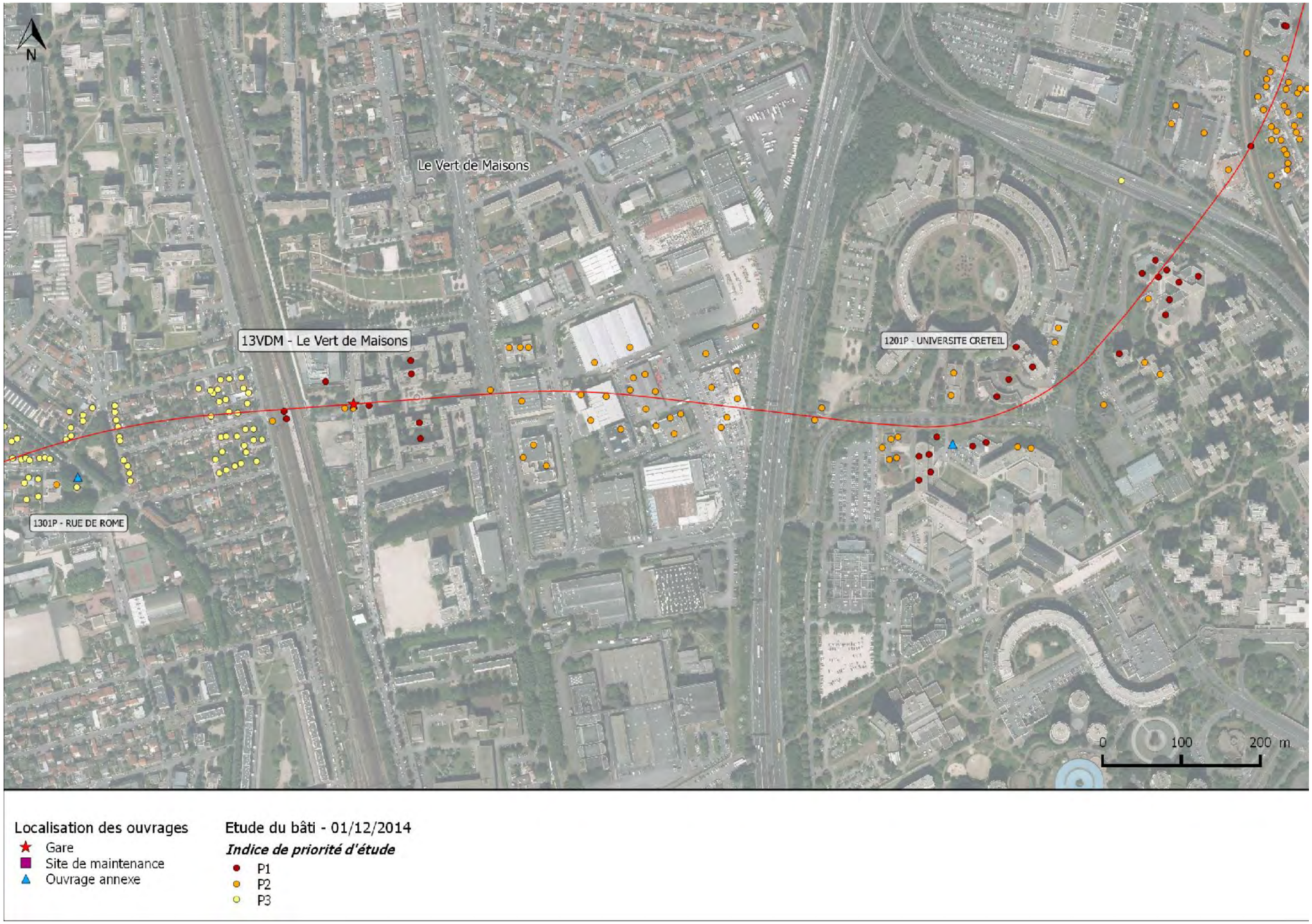
Facteur de sensibilité	constat
environnement	
nature du TN au droit du bâti	**pente < 20°**
bâti mitoyen ou ouvrage de génie civil à proximité	**absence**
éléments géométriques	
surface emprise au sol	**> 500 m²**
nombre de blocs séparés par JD	**1**
élancement en plan	**<= 2**
hauteur de la superstructure (m/TN)	**<=10m**
état de conservation du bâtiment	
dégradations visibles (fissures, corrosion des aciers, …)	**bon état**
époque de construction	**>1970**
travaux modificatifs	**Effet favorable**
structure et matériaux	
ossature	**portiques (poteaux+poutres) béton ou métal**
conception : régularité d'ensemble et équilibre apparent	**bonne**
discontinuité de la structure porteuse ou présence de planchers transfert	**non**
présence d'éléments décoratifs en toiture ou en façade (corniches, cheminées, statues, pierres agrafées …)	**sans objet**
présence d'ensemble vitré de grande dimension > 20 m²	**sans objet**
présence d'un autre élément fragile particulier	**sans objet**
mode de fondation	
type de fondation	**fondation profonde**
fiabilité de l'information	**faible:pas d'information**
nature de l'occupation	
nature de l'occupation	**petit commerce ou bureau accueillant moins de 300 personnes <28m**

Tableau récapitulatif de la sensibilité aux déformations du bâtiment industriel (Source : Société du Grand Paris)

Ainsi, le bâtiment est jugé peu sensible aux déformations.

Par ailleurs, au regard du type de contreventement, de la masse et de la hauteur et des dimensions en plan du bâtiment, la structure du bâtiment est jugée peu sensible ou sensible aux vibrations.

Extrait de la carte relative à l'étude de la vulnérabilité du bâti menée par la Société du Grand Paris (Source : Société du Grand Paris)



2.8.3 Synthèse des enjeux liés à l'occupation du sous-sol

L'occupation du sous-sol dépend principalement de deux facteurs : la présence de réseaux d'énergie et/ou de communication et l'identification de fondations profondes pour les bâtiments.

Le réseau et les ouvrages liés au projet du Grand Paris, du tunnel jusqu'aux gares, en passant par les émergences, sont donc contraints :

- Par les réseaux les plus souterrains, c'est-à-dire croisant le tunnel de la Ligne 15 Sud,
- Par le bâti présent en surface et par le mode de construction opéré. Le tunnel peut en effet croiser des fondations de type « pieux profonds », ou des niveaux de sous-sols, ou bien encore l'implantation des gares peut être prévue à l'emplacement de bâtiments existants.

2.8.3.1 Synthèse des enjeux liés aux réseaux et ouvrages souterrains au niveau de la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud a, en certains points, une interaction forte avec les réseaux et ouvrages souterrains existants. Néanmoins, et compte tenu de la faible profondeur de la majorité des ouvrages souterrains, les contraintes sont limitées à certains cas particuliers.

Concernant les réseaux souterrains, les principaux enjeux identifiés sont:

- Les canalisations de gaz qui constituent, sur un certain nombre de sites, des points de surveillance en phase chantier :
    - Au niveau de la gare de Pont de Sèvres où les interactions entre le réseau et le tunnel sont fortes,
    - Au niveau du Pont de Billancourt, où un ouvrage annexe intercepte une canalisation,
    - Sur la commune de Vitry-sur-Seine, au droit de la rue du Général Malleret Joinville, où les incertitudes liées à une canalisation impliquent une surveillance lors des études approfondies d'avant-projet.
- Le réseau TRAPIL, situé dans le secteur des Ardoines aux abords de l'ouvrage annexe Friche Arrighi. Bien que situé à 20m au-dessus du toit du tunnel, cette canalisation constitue un point de surveillance en phase chantier.
- Le réseau CPCU constitue :
    - Au niveau des Ardoines, un point de surveillance en phase chantier. Les prescriptions générales liées aux réseaux de chaleur s'appliquent sur ce site.
    - Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, le réseau Dalkia, en très forte proximité avec le secteur d'implantation de la gare constitue un point de surveillance.
- Les aqueducs de Médicis, de la Vanne et du Loing interfèrent avec le fuseau de la Ligne 15 Sud. Pour ceux-ci, les servitudes relatives à la protection des aqueducs s'appliquent.
- Les grands collecteurs et réseaux d'assainissement constitue pour certains des points de surveillance au stade avancé de l'avant-projet. C'est le cas pour :
    - L'émissaire SIAAP VL10 au Nord-Ouest de la gare de Vitry Centre,
    - L'émissaire SIAAP VL9 à l'Est de la gare Le Vert de Maisons,
    - L'émissaire SIAAP NCSM, le long de la rue Charles Floquet à Joinville-le-Pont.
- Les réseaux de transport d'électricité constituent des enjeux au niveau de :
    - Du poste électrique dans la zone industrielle des Ardoines, aux abords de l'ouvrage annexe Friche Arrighi, le long du quai Jules Guesde. Le fuseau intercepte ici 5 réseaux RTE différents.

Concernant les infrastructures, les enjeux principaux sont localisés au niveau :

- Du tunnel de la ligne 7 au niveau de la station Villejuif Louis Aragon, sur la commune de Villejuif
- Les correspondances souterraines de l'actuelle gare des Ardoines sur la commune de Vitry-sur-Seine,
- Les infrastructures liées à l'actuelle gare du RER A à Saint-Maur Créteil, sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés,
- La RD 10 aux abords de la gare de Bry-Villiers-Champigny, sur la commune de Villiers-sur-Marne, dont les fondations sont en dessous du niveau supérieur du tunnel de la Ligne 15 Sud,
- L'infrastructure liée à l'actuelle gare du RER E de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise, sur la commune de Villiers-sur-Marne.

Tous les réseaux existants ne sont pas recensés dans la présente étude dont ce n'est pas le propos : il conviendra donc en phase projet de faire des recherches plus approfondies sur les réseaux existants au droit du tunnel, des émergences et des gares.

2.8.3.2 Synthèse des enjeux liés aux bâtis et niveaux de sous-sol au niveau de la Ligne 15 Sud

Une très grande partie du fuseau de la Ligne 15 Sud se situe dans une zone fortement urbanisée.

Dans les zones urbanisées, les constructions possèdent des caractéristiques différentes mais peuvent être de grande hauteur dans certains secteurs. Ainsi, la probabilité de rencontrer des ouvrages souterrains, à l'exemple des fondations, est grande.

En terme de bâtiment de grande hauteur, présentant potentiellement des fondations importantes, les secteurs de Boulogne Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Vitry-sur-Seine, Créteil, Saint-Maur-des-Fossés et Champigny-sur-Marne présentent le plus d'enjeux, avec des bâtiments pouvant aller jusqu'à R+18.

Les éléments présentés dans ce rapport, synthétiques et non exhaustifs, mettent en évidence les principaux enjeux relatifs à la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud. Ils permettent d'apprécier l'étendue des travaux menés par la Société du Grand Paris dans le cadre de l'analyse de la vulnérabilité du bâti.

Hiérarchisation des enjeux liés à l'occupation du sous-sol

Sections	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Présence de réseaux souterrains et fondation de bâti (réseaux CPCU, gaz, SIAAP, électricité, bâtiments de grande hauteur)
Issy RER à Arcueil Cachan	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence dense de réseaux souterrains et fondations de bâtis (réseau CPCU, Dalkia, réseau TRAPIL, réseaux de gaz, réseaux SIAAP, réseaux de transport d'électricité, bâtiments de grande hauteur) au niveau des communes de Vitry-sur-Seine et Créteil, et particulièrement sur le secteur des Ardoines et de Créteil l'Echat.
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence ponctuelle de réseaux souterrains et fondations de bâtis (bâtiment de très grande hauteur avec fondations potentiellement profondes, réseaux SIAAP, réseaux de gaz)

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.9 Gestion des terres et milieux pollués

2.9.1 Gestion des déblais

2.9.1.1 Définitions préalables

Les déblais sont des matériaux naturels (ensemble des terres et gravats) extraits du sol par des opérations de terrassements et d'excavations. Un déblai est considéré comme un déchet lorsqu'il n'est pas réutilisé sur le lieu où il a été produit et qu'il sort de l'emprise du chantier sans utilisation certaine identifiée (Circulaire du 24/12/2010).

L'article L541-1-1 du Code de l'Environnement définit comme déchet : « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire ». Plusieurs catégories de déchets peuvent être distinguées, selon leurs caractéristiques physico-chimiques et par extension leur dangerosité vis-à-vis de l'environnement et de la santé. Leur classement détermine leurs possibilités de devenir et leurs filières de gestion.

On distingue ainsi les trois types de déchets suivants (code de l'environnement):

- Déchets Inertes (DI): qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décomposent pas, ne brûlent pas, ne produisent aucune réaction physique ou chimique, ne sont pas biodégradables et ne détériorent pas les matières avec lesquelles ils entrent en contact d'une manière susceptible d'entraîner des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine.
- Déchets Dangereux (DD): qui remplissent au moins un des critères de dangerosité définis dans l'annexe I de l'article R541-8 du Code de l'Environnement (explosif, comburant, inflammable, irritant, toxique, cancérogène, etc…).
- Déchets Non dangereux (DND) : qui ne présentent aucune des 14 propriétés qui rendent les déchets dangereux (annexe I art. R541-8 du Code de l'Environnement), mais qui ne sont pas inertes.

Déchets inertes	Déchets non dangereux	Déchets dangereux
		
- Terres et matériaux de terrassement non pollués - Matériaux minéraux naturels - Gravats - Ciment - Etc…	- Gypse - Plâtres - Produits mélangés - Etc…	- Terres pollués - Terres souillés - Résidus hydrocarburés - Goudrons - Etc…

Typologie des déchets de terrassement (source des photographies: DRIEA)

2.9.1.2 Le cadre règlementaire de la gestion des matériaux excavés

a. La gestion des déchets au niveau national

La politique européenne de gestion des déchets, fondée sur la directive-cadre n°2008/98/CE du 19 novembre 2008, a été transposée en droit français par l'ordonnance n°2010-1579 du 17 novembre 2010. Les dispositions législatives et réglementaires relatives aux déchets ont été codifiées dans le Code de l'environnement.

L'article L541-1 et suivants du Code de l'Environnement définit les objectifs à atteindre en matière de gestion des déchets. Il privilégie la prévention ou la réduction de la production de déchets ainsi que de leur nocivité et introduit une hiérarchie des modes de traitement à mettre en œuvre, privilégiant dans l'ordre :

- La préparation en vue de leur réutilisation,
- Le recyclage,
- Tout autre mode de valorisation (notamment la valorisation matière),
- L'élimination.

Le Code de l'environnement incite à appliquer un principe de proximité visant à limiter en distance et en volume le transport des déchets et à ce que la gestion de ces derniers se réalise sans mise en danger de la santé humaine et sans nuire à l'environnement.

b. La planification au niveau régional

L'article 202 de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 (dite Grenelle 2), portant engagement national pour l'environnement, a créé un article L.541-14-1 dans le Code de l'environnement qui rend obligatoire l'élaboration de plans de gestion des déchets de chantier et attribue la compétence de planification au Conseil régional pour l'Ile-de-France et aux Conseils départementaux pour le reste du territoire.

La Région Ile-de-France s'est vu confier l'élaboration du Plan régional de prévention et de gestion des déchets issus de chantiers du bâtiment et des travaux publics (PREDEC). La planification appliquée aux déchets du BTP a surtout pour objectif de traiter les déchets inertes et pour partie les déchets non dangereux et dangereux, étant donné que les autres types de déchets font déjà l'objet de plans régionaux d'élimination :

- Plan Régional d'Elimination des Déchets Dangereux (PREDD) ;
- Plan Régional d'Elimination des Déchets Ménagers et Assimilés (PREDMA) ;
- Plan Régional d'Elimination des Déchets d'Activité de Soins (PREDAS).

Le PREDEC vise à définir l'ensemble des actions à mener par tous les acteurs publics ou privés pour atteindre les objectifs généraux en matière de gestion des déchets tels que définis par le Code de l'environnement. Ce plan s'inscrit dans une démarche d'inventaires prospectifs à 6 et 12 ans (horizon 2020-2026) des quantités de déchets et des capacités de traitement. Le projet de plan a été arrêté le 19 juin 2014 par l'Assemblée régionale et l'enquête publique s'est déroulée du 26 septembre 2014 au 05 novembre 2014.

Il poursuit quatre objectifs principaux :

- Prévenir la production des déchets de chantier en permettant une meilleure connaissance des déchets du BTP, en favorisant le tri, le recyclage et le réemploi ;
- Assurer le rééquilibrage territorial des capacités de stockage et développer le maillage des installations par l'émergence de filières et d'une économie circulaire locale et régionale ;
- Réduire l'empreinte écologique de la gestion des déchets de chantiers en optimisant le transport et report modal, en favorisant la traçabilité et le contrôle ;

- Impliquer la maîtrise d'ouvrage dans la prévention et la gestion des déchets de chantier pour répondre à ces objectifs.

Le projet de plan donne des orientations et des recommandations pour la gestion des déchets sans précision d'objectifs quantifiés; il comprend:

- Un programme de prévention de la production des déchets et leur nocivité ;
- Des objectifs sur les déchets inertes : réutilisation/recyclage, limitation des mauvaises pratiques, valorisation en réaménagement de carrières, rééquilibrage des capacités de stockage sur les territoires;
- Des objectifs sur les déchets non dangereux et dangereux : développer le tri sur chantier, augmenter les performances des installations de tri, développer les filières de recyclage;
- Des objectifs sur le développement des modes de transports alternatifs et l'optimisation du transport routier ;
- Des objectifs transversaux : accompagnement de l'évolution des pratiques, implication de la maîtrise d'ouvrage, développement de l'économie circulaire à différentes échelles territoriales.

A l'issue de son approbation, le Plan deviendra opposable. Les décisions prises par les personnes morales de droit public et leurs concessionnaires (publics et privés) devront être compatibles avec ce plan.

Les déchets concernés par le PREDEC sont ceux produits en Île-de-France résultant de l'activité de construction, d'aménagement, de démolition et de travaux publics, qu'ils soient éliminés en Ile-de-France ou en dehors du périmètre régional. Il s'agit de déchets inertes, non dangereux non inertes ou dangereux. Ainsi, les déblais générés dans le cadre de la mise en œuvre du Grand Paris Express sont visés par ce plan qui devrait être approuvé en 2015.

2.9.1.3 Méthodologie d'étude engagée par la Société du Grand Paris

La réalisation du Grand Paris Express et du projet de la Ligne 15 Sud entrainera la production de volumes de déblais issus des travaux de terrassement à partir de plusieurs sites répartis sur les territoires d'implantation des ouvrages. Ces volumes viendront s'ajouter à la production annuelle de déchets produits à l'échelle de la région Ile-de-France. En parallèle de l'estimation de la production des déblais par site de production et sur la durée des chantiers, qui sera présentée dans l'analyse des impacts du présent dossier, il s'agit donc d'identifier les différentes filières de gestion qui absorberont les flux.

Dans le cadre de cet état initial, l'analyse s'appuie sur l'état des lieux de la production des déchets du bâtiment et des travaux publics, des flux et des filières de gestion à l'échelle de l'Ile-de-France. Ces éléments sont issus du PREDEC qui se base sur l'année de référence de 2010.

Pour répondre aux besoins spécifiques du projet, la Société du Grand Paris a réalisé en 2011 une étude visant à faire l'inventaire des filières de traitement, de valorisation et du parc des installations pouvant recevoir les déblais qui seront produits dans le cadre du Grand Paris Express sur la durée des travaux. Deux principaux critères ont été appliqués :

- Identifier les sites d'accueil qui disposent des capacités d'accueil journalière et annuelle suffisante pour répondre aux besoins des chantiers afin d'éviter depuis chaque chantier de multiplier les flux en évacuant vers plusieurs destinations et de favoriser la traçabilité des matériaux ;
- Identifier les sites d'accueil accessibles par la voie d'eau et le rail pour promouvoir ces modes de transport.

Le périmètre géographique d'étude a été élargi au-delà de l'Ile-de-France, permettant d'identifier des sites potentiels d'accueil accessibles par la voie d'eau ou le rail compatibles avec la recherche engagée par le maître d'ouvrage pour positionner les bases chantiers au plus près du réseau fluvial et ferroviaire pour promouvoir ces modes alternatifs à la route.

En raison de l'importance du projet d'infrastructure, les installations de stockage et les sites de valorisation dont les capacités d'accueil sont inférieures à 100 000 tonnes/an n'ont pas été recensés sauf si accessible par la voie d'eau et le rail. Leur plan de charge sur leur durée d'exploitation telle que définie par arrêté préfectoral et les conditions d'acceptation fixées par les exploitants en fonction des contraintes associées (zones inondables…) ou de transport ont été identifiés. Leur capacité globale d'accueil à échéance de 2025 a été évaluée.

Les sites potentiels d'accueil en projet au moment de l'étude ont également été inventoriés.

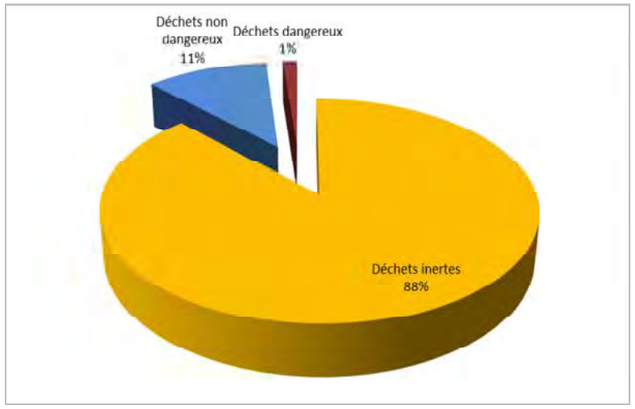
Une base de données recensant et pré-identifiant les installations mobilisables, susceptibles d'accueillir les déblais du GPE a été établie à partir de questionnaires envoyés aux acteurs du secteur de la gestion des terres (professionnels du Bâtiment et des Travaux Publics, services de l'Etat, organismes de transport, collectivités, gestionnaires de sites et les carriers), ainsi que par l'étude des arrêtés préfectoraux encadrant leurs activités.

Les éléments et les conclusions de cette étude sont présentés dans les parties suivantes et ont été rendus public. Une nouvelle étude a été lancée en 2014 pour mettre à jour ces données et approfondir les pistes de valorisation sur la base de l'avancement des études sur la qualification et la quantification des volumes de matériaux produits par le projet ; les résultats sont attendus au premier semestre 2015.

2.9.1.4 Etat des lieux de la production de déchets et des filières de gestion

a. Volume et nature des déchets de chantier produits à l'échelle de l'Ile-de-France

Le gisement total de déchets issus des chantiers du BTP serait de l'ordre de 27 à 30 millions de tonnes pour l'année 2010. Cette différence est due à l'incertitude sur l'estimation des matériaux réemployés directement sur les chantiers où ils sont produits. Leur répartition en fonction de leur nature est présentée ci-après. Les terres excavées inertes représentent le principal poste avec près de ¾ du tonnage des déchets inertes.



Estimation de la répartition des déchets du BTP en 2010 (source : PREDEC)

b. Définition des filières de gestion et de l'acceptabilité des terres

La nature et la qualité des déchets de chantier déterminent leur utilisation finale. Il existe différents types de prise en charge et de sites d'accueil pour les déblais de chantier (selon la qualité d'inertes, dangereux ou non dangereux) :

- les filières de valorisation : le réemploi des déblais inertes sur des projets nécessitant l'apport de matériaux en remblaiement, l'utilisation des déblais pour le comblement de carrières en fin d'exploitation ou pour la réalisation d'aménagement des sites de stockage de déchets, ou encore la prise en charge par des plateformes de tri-recyclage des déchets inertes ;
- les filières de traitement, au terme desquelles les déblais peuvent réintégrer les filières de valorisation ou perdre leur niveau de dangerosité (dépollution permettant de déclasser les terres de dangereuses à non dangereuses ou inertes);
- les filières d'élimination (stockage définitif) en installation adaptée à la qualité des déchets : installations de stockage des déchets inertes (ISDI), non dangereux (ISDND) ou dangereux (ISDD).

Les types de matériaux et les critères d'acceptabilité pour définir l'orientation des terres vers la ou les filières correspondantes sont récapitulés dans les tableaux suivants.

Types de matériaux acceptables en ISDI (Annexe I de l'arrêté du 12/12/2014)

CODE DECHET (1)	DESCRIPTION (1)	RESTRICTIONS
17 01 01	Béton	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 01 02	Briques	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 01 03	Tuiles et céramiques	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 01 07	Mélanges de béton, tuiles et céramiques ne contenant pas de substances dangereuses	Uniquement les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 02 02	Verre	Sans cadre ou montant de fenêtres
17 03 02	Mélanges bitumineux ne contenant pas de goudron	Uniquement les déchets de production et de commercialisation ainsi que les déchets de construction et de démolition ne provenant pas de sites contaminés, triés
17 05 04	Terres et cailloux ne contenant pas de substance dangereuse	A l'exclusion de la terre végétale, de la tourbe et des terres et cailloux provenant de sites contaminés
20 02 02	Terres et pierres	Provenant uniquement de jardins et de parcs et à l'exclusion de la terre végétale et de la tourbe
10 11 03	Déchets de matériaux à base de fibre de verre	Seulement en l'absence de liant organique
15 01 07	Emballage en verre	Triés
19 12 05	Verre	Triés

(1) Annexe II à l'article R. 541-8 du code de l'environnement

(2) Les lignes entourées en rouge identifient les matériaux préférentiellement concernés par le projet

Qualité des matériaux et filières de prise en charge possible (sources : arrêtés et Société du Grand Paris)

	Filières / Critères	Inerte et ISDI	ISDND	ISDD	Biocentre
	Textes réglementaires	Décision n°2003/33/CE du 19/12/02 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE			
		Arrêté du 28/10/10 modifié par l'Arrêté du 12 décembre 2014	Arrêté du 09/09 /1997 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux, modifié par l'arrêté du 12/03/2012	Arrêté du 30/12 /02 relatif au stockage de déchets dangereux	
Analyse sur lixiviats (en mg/kg de MS)	Métaux Lourds et Métalloïdes	[As]<0,5 [Ba]<20 [Cd]<0,04 [Cr]<0,5 [Cu]<2 [Hg]<0,01 [Mo]<0,5 [Ni]<0,4 [Pb]<0,5 [Sb]<0,06 [Se]<0,1 [Zn]<4 Chlorures <800 Fluorures <10 Sulfates <1 000 Fraction soluble <4 000	[As]<2 [Ba]<100 [Cd]<1 [Cr]<10 [Cu]<50 [Hg]<0,2 [Mo]<10 [Ni]<10 [Pb]<10 [Sb]<0,7 [Se]<0,5 [Zn]<50 Chlorures <15 00 Fluorures <150 Sulfates <20 000 Fraction soluble <60 000	[As]<25 [Ba]<300 [Cd]<5 [Cr]<70 [Cu]<100 [Hg]<2 [Mo]<30 [Ni]<40 [Pb]<50 [Sb]<5 [Se]<7 [Zn]<200 Chlorures <25 00 Fluorures <500 Sulfates <50 000 Fraction soluble <100 000	[As]<0.5, [Cd]<0,04 [Cr]<0,5 [Cu]<2 [Hg]<1.5 [Ni]<0,4 [Pb]<0,5 [Zn]<4
Analyse sur déchets bruts (mg/kg)	COT	[COT]<30 000 mg/kg	ND	ND	ND
	Somme des BTEX	[BTEX]< 6 mg/kg	6< [BTEX] < 1 000 mg/kg	ND	[BTEX]< 1 000 mg/kg
	PCB	[PCB]< 1 mg/kg	1< [PCB] < 50 mg/kg	[PCB]< 50 mg/kg	[PCB]< 50 mg/kg
	Somme des 16 HAP	[16 HAP] < 50 mg/kg	20< [16 HAP] < 1 000 mg/kg	[16 HAP] < 5 000 mg/kg	[16 HAP] < 1 000 mg/kg
	HCT (C10 à C40)	[HCT]< 500 mg/kg	500< [HCT] < 2 000 mg/kg	[HCT]< 50 000 mg/kg	[HCT]< 50 000 mg/kg
	Somme des COHV	[COHV]< 2 mg/kg	[COHV]< 10 mg/kg	ND	[COHV]< 1 000 mg/kg
	Conditions supplémentaires	-Siccité >30 % - Absence d'indices organoleptiques de pollution	- Siccité >30 % - pH -Fraction soluble	- Siccité >30 % - pH - Fraction soluble	- Fraction particulaire - Eléments organiques - pH - Fraction soluble

Les valeurs en gras dans le tableau précédent correspondent aux valeurs fixées par la réglementation en vigueur, les autres valeurs sont issues de la synthèse des données obtenues à partir des arrêtés préfectoraux dans le cadre de l'étude préalable menée par la Société du Grand Paris concernant les possibilités de traitement et de mise en décharge des déblais générés par la réalisation du Grand Paris Express.

Les coûts moyens par filière (hors terrassement, transport et Taxe Générale sur les Activités Polluantes - TGAP) augmentent proportionnellement à la dangerosité des terres. Le prix d'entrée, fonction de la situation économique et de la concurrence, peut varier d'un facteur 10 à 20 pour une entrée en ISDND et en ISDD respectivement par rapport à une élimination en ISDI.

Les paragraphes suivants détaillent les filières en fonction de la nature du déblai.

c. Filières de valorisation des déchets inertes

Lorsque les déblais ne sont pas pollués, les principales stratégies de valorisation des déblais issus des terrassements des chantiers sont les suivantes :

- Gestion en plateformes de transit-regroupement et/ou tri-recyclage des matériaux inertes (granulats pour béton, …) ;
- utilisation en matériaux pour les opérations du bâtiment et des travaux publics;
- utilisation sur des projets d'aménagement demandeurs de matériaux d'apport (remblais courants ou techniques) ;
- Utilisation en matériaux d'aménagement sur des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND) ;
- Utilisation en matériaux de comblement de carrières souterraines ;
- Utilisation pour le réaménagement de carrières en fin d'exploitation.

Recours aux plateformes de transit-regroupement et tri-recyclage

Il existe des installations spécialisées dans le stockage temporaire de déchets inertes avant leur réutilisation sur d'autres chantiers, carrières ou installations de stockage définitif. Ces installations, selon leur nature, permettent de massifier les flux, de regrouper des volumes de déchets qui possèdent des caractéristiques intéressantes pour la réutilisation ou de réaliser des opérations de traitement (tri, criblage, concassage) pour favoriser leur réutilisation et les rendre admissibles dans les différentes filières.

La création de ces plates-formes est régie par la nomenclature des ICPE (Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement) qui soumet l'installation à déclaration ou à autorisation selon sa capacité de stockage et sa durée. La durée d'entreposage des déchets sur le site de transit ne peut en aucun cas excéder 1 an si les déchets sont destinés à être éliminés ou 3 ans s'ils sont destinés à être valorisés. Au-delà de ces périodes, les installations rentrent dans la rubrique des installations de stockage de déchet (ISD).

Ces activités peuvent être exercées sur plusieurs types d'installations en Ile-de-France. Elles sont fortement concentrées sur Paris-Petite Couronne et peuvent accueillir différents type de flux de matériaux du BTP. Les différents sites ayant reçu des flux en 2010 sont présentés dans le tableau suivant :

Flux et nombres de plateformes de transit-regroupement-tri-recyclage
(source : PREDEC-non exhaustif)

Types d'installation	Activité	Nombre de site	Flux (tonnage 2010)
Point d'apport de déchet de chantier sur point de vente de matériaux	Collecte et transit	59	189 832 tonnes
Point d'apport de déchet de chantier sur plateforme fluviale de traitement/vente	Collecte, regroupement, transit	12	590 000 tonnes
Centre de tri/transfert	Tri/transfert	6	/

Utilisation dans des opérations du bâtiment et des travaux publics

Après traitement sur des plateformes de tri-recyclage, les matériaux naturels peuvent être réutilisés dans les activités de la construction pour le bâtiment, de l'industrie (ex : plâtres…) et des travaux publics (réalisation d'ouvrage d'art, voirie…). Ce potentiel, fonction de la conjoncture économique, est difficile à évaluer.

Le projet du Grand Paris s'articule autour de la création de pôles de développement reliés entre eux par la création du réseau de transport. Il s'appuie sur des objectifs quantitatifs ambitieux en matière de création de logement (70 000 logements/an). Leur réalisation nécessitera un effort accru d'approvisionnement en matériaux de construction[35].

Réemploi sur des projets d'aménagement

L'utilisation des déblais inertes dans les projets d'aménagement doit répondre à trois critères, tels que définis par le « Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans les projets d'aménagement » du Bureau des Recherches Géologiques et Minières (BRGM):

- les terres doivent être réutilisées dans des projets pour lesquels un permis de construire, ou d'aménager ou une étude d'impact est délivrée ;
- Les teneurs mesurées en polluants dans les terres doivent être strictement inférieures aux teneurs mesurées dans le terrain receveur ;
- Les terres doivent être compatibles avec l'usage du site et l'impact sur la ressource en eau doit être acceptable.

Plusieurs grands projets d'aménagements ont pu être identifiés, en parallèle de projets plus ponctuels portés par les territoires :

Besoins de remblais pour les projets d'aménagement (source : SGP-non exhaustif)

Projet	Maître d'ouvrage	Besoin et période estimée de réalisation
Ouvrage d'écrêtement des crues (casier pilote)	Établissement public territorial de bassin (EPTB) Seine Grands Lacs	750 000 m^3 entre 2018-2020
La Corniche des Forts-Base de loisir	Agence foncière et technique de la région parisienne (AFTRP)	250 000 m^3 Première phase 2014-2016
ZAC des Ardoines	Etablissement Public d'Aménagement (EPA) Orly Rungis - Seine Amont	A partir de 2015
Projet de Pierrelaye	Syndicat mixte d'aménagement de la plaine de Pierrelaye-Bessancourt	12 millions de tonnes à partir de 2017

Une enquête a été réalisée conjointement avec l'association des maires d'Ile-de-France (AMIF) auprès de l'ensemble des maires d'Ile-de-France pour identifier les besoins en remblais et matériaux pour des projets locaux qui seraient réalisés d'ici à 2020 ou au-delà si connus.

Sur un total de 93 réponses, 13 communes situées dans le département des Yvelines ou de la Seine et Marne pour les ¾ ont exprimé un besoin en apport de matériaux pour des projets d'aménagement urbain (entretien de chemins ruraux, merlons antibruit et aménagement d'espace, nouvelle voirie…). Les quantités demandées peuvent être ponctuelles, de l'ordre de quelques

[35] Etude « Soutenabilité du Grand Paris : l'approvisionnement en matériaux », 2012, DRIEE

centaines de tonnes sur une année, ou plus importantes avec des besoins exprimés de plusieurs milliers de tonnes entre 2017 et 2022.

La liste de ces projets n'est pas exhaustive et ne préjuge en rien des projets qui seront destinataires des terres excavées issus des chantiers du GPE car, en plus des conditions de réutilisation citées plus haut, le maître d'ouvrage privilégiera la valorisation dans des projets d'aménagement sous réserve que la prise en compte de l'environnement dans ces projets s'inscrive et soit compatible avec les exigences environnementales de la Société du Grand Paris.

Utilisation en matériaux d'aménagement sur des ISDND

Les installations de stockage de déchets non dangereux peuvent avoir besoin de matériaux inertes pour l'aménagement de leurs lieux de stockage et de leur confinement : pistes d'accès, diguettes, couverture journalière des déchets stockés, …

Ces installations constituent donc une filière de valorisation de déchets inertes.

Utilisation pour le comblement d'anciennes carrières souterraines

Une grande partie du sous-sol de l'Ile-de-France se caractérise par la présence d'anciennes carrières souterraines de calcaire grossier, de gypse et de craie qui ont été exploitées.

Les informations fournies par l'Inspection Générale des Carrières (IGC) et la base publique des données des cavités souterraines du BRGM (www.bdcavite.net) ont permis d'identifier 4 anciennes carrières qui pourraient faire l'objet de comblement dans le cadre de leur mise en sécurité et sous réserve de conditions préalables définies par l'IGC et les propriétaires.

Le volume d'accueil potentiel de ces anciennes carrières localisées en Petit Couronne Parisienne serait d'environ 2,2 millions de m^3. D'autres carrières dans le Val d'Oise ou en Seine et Marne pourraient également représenter une possibilité de comblement, mais les connaissances sur leur volume de vide à combler et leur profondeur ne permettent pas à ce jour de pouvoir estimer ce potentiel.

Identification des besoins pour le comblement de carrières souterraines
(source: Société du Grand Paris)

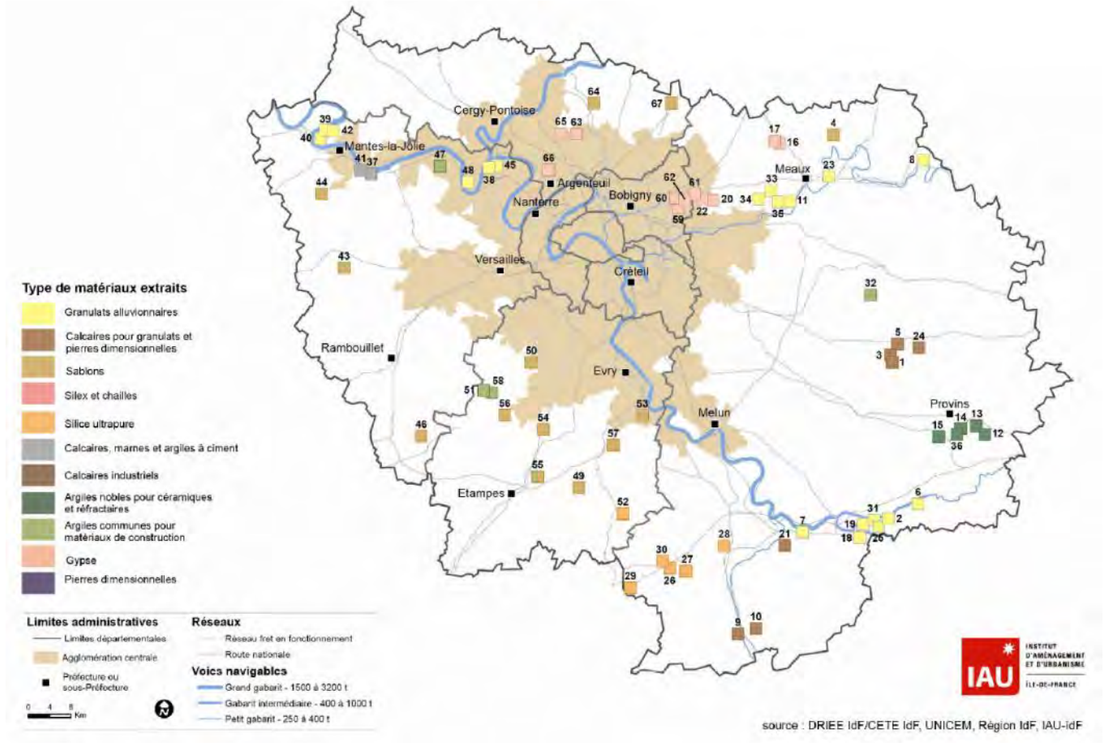
Anciennes carrières	Estimations des besoins
Dans la craie	
Carrière de Meudon Montalets (92)	140 000 m^3
Carrière de Brimborion Renault (92)	31 000 m^3
Dans le gypse	
Carrière de Romainville (93)	1 500 000 m^3
Carrière de Gagny Saint-Pierre (93)	560 000 m^3

Utilisation en matériaux pour le réaménagement des carrières

Le réaménagement des carrières, coordonné à l'avancée de leur exploitation, consiste à remettre en état et à aménager les terrains exploités pour répondre à l'utilisation future du site. Cela permet de limiter les surfaces en dérangement.

Les conditions de remises en état et l'obligation de réaménagement intégrée au plan d'extraction sont définies dans l'autorisation préfectorale d'exploitation d'une carrière. Pour cette raison, leur mise en œuvre peut amener les carriers à réaliser des remblaiements partiels avant la fin de l'exploitation des sites ou à prévoir des volumes de matériaux pour le remblaiement final.

Les travaux du PREDEC ont permis de recenser 67 carrières sur le territoire d'Ile-de-France qui sont autorisées à recevoir des matériaux extérieurs pour leur remblayage, dont seulement 44 ont déclaré avoir reçu des apports en 2010 (11,2 millions de tonnes en 2011).



Répartition des carrières franciliennes (source : PREDEC, sur l'année 2010)

La Société du Grand Paris a réalisé un recensement des carrières à capacité suffisante pour accueillir des déblais sur la durée des chantiers du GPE. Dans l'objectif de promouvoir le transport fluvial et ferroviaire, les carrières hors Ile-de-France accessibles par la voie d'eau et le fer ont été inventoriées.

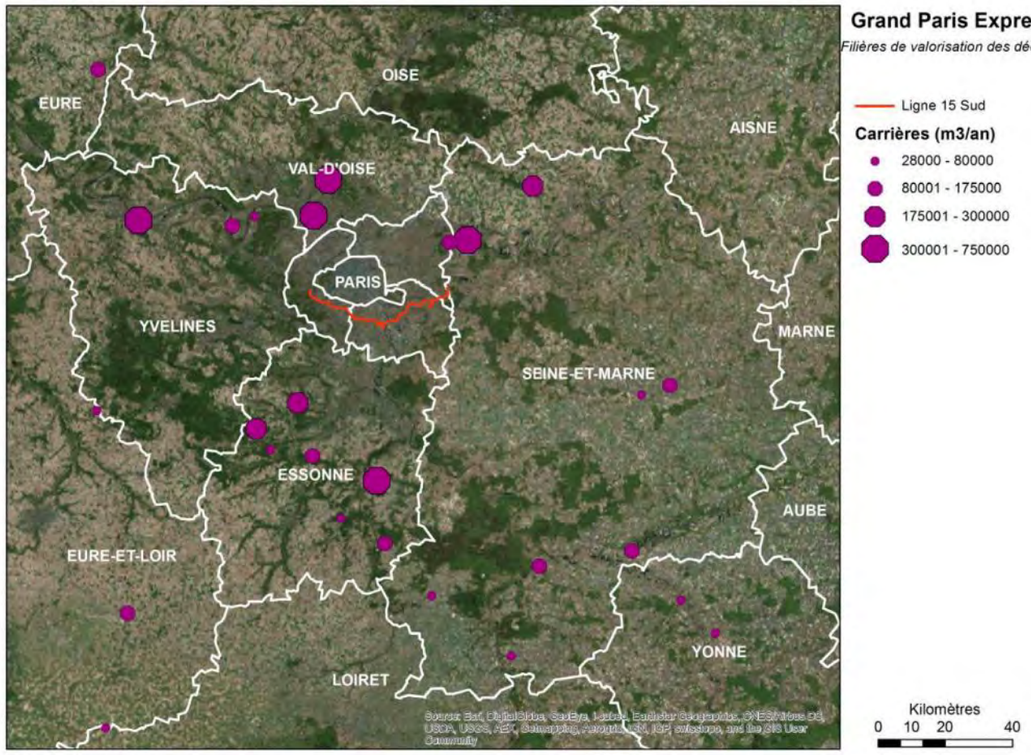
32 carrières ont ainsi été identifiées dans le cadre des études menées par la SGP, dont 21 en Ile-de-France, pouvant potentiellement constituer un exutoire intéressant, avec des besoins en matériaux estimés à près de 40 millions de m^3 pour la période 2014-2025. Les carrières en Ile-de-France représentent 80 % de cette capacité totale d'accueil estimée. Les carrières hors Ile-de-France sont réparties dans les départements limitrophes, Eure (27), Eure et Loir (28), Yonne (89), Aisne (02) ou plus éloignées dans le Cher (18), l'Orne (61) et dans la Mayenne (53).

Estimations des besoins en matériaux pour le réaménagement de carrières sur les 10 prochaines années (source : Société du Grand Paris)

Département	Carrières autorisées	Capacité annuelle (m^3/an)	Estimations des besoins sur la période 2014-2025
En Ile-de-France			
Seine et Marne (77)	8 carrières	1 150 000 m^3/an	> 6 280 000 m^3
Yvelines (78)	3 carrières	625 000 m^3/an	5 500 000 m^3
Essonne * (91)	7 carrières	760 000 m^3/an	> 4 700 000 m^3
Seine Saint Denis (93)	1 carrière	150 000 m^3/an	1 500 000 m^3
Val d'Oise (95)	2 carrières	1 150 000 m^3/an	11 500 000 m^3
Hors Ile-de-France			
Département hors IDF	11 carrières**	> 920 000 m^3/an	> 6 600 000 m^3

* trois fermetures sont programmées en 2017 dans le département de l'Essonne si aucun projet de prorogation n'est déposé

** recensement non exhaustif ne quantifiant pas la capacité totale des besoins en matériaux de ces départements



Recensement des carrières (source: Société du Grand Paris)

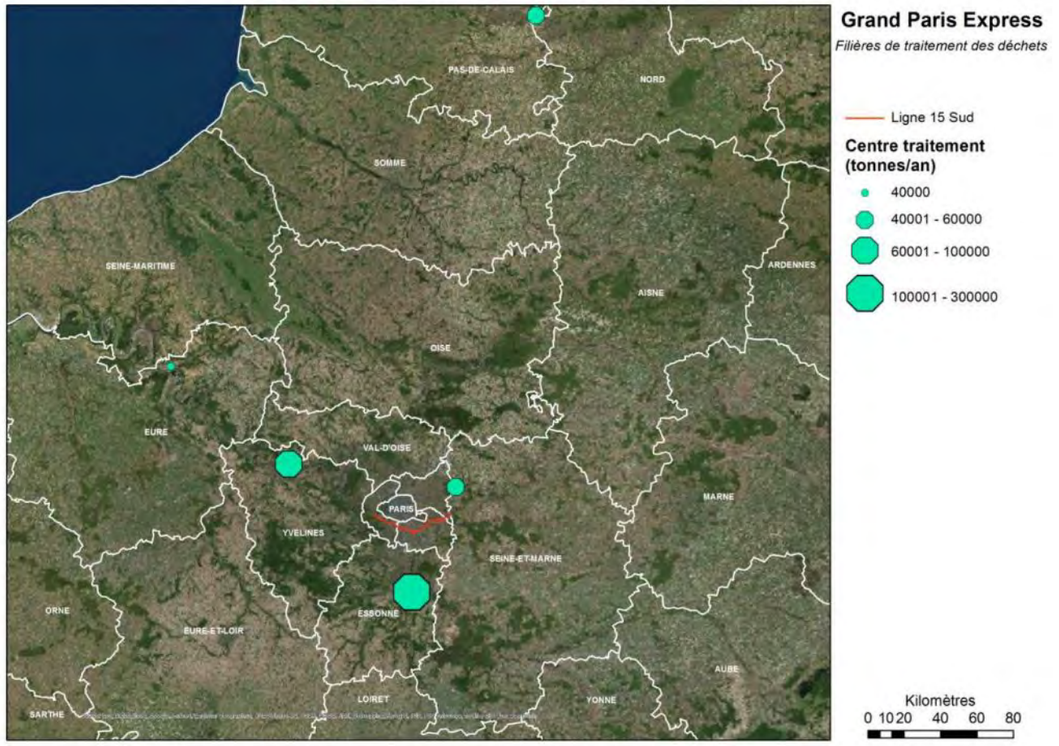
d. Filières de traitement

Les terres polluées peuvent faire l'objet de traitements et de procédés de dépollution. Différentes techniques de dépollution peuvent être mises en œuvre : traitement biologique (en Biocentre par l'action de microorganismes et Biotertre), chimique, physique (par piégeage ou évacuation de la pollution) ou thermique. En fonction du type de pollution et des contraintes de chantier, ces traitements peuvent être réalisés

- In situ : avec une dépollution des sols en place sans excavation préalable;
- Sur site : après excavation des terres et traitements sur la base chantier ;
- Hors site : dans des centres de traitement ou stockés en installation de stockage de déchets dangereux (ISDD).

Les installations de traitement recensées ci-dessous correspondent à un traitement hors-site des terres nécessitant une excavation et un transport des terres jusqu'à l'installation. La durée de traitement des terres est de quelques mois.

Le PREDEC recense en 2010 trois centres de traitement de déchets dangereux en Ile-de-France, autorisés à traiter environ 400 000 tonnes par an. En plus de ces sites, 4 sites supplémentaires accessibles par la voie d'eau ont été identifiés dans le cadre des études menées par la SGP. Ces installations sont localisées dans les départements de L'Eure (27), de la Seine Maritime (76), du Pas de Calais (62) mais aussi en Belgique. Le choix d'inclure des installations du Nord de la France et de la Belgique s'explique à la fois par la possibilité d'y accéder par la voie fluviale mais également par le potentiel de traitement physico-chimique des terres du projet qui s'élève à près de 1,4 millions de tonnes par an.



Répartition des filières de traitement de déchets (source : Société du Grand Paris)

Estimations des capacités de dépollution sur les 10 prochaines années (source: Société du Grand Paris)

Département	Centres spécialisés	Capacité traitement annuelle (tonnes/an)	Estimations des capacités sur la période 2014-2025
En Ile-de-France			
Seine-et-Marne (77)	biocentre®	60 000 T/an	2 000 000 T
Yvelines (78)	biotertre	100 000 T/an	1 550 000 T
Essonne (91)	biotertre	300 000 T/an	3 000 000 T
Hors Ile-de-France			
Eure (27)	site biologique	40 000 T/an	200 000 T
Pas de Calais (62)	biocentre®	60 000 T/an	constante
Seine Maritime (76)	physico-chimique	350 000 T/an	constante
Belgique	site biologique	450 000 T/an	2 000 000 T

Des demandes d'autorisation sont également en cours d'instruction pour l'ouverture de plates-formes de traitement des terres sur le port de Gennevilliers (société SOLVALOR) et dans l'Oise (Société BIOGENIE).

Après dépollution dans ces centres de traitement, les déblais peuvent s'intégrer dans les filières de gestion des déchets inertes.

e. Filières d'élimination

L'élimination en installation de stockage de déchets (ISD) correspond à une opération de stockage définitif des déchets. Au sens de la réglementation, seuls les déchets ultimes, qui ne peuvent pas être valorisés par réemploi ou recyclage dans les conditions techniques et économiques du moment, sont susceptibles de rentrer dans cette filière. Les Installations de Stockage de Déchets (ISD) sont des Installation Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) et sont de fait étroitement réglementées pour leur impact sur l'environnement. Il existe plusieurs catégories d'ISD selon le type de déchets enfouis :

- Installations de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) ;
- Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) ;
- Installations de Stockage de Déchets Dangereux (ISDD).

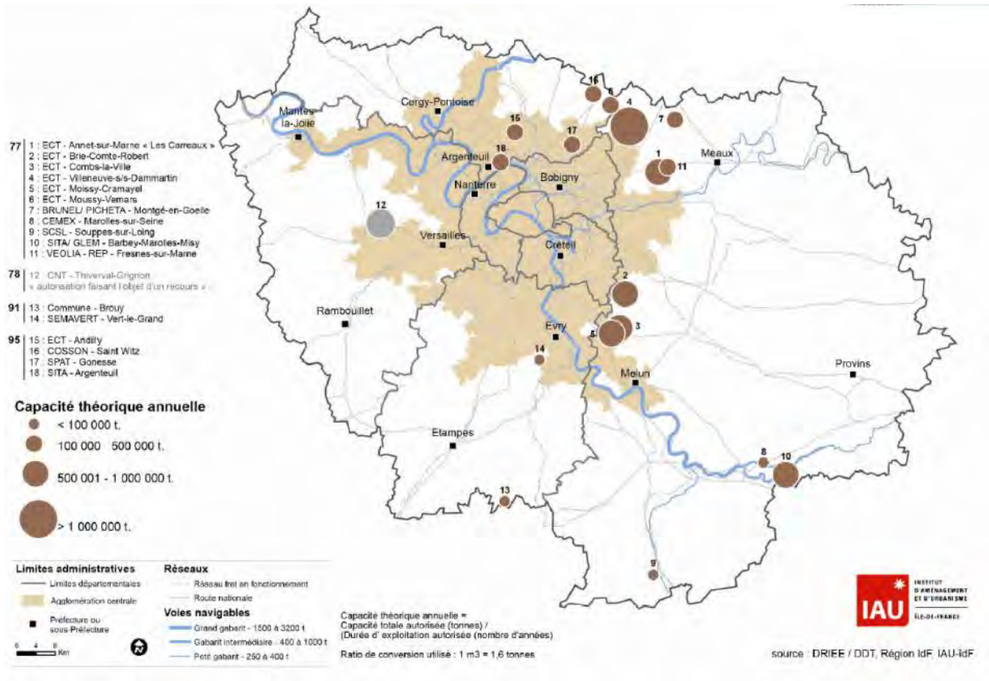
Chaque type d'installation est réglementée en terme de déchets acceptés/refusés, ce qui entraîne des contraintes d'aménagement, d'exploitation et de réaménagement final différentes.

Le recensement du PREDEC distingue ainsi en Ile-de-France :

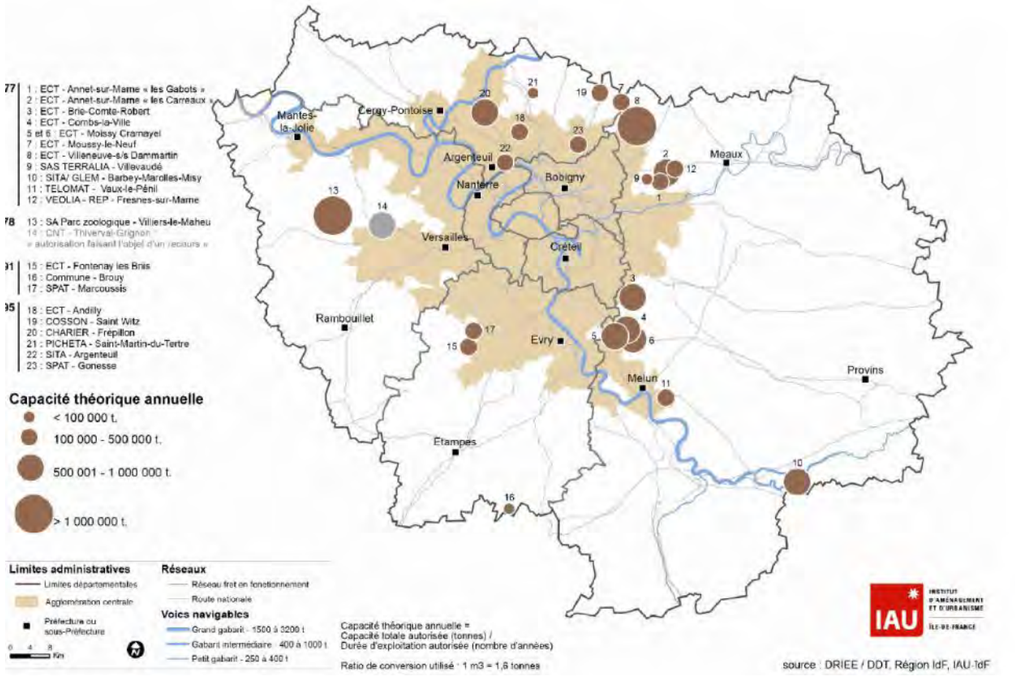
- 23 ISDI pour un gisement de 7,9 millions de tonnes stockées en 2010 ;
- 10 ISDND pour un gisement de 27 800 tonnes stockées en 2010 ;
- 2 ISDD pour un gisement de 22 000 tonnes stockées en 2010.

Comme le montre la carte de répartition sur le territoire francilien des ISDI ci-après, le département de la Seine et Marne est le département d'Ile-de-France qui concentre le plus grand nombre d'installations de stockage de déchets inertes. C'est le département qui possède actuellement la plus grande capacité d'accueil en ISDI et c'est donc celui qui absorbe la majorité des flux d'élimination des déchets du BTP de la région.

Suite à ce constat, le PREDEC prévoit, à partir de la date d'approbation du plan, un moratoire d'une durée de trois ans interdisant l'extension ou la création de nouvelles installations de stockages de déchets inertes. En considérant une approbation du plan en 2015, ce moratoire couvrerait jusqu'en 2018. D'autre part, à l'expiration du moratoire, le PREDEC précise que les nouveaux projets d'ISDI ne pourront pas avoir une capacité d'accueil supérieure à 4 Mt.



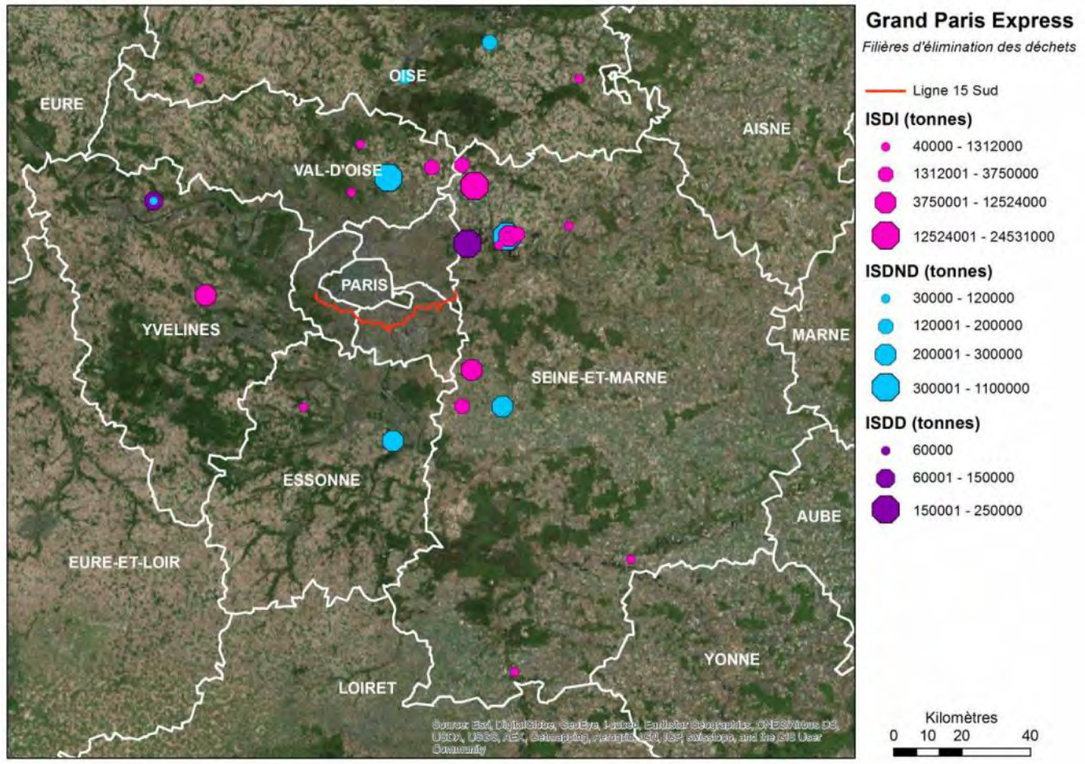
Répartition des ISDI Franciliennes (source : PREDEC, sur l'année 2012)



Répartition des ISDND Franciliennes (source : PREDEC, sur l'année 2012)

Le recensement, établi dans le cadre des études menées par la SGP, des installations pouvant constituer un exutoire pertinent pour les déblais produits par le projet est légèrement différent du fait des critères d'accessibilité et de capacité d'accueil appliqués :

- 18 ISDI représentant 7,9 millions de tonnes traitées en 2010 dont 2 sont situées dans le département de l'Oise. La capacité d'accueil annuelle totale estimée pour l'ensemble des installations inventoriées est de l'ordre de 16 MT/an. Plusieurs dossiers d'extension ou de nouvelle ouverture, notamment en Seine et Marne et dans le Val d'Oise, ont été déposés au cours de l'année 2014 et sont en cours d'instruction. A horizon 2017, les arrêtés prévoient la fermeture programmée de six installations en Seine-et-Marne si aucune extension n'est demandée ou approuvée. La capacité d'accueil autorisée dans les installations du Val d'Oise n'étant pas connues, elle est sous-estimée.
- 10 ISDND représentant 27 800 tonnes stockées en 2010 dont 4 sont situées dans le département de l'Oise. Ces installations ont un besoin estimé sur les 10 prochaines années d'environ 17 millions de tonnes et des fermetures sont programmées pour les installations de l'Oise.
- 3 ISDD dont une non francilienne située en Seine Maritime accessible par voie fluviale. Ces installations ont un besoin estimé sur les 10 prochaines années d'environ 6,5 millions de tonnes.



Répartition des filières d'élimination de déchets (source: Société du Grand Paris)

Prescription du PREDEC sur les flux en installations de stockage de déchets inertes et application à la Ligne 15 Sud :

Le projet de PREDEC fixe des prescriptions en matière des flux d'élimination des déchets en installations de stockage de déchets inertes :

- Les déchets produits doivent être éliminés dans le département de production ;
- Pour les départements de Paris et la Petite Couronne, les terres doivent être éliminées dans les départements limitrophes à celui de production ;
- Les départements de Grande Couronne ne pourront pas accueillir les déchets provenant des autres départements de la Grande Couronne (périmètre de 5km au-delà des frontières, sauf pour la Seine-et-Marne).

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, les chantiers seront localisés dans quatre départements distincts :

- Département des Hauts-de-Seine : les déblais produits dans le département des Hauts-de-Seine devront être éliminés en ISDI des départements limitrophes de Grand Couronne que sont : l'Essonne, les Yvelines et le Val d'Oise ;
- Département du Val-de-Marne : les déblais produits dans le département du Val-de-Marne devront être éliminés en ISDI des départements limitrophes de Grand Couronne que sont : la Seine-et-Marne et l'Essonne ;

- Département de la Seine-Saint-Denis : les déblais produits dans le département de la Seine-Saint-Denis devront être éliminés en ISDI des départements limitrophes de Grand Couronne que sont : la Seine et Marne et le Val d'Oise ;
- Département de Seine-et-Marne : les déblais produits en Seine et Marne seront à éliminer sur ce même département de production.

2.9.1.5 Les modes de transport pour l'évacuation des déblais de chantier

L'évacuation des déblais depuis les chantiers fait partie intégrante de leur gestion. Une fois les caractéristiques des terres identifiées, les déblais doivent être dirigés vers les lieux de traitement ou directement vers leur destination finale dans la filière considérée. La priorité est donnée à la recherche de leur réutilisation à l'échelle locale pour s'inscrire dans la démarche d'économie circulaire. Dans ce cadre, les matériaux doivent être transportés sur de courtes distances. Lorsque cette valorisation au plus près des chantiers n'est pas possible, les déblais doivent être transportés sur de plus longues distances vers les filières d'accueil adaptées.

Trois modes de transport peuvent être mis en œuvre pour les chantiers de la région Ile-de-France et du Grand Paris Express : le transport routier, le transport fluvial et le transport ferroviaire.

a. Le choix du mode de transport

Plusieurs facteurs interviennent dans le choix du mode de transport pour les opérations d'évacuation:

- La nature des matériaux ;

Selon leurs caractéristiques physiques et chimiques, certains matériaux peuvent nécessiter des conditions particulières de manutention et de transport (ex : teneur en eau, concentration en polluant…) qui influent sur l'utilisation d'un mode plutôt qu'un autre.

- Le volume ;

Ce facteur détermine la capacité de transport nécessaire pour évacuer les terres et permet de dimensionner les besoins. Selon les phases d'un chantier considéré, le type d'ouvrage réalisé et la méthode de construction planifiée, les cadences d'excavation sont différentes. La production des déblais doit être adaptée aux moyens de transport disponibles et inversement.

- Les délais ;

Certains modes de transport sont plus souples en termes de rapidité de chargement, de mobilisation et d'accessibilité.

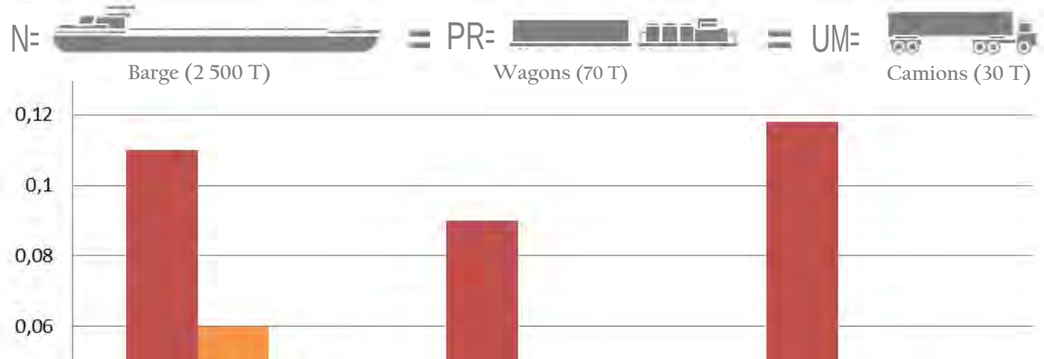
- Les infrastructures de transport existantes qui desservent les chantiers et les lieux de destinations des terres ;

Le choix du moyen d'évacuation dépend des réseaux et des infrastructures de transport présents à proximité des bases chantiers ainsi que des emprises disponibles pour charger les déblais dans les unités de transport : camions, trains ou barges pour l'évacuation par voie fluviale. Il dépend également des moyens de desserte des installations potentielles d'accueil en fin de chaîne.

- L'efficacité économique et environnementale ;

En fonction du mode de transport envisagé, le coût du transport peut varier avec les aménagements nécessaires pour leur mise en œuvre, le nombre de manœuvres à réaliser pour charger/décharger les unités de transport, la multiplication du nombre de rotations… Le coût logistique d'une tonne de déchet peut représenter jusqu'à 50 % de son coût global d'élimination (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie-ADEME) sans oublier les impacts sur l'environnement liés aux émissions de gaz à effet de serre.

L'efficacité environnementale et économique pour chaque mode pour le transport d'une tonne de matériaux est schématisée ci-dessous :



	coût (€/T.km)	coût externe(€/T.km)	emissions (kg eq CO2/ T.km)
route	0,11	0,09	0,118
fer	0,06	0,02	0,0175
fleuve	0,03	0,02	0,04

Efficacité économique et environnementale en fonction des modes de transport (source : ADEME et facteurs d'émissions CarbOptimum®)

Les coûts externes résultent des frais liés aux accidents potentiels, à la congestion, au bruit ou au climat avec le rejet des polluants atmosphériques notamment. Les valeurs de coût de transport sont celles retenues par l'ADEME.

La définition du bon protocole pour choisir le type de transport et le type d'unité de transport dépend des caractéristiques liées aux matériaux excavés (teneur en eau, granulométrie…), des contraintes de chantier (cadences de production, localisation…) et des réseaux de transport les desservant mais également de ceux permettant la desserte des zones de destination.

b. Le transport fluvial

L'Ile-de-France présente le grand intérêt d'être une région plutôt bien desservie et disposant de voies fluviales relativement accessibles. En 2011, le trafic fluvial de matériaux de construction/déchets s'élevait à 16,6 millions de tonnes en Ile-de-France et près de 3,6 millions de tonnes de déchets de chantier ont transités sur les ports franciliens, ce qui représente environ 14% du trafic fluvial total dont 2,6 Mt correspondent à la quantité de déblais transportés par voie d'eau.

Par rapport à la route et au rail, la voie d'eau est le mode de transport qui offre de manière générale la plus grande efficacité énergétique et les coûts les plus faibles à la tonne-kilomètre. Le transport fluvial permet le déplacement de convois de très grande capacité, variant en fonction du gabarit de la voie d'eau considérée. Sur la Seine en aval de Paris, les convois peuvent atteindre

5 000 tonnes (équivalent à 200 camions) et une barge de taille adaptée à une voie d'eau de gabarit moyen peut transporter jusqu'à 750 tonnes de matériaux (équivalent à 30 camions).

L'utilisation de ce mode de transport dépend notamment de:

- La présence à proximité des chantiers et des sites d'accueil des terres d'une voie d'eau et de quais/ports permettant le chargement/déchargement des matériaux ;
- La nature des déblais (conditions de siccité des terres).

Ce mode de transport se veut à la fois plus écologique, par sa moindre consommation d'énergie et des faibles niveaux d'émissions de polluants, économique par sa forte capacité de tonnage; et répond aux problématiques territoriales en permettant une desserte de proximité et le transport sur de longues distances.

D'après les informations communiquées par Voies Navigables de France (VNF), les capacités de transport fluvial peuvent être multipliées par 4, sur le réseau national, au regard des infrastructures actuelles.

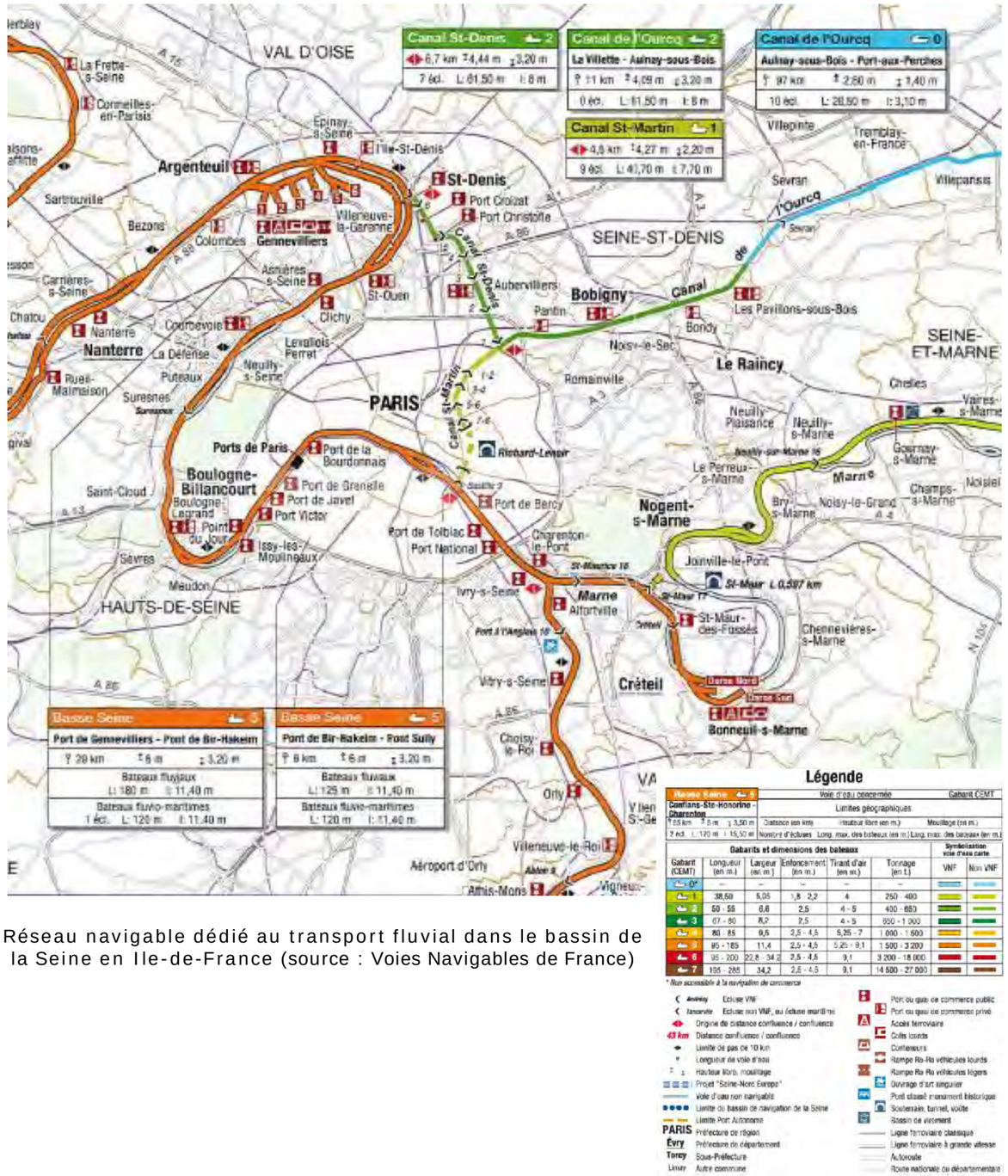
Le réseau des voies navigables

La Seine et la Marne sont les deux principaux axes fluviaux d'Ile-de-France. Le réseau est également composé au Nord-Ouest de Paris de canaux : canal Saint-Martin, canal Saint-Denis et canal de l'Ourcq. Les éléments du réseau sont présentés sur la carte ci-après.

La Seine est de gabarit 5 en aval de Bray-sur-Seine. Elle peut accueillir les bateaux les plus longs (125 mètres à Paris et 180 mètres à l'aval) et les plus larges (11,4 mètres) et permet la circulation de convois de 5 000 tonnes.

La Marne offre les mêmes possibilités de gabarit que la Seine entre Charenton-Le-Pont et Bonneuil-sur-Marne. Plus en amont, son gabarit diminue limitant la navigation de barges à accoster à la classe I, soit des barges faiblement capacitaires pouvant transporter entre 200 et 400 tonnes, comme sur le canal Saint-Martin.

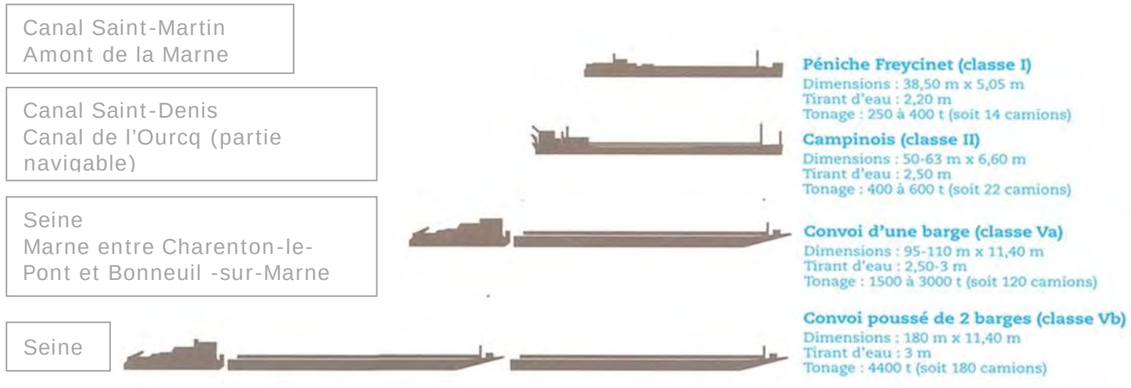
Les canaux de Saint-Denis et de l'Ourcq sont de gabarit inférieur à celui de la Seine mais supérieur à celui de la Marne en amont de Bonneuil (classe II). Le canal de l'Ourcq n'est pas ouvert à la navigation commerciale en amont des Pavillons-sous-Bois.



Réseau navigable dédié au transport fluvial dans le bassin de la Seine en Ile-de-France (source : Voies Navigables de France)

Les unités de transport

Les unités fluviales se différencient par leur système de navigation et leur gabarit. Les différents types d'unités de transport fluvial, leur utilisation sur les différents axes du réseau identifiés précédemment et l'équivalent en camions sont représenté sur la figure ci-dessous.



Types de bateaux pour le transport fluvial de marchandises (source : débat public sur le projet de mise à grand gabarit de la liaison fluviale Bray-Nogent)

Les ports et quais fluviaux

L'accès au réseau fluvial nécessite la présence d'un quai permettant l'accotement des unités fluviales et leur chargement/déchargement. Ces quais peuvent être sur des ports publics ou privés.

Le territoire francilien dispose d'un réseau de 70 ports, gérés par Ports de Paris ayant une activité matériaux/déchets (hors Canaux de Paris). Parmi ces 70 ports, 64 gèrent plus de 10 000 tonnes de matériaux/déchets, et 7 d'entre eux gèrent des transits de matériaux/déchets de plus de 500 000 tonnes par an. Il s'agit :

- sur la Seine : des ports de Gennevilliers, d'Ivry-sur-Seine, de Marolles, de Grande Paroisse, de La Brosse et de Port de Boulogne qui est situé à l'extrémité Ouest de la zone d'étude du projet ;
- sur la Marne : de Bonneuil-sur-Marne situé à proximité immédiate de la zone d'étude du projet.

Les trois plus grandes plateformes multimodales (installation accessible par au moins 2 modes de transport) de la région sont celles de Gennevilliers (92), Bonneuil-sur-Marne (94) et Limay (78). Six autres plateformes multimodales sont situées à Nanterre (92), Lagny (77), Evry (91), Saint-Ouen-L'Aumône (95), Bruyère-sur-Oise (95) et Montereau-Fault-Yonne (77) et deux plates-formes sont en projet.

Application à la Ligne 15 Sud :

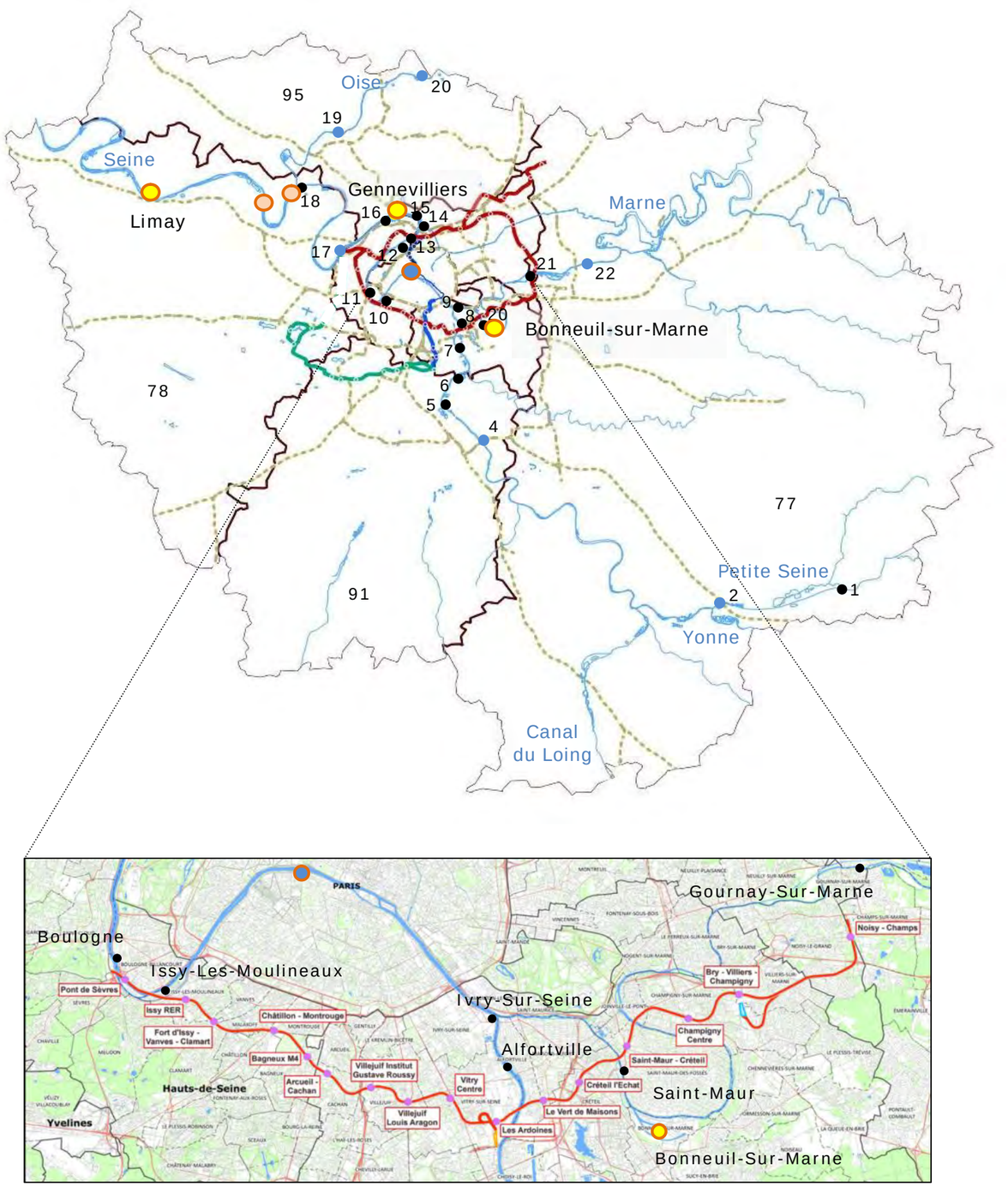
La Ligne 15 Sud intercepte la voie d'eau à plusieurs reprises, d'Ouest en Est :

- sur la Seine :
  - au niveau de la gare Pont de Sèvres et de l'Ile de Monsieur où le linéaire traverse en souterrain l'extrémité de la boucle de Boulogne;
  - au niveau des Ardoines.
- sur la Marne : au niveau de la boucle de la Marne.

Ces voies d'eau sont de grand gabarit et permettent la circulation de barges à forte capacité de chargement. La voie fluviale connaît aujourd'hui un développement important notamment pour le transport des matières premières en granulat et des déchets. La traversée de la Seine est une contrainte identifiée par les acteurs de la voie d'eau.

Près de cinq ports ayant une activité matériaux/déchets sont situés à proximité immédiate de la Ligne 15 Sud : les ports de Boulogne, Issy les Moulineaux, Alfortville, Saint-Maur et la plate-forme multimodale de Bonneuil-sur-Marne. Le secteur Est (Champigny à Noisy) est moins bien desservi par la voie d'eau.

Carte du réseau portuaire en Ile-de-France au regard du tracé du Grand Paris Express – Focus Ligne 15 Sud (sources : SGP, Ports de Paris)



Agence portuaire Seine Amont
1- Bray Sur Seine
2- Montereau Fault Yonne
4- Evry
5- Viry Chatillon
6- Athis Mons
7- Choisy le Roi
8- Alfortville
9- Ivry Sur Seine
20- Saint Maur
21- Gournay Sur Marne
22- Lagny/ Saint Thibault des Vignes

Agence Paris Seine
10- Issy Les Moulineaux
11- Boulogne-Legrand

Agence portuaire Seine Aval
12- Clichy
13- Saint-Ouen
14- Saint Denis L'Etoile
15- Epinay
16- Argenteuil
17- Nanterre
18- Conflans
19- Saint Ouen L'Aumône
19- Saint Ouen L'Aumône
20- Bruyères sur Oise

Légende :

- Principales plates-formes multimodales
- Autres plates-formes
- Plate-forme en projet
- Port urbain
- Grands axes routiers
- Réseau hydrographique
- Limites départementales
- Ligne 14 GPE
- Lignes 15, 16, 17
- Ligne 18 GPE

Réseau de Transport Public du Grand Paris / Ligne 15 Sud (rouge)

c. Le transport ferroviaire

Le réseau ferré d'Ile-de-France comprend, outre les 900 kilomètres de voies pratiquement toutes ouvertes au fret, une centaine de gares de marchandises, deux gares de triage (Villeneuve-Saint-Georges et Le Bourget), et 250 installations terminales embranchées (ITE) correspondant à des raccordements de sites d'entreprises par des voies privatives.

Le fer dispose, tout comme la voie d'eau, d'un avantage de grande capacité par convoi et d'un transport sur longue distance permettant d'une part, de limiter le nombre de rotations par camions depuis et vers le chantier et d'autre part, de rejoindre et favoriser l'évacuation vers des installations plus éloignées de la zone de chantier et d'être moins émetteur de gaz à effet de serre que le transport routier.

Par rapport à la route et à la voie d'eau, le rail offre un bon compromis coûts/rapidité sur longue distance mais le matériel roulant n'est pas forcément adapté au transport des déblais, notamment pour les déblais dont la teneur en eau est forte.

Le matériel roulant

Le transport ferroviaire de matériaux d'excavation s'effectue généralement avec des trains d'une longueur d'environ 400 mètres composés d'environ 21 wagons et d'une capacité de chargement de l'ordre de 1 400 tonnes. Lorsque la longueur des voies est inférieure à 400m ce sont généralement des demi-trains qui peuvent être composés, permettant de charger près de 750 tonnes de matériaux.

Les wagons principalement utilisés peuvent être des wagons trémies ou des wagons tombereaux de type E81 et doivent être suffisamment étanches pour ne pas risquer d'endommager les voies ferrées et appareils de voies.

Le réseau ferroviaire

La cartographie en page suivante permet de localiser les principales voies ferroviaires à l'échelle de l'Ile-de-France et à proximité de la Ligne 15 Sud.

Concernant le fret ferroviaire, il existe une ligne de contournement appelée « la Grande Ceinture Fret » qui forme une boucle autour de Paris à une distance d'une quinzaine de kilomètres du boulevard périphérique.

Les principaux chantiers de fret basés sur la « Grande Ceinture » ferroviaire sont :

- le triage du Bourget ;
- les chantiers de desserte locale et de relais de Trappes, Achères Creil, Vaires, Brétigny et Massy ;
- les chantiers multi techniques de Noisy-le-Sec et de Valenton ;
- les relais de trains d'Argenteuil, de Bobigny, de Valenton et de Villeneuve-Saint-Georges ;
- les sites portuaires de Gennevilliers, de Sucy-Bonneuil et de Limay.

Cette ceinture de contournement est située à proximité du secteur de Champigny.

Les contraintes du mode ferroviaire pour le transport de déblais de chantier

Sa mise en œuvre dans le cadre de chantier du BTP en Ile-de-France est complexe, aucun retour d'expérience n'est disponible, car plusieurs conditions préalables doivent être remplies :

- La possibilité de pouvoir opérer un premier tri sur la base chantier au départ : il s'agit de s'assurer que la qualité des terres est compatible avec les critères d'acceptabilité de l'installation d'arrivée.
- L'existence d'une installation embranchée directement sur le rail pour accueillir les déblais : il est nécessaire de disposer d'exutoires desservis par le rail, directement embranchés à la voie ferrée pour éviter une rupture de charge ou situés à proximité d'une gare de déchargement de marchandises.
- La disponibilité de sillons : un sillon horaire est la période durant laquelle une infrastructure donnée est affectée à la circulation d'un train entre deux points du réseau ferré. La disponibilité des sillons pour le transport de marchandise est faible, du fait des besoins pour le transport de voyageurs. Pour le transport deux sillons sont à minima nécessaire : l'un pour l'arrivée du train sur site, l'autre pour son départ une fois chargé. Ces sillons doivent être réservés jusqu'à trois ans avant leur utilisation effective. Le mode ferroviaire requiert ainsi une planification pouvant être contraignante pour des projets de grande ampleur.
- La disponibilité du matériel roulant compatible au transport des déblais : les gestionnaires des voies ferrées imposent des conditions strictes quant au matériel à utiliser. Les wagons doivent être imperméables afin de ne pas dégrader les voies notamment.
- La nécessité de trouver des gares compatibles avec le chargement/déchargement des wagons.

La mise en œuvre d'un fret ferroviaire nécessite une occupation au sol plus importante que pour les autres modes de transport du fait du nombre de voies nécessaires pour accueillir les trains et la présence d'un locotracteur à demeure sur site pour les manœuvres, ce qui est difficilement compatible avec les emprises disponibles.

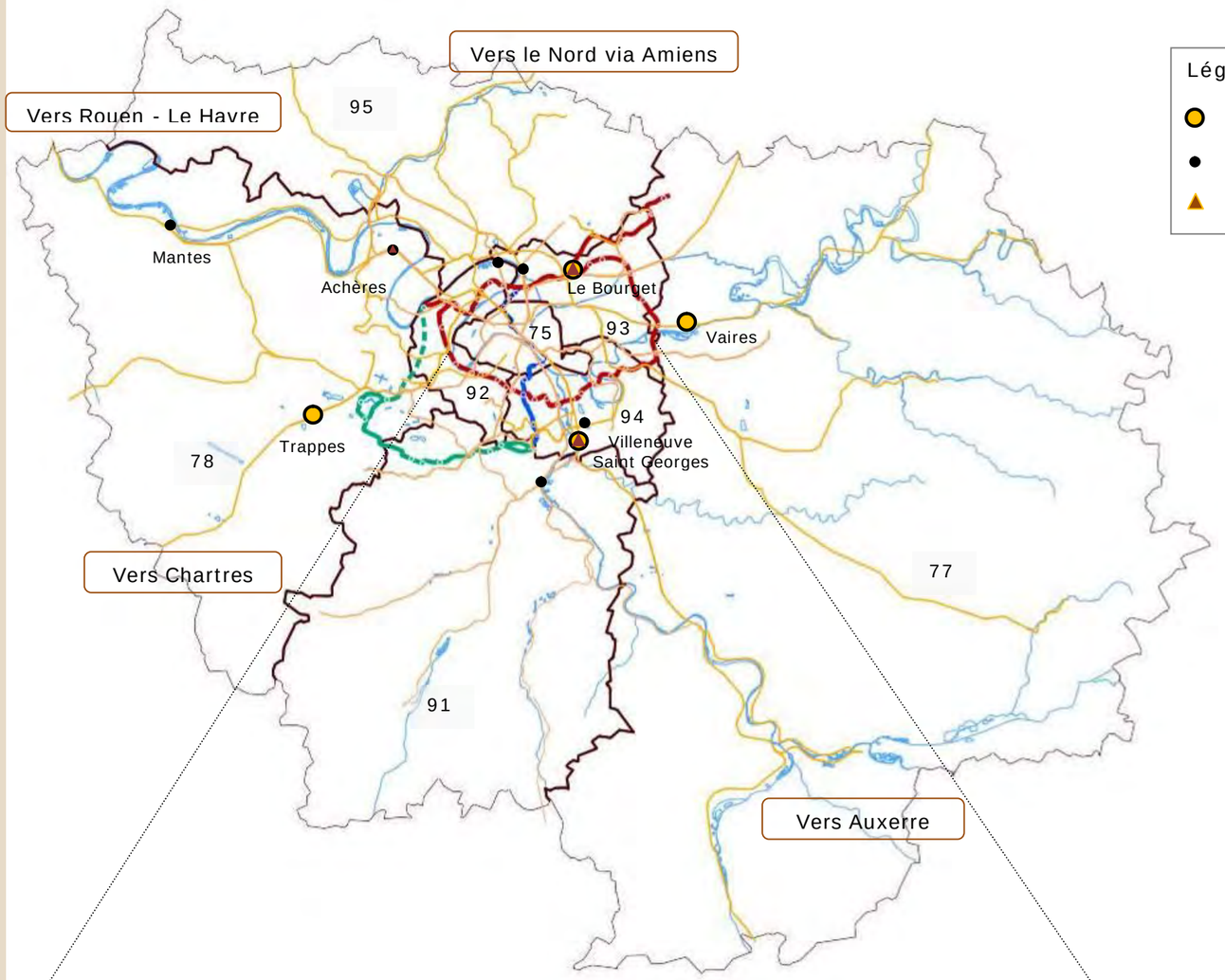
Application à la Ligne 15 Sud :

La Ligne 15 Sud intercepte à plusieurs reprises des voies ferroviaires majoritairement utilisées pour le transport de voyageurs (lignes RER et transilien) drainant des trafics importants.

Le secteur Est de la ligne est situé à proximité de la « Grande Ceinture Fret » générant également des trafics importants (source SNCF 2009).

A l'échelle de la ligne, il n'existe aucune gare de transit ou de triage, les faisceaux de voie disponibles pour le chargement depuis les chantiers sont donc réduits.

Carte du réseau ferroviaire en Ile-de-France au regard du tracé du Grand Paris Express – Focus Ligne 15 Sud (source : SGP, RFF)



Légende :

- Principales gares de transit
- Gares de transit
- Gare de triage
- Réseau ferroviaire
- Réseau hydrographique
- Limites départementales
- Ligne bleue GPE
- Ligne rouge GPE
- Ligne verte GPE



d. Le transport routier

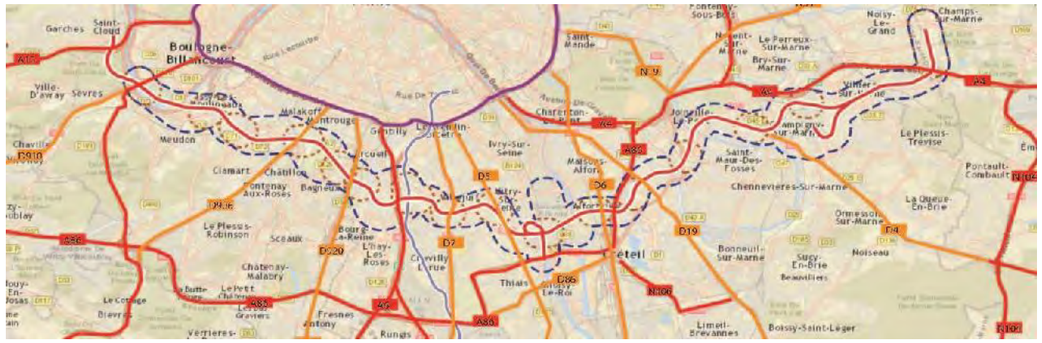
Le transport par voie routière est aujourd'hui le mode d'acheminement le plus courant car il offre le plus de souplesse en termes de rapidité de mobilisation, de mise en œuvre et d'accessibilité des destinations. En effet, l'ensemble des chantiers et des sites de destinations des matériaux peuvent être rejoints par la route, ce qui n'est pas le cas pour les autres modes de transports puisque ces sites ne sont pas tous embranchés sur le fleuve ou le rail.

Le coût réel du transport routier varie en fonction de la fréquence des chargements, du type de matériaux, de la congestion du réseau routier et donc du temps de transport alloué pour l'évacuation des matériaux. De manière générale, son coût est plus élevé que le transport ferroviaire et fluviale (0,11 €/T.km hors congestion contre respectivement 0,06 et 0,03 €/T.km). et l'augmentation du prix des carburants tend à rendre ce moyen de moins en moins avantageux.

Ce mode de transport présente également des inconvénients en termes d'émissions de gaz à effet de serre, de pollution et de nuisances sonores, et peut avoir des effets sur les conditions de circulation.

Accessibilité par le réseau routier à l'échelle de la Ligne 15 Sud

La cartographie ci-après présente une identification des éléments du réseau à proximité de la Ligne 15 Sud.



Carte du réseau routier à l'échelle de la Ligne 15 Sud (source : SGP, Esri)

Le projet est situé entre deux rocades très importantes : le Boulevard Périphérique (en violet sur la figure ci-dessus) en sortie de Paris et l'autoroute A86. Elle croise également des axes routier radiaux très importants : les autoroutes A6 et A4, les nationales et départementales N6/D6, N4/D4 et D7/N7. La ligne croise également de nombreuses voiries départementales importantes telles que la D5.

Le réseau à proximité du projet est dense mais les voies rapides sont fortement saturées aux heures de pointes dans les sens Petite Couronne-> Paris le matin et Paris-> Petite Couronne le soir.

2.9.1.6 Caractéristiques des sols au droit de la Ligne 15 Sud

L'orientation vers les filières de gestion dépendra de la nature des sols excavés. Une particularité du sous-sol Francilien est la présence de gypse. Plusieurs formations du Bassin Parisien rencontrées au droit du tracé de la Ligne 15 Sud sont potentiellement sulfatées et gypsifères. Ces terres sont des matériaux naturels non inertes car le sulfate peut interagir au contact de l'eau. Ils ne peuvent pas être éliminés en ISDI car les seuils de ce composant sont supérieurs aux seuils fixés par l'arrêté ministériel du 28 octobre 2010. D'autres éléments comme la fraction soluble, les fluorures, l'antimoine, le molybdène et le sélénium notamment peuvent être présents en quantité supérieur telle que fixée par l'arrêté pour l'entrée en ISDI.

Le tableau suivant reprend les différentes formations géologiques susceptibles d'être rencontrées au droit des travaux d'excavation du projet et identifie leur risque de pollution et de présence de gypse notamment sur la base de la connaissance bibliographique à l'échelle du Bassin Parisien et des premières investigations menées par la Société du Grand Paris. Le potentiel de valorisation selon leur caractère physique et leurs utilisations éventuelles sont également précisés.

Nature des terres et potentiel de valorisation (source : Société du Grand Paris)

Formation géologique	Type de matériaux			Utilisations éventuelles				Potentiel d'utilisation
	Potentiellement pollué	Potentiellement gypseux	Potentiellement inerte	Granulats	Couches de forme et remblais techniques	Remblais courants	Briques ou étanchéités	
Remblais	x				x	x		+
Alluvions modernes	x		x		x	x		+ +
Eboulis/Colluvions	x		x					- -
Limons des Plateaux	x		x			x		+ +
Alluvions anciennes	x		x		x	x		+ +
Sables de Fontainebleau	x		x		x	x		+ +
Marnes à huîtres			x			x		-
Calcaires de Brie			x			x		+
Argile verte			x			x	x	-
Marnes de Pantin		x	x			x		-
Marnes d'Argenteuil		x	x			x		-
Masses et Marnes du Gypse		x	x					- -
Calcaires de Champigny			x	x	x			+
Marnes Infragypseuses		x	x					- -
Sables verts		x	x		x	x		-
Calcaires de St-Ouen		x	x			x		-
Sables de Beauchamp		x	x		x	x		+ +
Marnes et Caillasses		x	x			x		-
Calcaire grossier			x	x	x			+ +
Sables supérieurs Sables de Cuise			x		x	x		+
Fausses Glaises			x			x	x	-
Sables d'Auteuils			x		x	x		+
Argile plastique			x				x	+
Calcaire / Marnes de Meudon			x			x		-
Craie à silex de Campanien			x			x		-

Il s'agira dans la suite des études de projet d'affiner les caractéristiques physico-chimiques des matériaux amenés à être excavés dans le cadre des travaux de manière à identifier les volumes valorisables et leur filière de gestion en fonction des méthodes constructives employées. La méthodologie engagée par la Société du Grand Paris pour la caractérisation de la qualité des matériaux est présentée dans la pièce B3, relative à l'analyse des impacts et mesures associées.

2.9.2 Risques pyrotechniques

2.9.2.1 Définition préalable

Les risques pyrotechniques sont associés à la présence d'explosifs dans le sol pouvant avoir plusieurs origines possibles, notamment :

- Les risques liés aux anciennes activités militaires établies sur des sites n'ayant pas fait l'objet d'une dépollution spécifique,
- Les risques issus des activités de guerre.

Les risques pyrotechniques issus des activités de guerre se concentrent essentiellement dans les premiers mètres du sol (< à 10m) par rapport au niveau du terrain naturel au moment des faits de guerre, des remblaiements successifs ont pu avoir lieu dans certaines zones engendrant un niveau de pollution pyrotechnique plus importante que la seule pénétration de l'objet dans le sol.

2.9.2.2 Dispositions réglementaires

Le décret 2013-973 du 29 octobre 2013, relatif à la prévention des risques particuliers auxquels les travailleurs sont exposés lors d'activités pyrotechniques refond la réglementation sur ce sujet. Il renforce les obligations relatives aux études de sécurité nécessaires et rappelle les obligations des employeurs figurant dans le Code du Travail sur la sécurité des employés.

En pratique, la gestion de ce risque suit un protocole similaire à celui des risques liés aux sols pollués, associé à la réalisation d'études itératives, permettant de caractériser l'état du milieu souterrain en termes de pollution pyrotechnique et maîtriser in fine les risques associés.

2.9.2.3 Caractérisation du risque

a. Démarche engagée par la société du Grand Paris

Dans le cadre du projet du Grand Paris Express, des études spécifiques relatives aux risques pyrotechniques sont menées sur l'ensemble du réseau, dans le but de sécuriser le projet face à ce risque.

Il y a deux grands axes :

- Le premier axe tourné vers une étude bibliographique du territoire, permettant une localisation et une caractérisation du risque potentiel attendu. Ce sont les étapes 1 et 2 qui permettent de répondre à cet état des lieux.
- Le deuxième axe correspondant à une phase de diagnostic sur site, couvert par les étapes 3 et 4.

Etape 1 : Etat des lieux sur l'ensemble du tracé

Un état des lieux relatif à la pollution pyrotechnique est réalisé sur l'ensemble du tracé du réseau de transport public du Grand Paris (RTPGP). L'objectif est de définir les zones potentiellement impactées par la présence d'une pollution pyrotechnique via des recherches bibliographiques, une cartographie du risque est ainsi réalisée.

A l'issue de cet état des lieux, selon les travaux envisagés dans chacune des zones définies comme à risque une conclusion est apportée sur la nécessité ou non de réaliser une étude historique.

A titre d'exemple, pour une zone définie comme à risque potentiel :

- Cas 1 : les travaux consistent à réaliser un tunnel à 30 m de profondeur -> une étude historique n'est pas nécessaire. En effet, les travaux ne se situeront pas dans la frange à risque.
- Cas 2 : les travaux consistent à réaliser une gare ou un ouvrage annexe -> une étude historique devra être entreprise, la zone à risque étant traversée par les travaux.

Etape 2 : Etude historique

L'étude historique concerne la pollution pyrotechnique potentiellement présente suite à des faits de guerre ou à une utilisation spécifique du site.

L'objectif est de confirmer la présence d'une pollution pyrotechnique sur les zones identifiées à risque dans l'étape 1 et d'en définir la nature. Cette étude détaille des archives historiques, notamment les photos aériennes et récits de guerre afin d'apporter des conclusions quant à la présence d'engins explosifs enfouis sur la zone étudiée.

Etape 3 : Sécurisation pyrotechnique des sondages

L'objectif premier de la Société du Grand Paris est de mettre en sécurité les prestataires travaillant à l'acquisition des données d'entrée dans le cadre des études géotechniques et environnementales. Les sondages réalisés sur les sites identifiés comme potentiellement à risque pyrotechnique font l'objet d'une sécurisation par magnétomètre radar en sondage sur les 10 premiers mètres de foration. En cas de détection d'un objet métallique, le forage est immédiatement stoppé et déplacé.

Chaque sécurisation de sondage fait l'objet d'un rapport identifiant le potentiel risque détecté.

Etape 4 : Etat des lieux de la pollution

La démarche engagée par la Société du Grand Paris dans la définition du risque pyrotechnique comprend également le diagnostic des sites sensibles au moyen de méthodes non invasives. La méthode consiste à détecter en surface au moyen de magnétomètre la présence d'objets métalliques dans le sol. Ce diagnostic ne peut être réalisé qu'au démarrage de la maitrise foncière du site par la Société du Grand Paris, en effet, du fait de l'urbanisation forte de la Ligne 15 Sud, une purge des remblais de surface (contenant souvent des mâchefers et/ou des réseaux) est souvent nécessaire pour réaliser ce diagnostic.

En fonction du résultat de cet état des lieux des travaux de dépollution peuvent être à engager, voire des adaptations dans la conception des ouvrages.

b. Résultats des études sur la Ligne 15 Sud

A l'issue de l'état des lieux (étape 1) réalisé sur l'ensemble du tracé du RTPGP, 5 secteurs de la Ligne 15 Sud font l'objet d'un risque de découverte d'engins pyrotechniques (risques moyen) :

- Le secteur de la gare Saint-Maur Créteil,
- Le secteur de la gare des Ardoines,
- Le secteur de la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Le secteur de la gare Issy RER,
- Le secteur de la gare Pont de Sèvres.

Ces 5 secteurs ont ainsi fait l'objet d'une étude historique (étape 2).

Les études historiques réalisées ont permis d'écarter le risque pyrotechnique initialement identifié sur le secteur de la gare de Saint-Maur Créteil. Pour les 4 autres secteurs, les risques de pollution pyrotechnique de sub-surfaces sont écartés, les activités successives sur ces secteurs ayant participées à la dépollution superficielle des terrains. Néanmoins, des engins plus profondément enfouis dans le sous-sol sont susceptibles d'être encore présents.

Les phases ultérieures des études à mener sur ces 4 secteurs à risques sont actuellement en cours.

Les enjeux relatifs à la pollution pyrotechnique sont donc localisés sur les 4 secteurs d'aménagement suivants :

- Les Ardoines,
- Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Issy RER,
- Pont de Sèvres.

2.9.3 Pollution du milieu souterrain

La région Ile-de-France est une région où l'industrie a joué et joue encore un rôle important. A ce titre, la pollution des sols est une problématique fondamentale de tout projet d'aménagement ou d'infrastructures, et d'autant plus dans le cas d'ouvrages souterrains.

2.9.3.1 Notions préalables

Un site pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets ou d'infiltration de substances polluantes, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement.

Ces situations sont souvent dues à d'anciennes pratiques sommaires d'élimination des déchets, mais aussi à des fuites, à des épandages de produits chimiques, ou à des retombées de rejets atmosphériques accumulés au cours des années, accidentels ou non. Il convient de différencier la pollution, qui présente un caractère concentré, à savoir des teneurs souvent élevées et sur une surface réduite (quelques dizaines d'hectares au maximum), des pollutions diffuses qui constituent des zones difficiles à circonscrire au sein desquelles les concentrations en une ou plusieurs substances sont supérieures au bruit de fond local. Ces pollutions diffuses sont par exemple dues à certaines pratiques agricoles ou aux retombées de la pollution automobile près des grands axes routiers.

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, les enjeux peuvent être identifiés à plusieurs niveaux :

- Lors de l'acquisition des terrains, la présence de sols pollués peut avoir des enjeux juridiques importants quant à la responsabilité vis-à-vis de la pollution et de son traitement éventuel,
- Lors de la phase travaux, le terrassement et le déplacement de terres polluées sont susceptibles d'entrainer la mise en œuvre de précautions particulières relatives à la maîtrise des risques sanitaires. L'évacuation des déblais issus du chantier est également dépendante de la qualité des sols extraits, qui devront être évacués vers des centres de stockage adaptés aux pollutions identifiées,
- Lors de la phase exploitation, la présence éventuelle de pollution présente dans les sols et/ou les eaux souterraines peut entrainer la mise en œuvre de mesures particulières afin de s'assurer de la maîtrise du risque sanitaire au regard de l'usage du site.

2.9.3.2 Sources utilisées

a. Les bases de données nationales

Dans le cadre de l'élaboration de l'état initial objet de la présente étude, les trois bases de données nationales utilisées sont :

- La base de données BASIAS[36] qui inventorie les sites industriels connus, en activité ou non. L'inscription d'un site dans cette banque de données ne préjuge pas d'une pollution avérée à son endroit.
- La base de données ADES[37] qui rassemble les données qualitatives et quantitatives relatives aux eaux souterraines. Ce type de données n'est toutefois pas disponible sur l'ensemble du territoire. Dans le cadre de la présente étude, seuls les secteurs d'aménagement de la gare de Pont-de-Sèvres, de Fort d' Issy-Vanves-Clamart, de Villejuif, des Ardoines et de Champigny Centre sont référencés.
- La base de données BASOL[38], qui recense les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. Les sites dits « orphelins », dont le propriétaire et l'exploitant ont disparu, y figurent ;
- La base de données des Installations classées[39] qui recense les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation ou à enregistrement. Pour l'analyse de ces données, le lecteur se reportera au chapitre 2.19 de la pièce B1 relatif aux risques technologiques.

L'analyse de ces données est réalisée sur le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

b. Etudes de pollution réalisées par la Société du Grand Paris

Conformément à la méthodologie de gestion des sites et sols pollués la Société du Grand Paris a engagé la réalisation d'études de pollution des sols et des eaux souterraines sur les secteurs d'aménagement de l'ensemble des ouvrages émergents et des ouvrages spécifiques réalisés à ciel ouvert de la Ligne 15 Sud.

L'élaboration de l'état initial relatif à la pollution du milieu souterrain s'appuie sur les études disponibles à ce stade du projet (études historiques, documentaires et mémorielles et diagnostics environnementaux).

2.9.3.3 Démarche engagée par la Société du Grand Paris pour caractériser la qualité du milieu souterrain

Conformément aux textes ministériels du 8 février 2007 relatifs à la gestion des sites pollués, la Société du Grand Paris a missionné le bureau d'études IDDEA pour la réalisation des études et investigations relatives à la caractérisation de l'état de pollution du milieu souterrain.

Ces prestations sont codifiées selon la norme AFNOR NF-X31-620 de juin 2011 relative aux prestations de services dans le domaine des sites et sols pollués. Elles s'intègrent dans un processus progressif et itératif faisant appel successivement à des éléments d'information documentaire et à des éléments d'information de terrain. L'objectif final étant de caractériser le plus précisément possible l'état de pollution du milieu souterrain de manière à pouvoir :

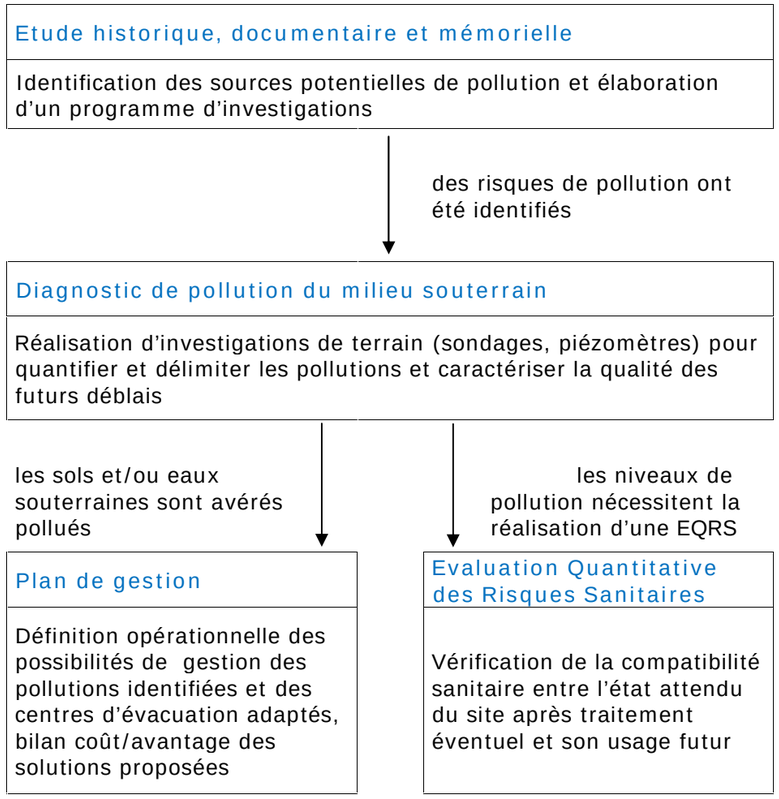
- Anticiper l'évacuation des terres polluées amenées à être excavées et permettre une gestion adaptée de ces terres en phase chantier,
- Etablir les mesures éventuelles à mettre en œuvre pour s'assurer de la compatibilité sanitaires entre l'état du site et son usage futur,

---

[36] BASIAS : Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (consultable sur le site http://basias.brgm.fr)
[37] ADES : Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (consultable sur le site http://www.ades.eaufrance.fr)
[38] BASOL : Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.
[39] http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/rechercheICForm.php

- Evaluer le coût inhérent à la gestion des milieux pollués.

Le déroulement de la démarche suivie par la SGP est schématisé ci-dessous. Chacune des étapes de cette démarche est détaillée dans la suite du chapitre.



a. <u>Etude historique, documentaire et mémorielle</u>

L'étude historique, documentaire et mémorielle correspond à la première étape d'identification et de gestion des sites et sols pollués. Elle a pour objectif principal d'identifier les risques potentiels de pollution du site, à travers un recensement précis des activités pratiquées et des produits utilisés sur le périmètre d'étude, et de localiser les sites à proximité directe ayant abrité une activité potentiellement polluante.

Elle est notamment menée à partir de la consultation des organismes suivants : IGN, Préfecture, Archives départementales, Mairie, ARS, et des bases de données BASIAS, BASOL, BARPI et BSS.

A ces consultations administratives s'ajoutent des visites de terrain ainsi que l'analyse d'études antérieures éventuellement existantes et mises à disposition de la Société du Grand Paris.

Ces études intègrent également l'analyse des données géotechniques réalisées, au cours desquelles quelques prélèvements ponctuels de sols et d'eaux souterraines ont parfois été réalisés.

A ce stade du projet, 55 études historiques, documentaires et mémorielles ont été réalisées sur la Ligne 15 Sud au droit :

- De l'ensemble des secteurs d'aménagement des gares,
- Des 2 secteurs concernés par l'aménagement des sites de maintenance,
- De l'ensemble des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes et ouvrages spécifiques réalisés à partir de la surface (plateforme d'évacuation des déblais, tranchées couvertes/ouvertes).

Ainsi, l'ensemble des ouvrages émergents et des ouvrages réalisés à ciel ouvert aura fait l'objet d'une étude historique, documentaire et mémorielle permettant d'avoir une vision exhaustive des sources potentielles de pollution au droit des secteurs d'aménagement les plus sensibles vis-à-vis du risque de pollution du milieu souterrain (ouvrages destinées à être construits à partir de la surface du sol). En effet, les pollutions du milieu souterrain étant essentiellement liées à des activités localisées en surface, les premiers mètres du sol concentrent généralement l'essentiel des pollutions.

L'étude historique, documentaire et mémorielle aboutit à la réalisation d'un schéma conceptuel qui permet d'appréhender toutes les dimensions de la pollution du milieu et les enjeux associés en croisant :

- Les sources potentielles de pollution identifiées,
- Les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques,
- Les cibles sensibles éventuelles (riverains, travailleurs du chantier, ressources naturelles, …).

A l'issue des études historiques, documentaires et mémorielles ayant mis en évidence des sources potentielles de pollution, un programme d'investigations spécifique est proposé dans l'objectif de confirmer ces présomptions et, le cas échéant, de caractériser quantitativement et qualitativement l'état de pollution du site. Chaque programme prend en compte les caractéristiques du projet (localisation, profondeur, …).

b. <u>Diagnostic de pollution du milieu souterrain</u>

Le diagnostic de pollution du milieu souterrain vise à quantifier les teneurs en polluants dans les sols et les eaux souterraines, et délimiter, le cas échéant, l'étendue de cette pollution.

En fonction des conclusions des études historiques, documentaires et mémorielles réalisées au droit des différents sites d'aménagement et conformément aux programmes d'investigations établis en conséquence, des investigations de terrain sur les sols et/ou les eaux souterraines sont réalisées au moyen de sondages et/ou de piézomètres afin de caractériser, quantitativement et qualitativement, l'état de pollution des sols et des eaux souterraines.

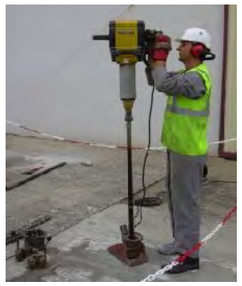
Les sondages, en fonction de leur profondeur et de leur localisation, sont réalisés au moyen d'une tarière mécanique, d'un carottier portatif (pour les zones peu accessibles) ou d'ateliers de sondages carottés pour les investigations les plus profondes (plusieurs dizaines de mètres).
Les piézomètres sont des forages de sols plus larges, équipés d'un tubage crépiné au niveau de la zone saturée afin de permettre le prélèvement des eaux souterraines.

Les sols et les eaux souterraines ainsi prélevés font ensuite l'objet d'échantillonnages et d'analyses en laboratoire spécialisé.

A ces investigations peuvent s'ajouter des prélèvements réalisés sur les sols issus des sondages géotechniques dont les carottes extraites sont conditionnées et stockées dans des carothèques mises à disposition par la Société du Grand Paris. Ces prélèvements font ensuite fait l'objet d'analyses en laboratoire afin de caractériser la qualité des sols profonds relative aux futurs déblais du projet.



Sondage à la tarière mécanique



Sondage au carottier portatif



Piézomètre mis en place



Sondage carotté



Carotte de sol extraite et conditionnée

Les principaux paramètres physico-chimiques recherchés dans le but de déterminer le plus précisément possible l'état de pollution des terres et des eaux souterraines sont décrits dans le tableau ci-après.

Principaux paramètres physico-chimiques analysés

Approche considérée	Milieu sol	Milieu Eau
« Pollution »	8 métaux, HC C5-C10, C10-C40, HAP, COHV, CAV dont BTEX, PCB	HC C5-C10, HC C10-C40, HAP, CAV, COHV, 8 métaux
« Déblais » ou « rejet » pour les eaux	Pack ISDI (HCT, HAP, BTEX, PCB et métaux lixiviables), cyanures sur éluats, COHV, 8 métaux brut	12 métaux, Fer II, fer III, Phosphore, AOX, DBO5, Cyanures libres et totaux, Cr VI et Cr total, Fluorures, Indice Phénol, HC C10-C40, MES, COT, Azote total, NO3, NO2, Azote de Kjeldhal), DCO, BTEX, CAV, HAP, COHV, PCB, Sulfates, Chlorures et matières inhibitrices

8 métaux : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc
HC : Hydrocarbures C5-C10 ou C10-C40
HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques
COHV : Solvants chlorés
CAV : Solvants aromatiques
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes,
PCB : Polychlorobiphényles
Pack ISDI : HCT, HAP, BTEX, PCB et 12 métaux lixiviables

AOX: halogènes organiques adsorbables
DBO5: Demande biologique en oxygène
Cr: Chrome
MES: Matières en suspension
COT : Carbone Organique Total
NO^3: Nitrates
NO_2: Nitrites
DCO: Demande chimique en oxygène

La réalisation de ces diagnostics a été priorisée selon le niveau de risque de pollution identifié à l'issue des études historiques, du niveau d'enjeu relatif au type d'aménagement projeté et suivant les possibilités d'accès au droit des secteurs d'aménagement.

Ainsi, à ce stade du projet, 29 campagnes de diagnostic de pollution des sols ont été engagées.
Au total, près de 300 sondages et piézomètres entre 2m et 45m ont été réalisés.

Les résultats de ces investigations sont présentés dans la suite du rapport.

c. Plan de gestion

Pour les sites sur lesquels une pollution significative est mise en évidence à l'issue du diagnostic de pollution, un plan de gestion sera établi dans le but d'assurer la maîtrise des sources de pollution et de leurs impacts potentiels.

Ces plans de gestion permettront :

- De définir les mesures de gestions adaptées à la situation de chaque site en fonction des enjeux et des spécificités de l'usage, des caractéristiques techniques de l'aménagement et des niveaux de pollution,
- Etablir un bilan coûts-avantages des différentes solutions développées, en tenant compte des aspects techniques, socio-économiques et du calendrier de réalisation du chantier de la Ligne 15 Sud,
- Evaluer le coût des éventuels travaux de dépollution/évacuation en filières spécialisées.

Ce plan de gestion constituera un outil d'aide à la décision permettant d'engager une gestion adaptée des sols pollués lors de la phase chantier.

Le plan de gestion s'attachera également à préciser les éventuelles servitudes ou contraintes d'usages pour les différentes options de gestion envisagées.

d. Evaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)

Dans la mesure où les niveaux de pollution identifiés le nécessiteraient, une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) sera réalisée parallèlement au plan de gestion. Cette évaluation a pour objectif de s'assurer de la compatibilité sanitaire du site, après travaux d'aménagement, avec son usage futur.

Cette étude repose sur l'utilisation de l'outil EQRS (Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires) dont les hypothèses de calculs sont établies sur la base des caractéristiques constructives définies par le maître d'œuvre.

Le cas échéant, des mesures constructives et/ou des travaux complémentaires pourront être préconisés pour rendre le l'état du site compatible avec son usage futur.

2.9.3.4 Méthodologie d'analyse des enjeux liés à la pollution du milieu souterrain

a. Analyse des bases de données nationales et des résultats des études historiques, documentaires et mémorielles

Il n'existe pas à ce jour de méthodologie nationale pour le classement des sites potentiellement pollués. Aussi, pour évaluer le risque de pollution et hiérarchiser les niveaux d'enjeu associés, les paramètres suivants ont été utilisés :

- la nature des activités (actuelles et passées) recensées sur les périmètres d'étude (entrepôt, usine de fabrication, garage, station-service,…),
- les types d'installations présentes (chaufferie, transformateur, cabine peinture, distribution d'essence,…),
- les modes de stockage des produits (en vrac en extérieur, en vrac en intérieur, en bidons, en cuve aérienne, en cuve enterrée,…),
- les produits utilisés (bois, métaux, fuel, PCB, peintures, essence, solvants,…),
- les volumes stockés (inférieur à 5 m^3, inférieur à 50 m^3, supérieur à 500 m^3,…),
- la connaissance éventuelle des niveaux de pollution (pollution avérée) dans le cadre d'études antérieures.

L'analyse de ces paramètres a été conduite à partir des données bibliographiques issues des bases de données nationales (BASIAS, BASOL) ainsi que sur les rapports des études historiques, documentaires et mémorielles afin de hiérarchiser les enjeux en fonction des risques de pollution identifiés. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la suite du chapitre.

Dans le cadre de l'analyse des bases de données nationales, les niveaux d'enjeu relatifs à la présence de sites BASIAS et BASOL sont identifiés à travers la représentation suivante :

Représentation des niveaux d'enjeux

Niveau d'enjeu	Représentation
Enjeu négligeable	
Enjeu faible	
Enjeu modéré	
Enjeu fort	

Concernant la qualité des eaux souterraines, l'état initial s'est appuyé dans un premier temps sur les informations disponibles sur la base de données ADES. Ces données ont été comparées aux seuils définis par l'Arrêté du 11 janvier 2007, relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, et les valeurs seuils fixées par l'OMS en 2011. L'analyse des enjeux relatifs à la pollution des eaux souterraines s'appuie sur les seuils suivants (valeurs seuils de l'arrêté du 11 janvier 2007 ou estimées sécuritaires au regard des valeurs seuils de l'OMS) :

- Indice hydrocarbure (HCT : hydrocarbures totaux) > 1 mg/L ;
- Somme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) >0,1 µg/L ;
- Somme des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) > 100 µg/L avec une concentration en Benzène > 1µg/L;
- Somme des composés organo-halogénés volatils (COHV) > 100 µg/L.

Les niveaux d'enjeux relatifs à l'analyse des données issues de la base de données ADES sont alors établis selon les critères suivants :

Critères de hiérarchisation des enjeux relatifs à la qualité des eaux souterraines

Niveau d'enjeu	Représentation	Critères
Pas d'enjeu		Les concentrations mesurées sont toutes inférieures aux teneurs présentées ci-dessus et respectent ainsi les seuils de potabilité et les valeurs seuils de l'OMS
Enjeu faible		Les concentrations sont supérieures aux seuils de potabilité et/ou aux valeurs seuils de l'OMS, mais il n'y a pas de composés organiques volatils
Enjeu modéré		Les concentrations sont supérieures aux seuils de potabilité et/ou aux valeurs seuils de l'OMS, et des composés organiques volatils sont présents
Enjeu fort		Une phase flottante ou coulante de polluants a été détectée

b. Analyse des diagnostics de pollution du milieu souterrain

Pour les sites sur lesquels les diagnostics de pollution du milieu souterrain sont à ce jour disponibles, les niveaux d'enjeux associés aux résultats des analyses sont établis, pour chaque point de sondage ou piézomètre, par application des critères suivants :

Critères de hiérarchisation des enjeux à l'issue des diagnostics de pollution

Niveau d'enjeu	Représentation	Critères - Milieu sol	Critères - Milieu eaux souterraines
Pas d'enjeu		Pas de pollution significative : les concentrations mesurées dans les sols sont inférieures aux seuils ISDI	Les concentrations mesurées sont toutes inférieures aux teneurs ci-dessous et donc respectent les seuils de potabilité et les valeurs seuils de l'OMS
Enjeu faible		Dépassements des seuils ISDI sur éluat: les sols ne sont pas inertes en raison d'éléments lixiviables	Les concentrations sont supérieures aux seuils de potabilité et/ou aux valeurs seuils de l'OMS, mais il n'y a pas de composés organiques volatils
Enjeu modéré		Dépassements des seuils ISDI sur brut : les sols ne sont pas inertes en raison des composés bruts présents	Les concentrations sont supérieures aux seuils de potabilité et/ou aux valeurs seuils de l'OMS, et des composés organiques volatils sont présents
Enjeu fort		Des polluants en phase pure ont été observés visuellement lors des investigations	Une phase flottante ou coulante de polluants a été détectée lors des investigations

2.9.3.5 Les sites et sols pollués sur la Ligne 15 Sud

a. Résultats issus de l'analyse des bases de données nationales

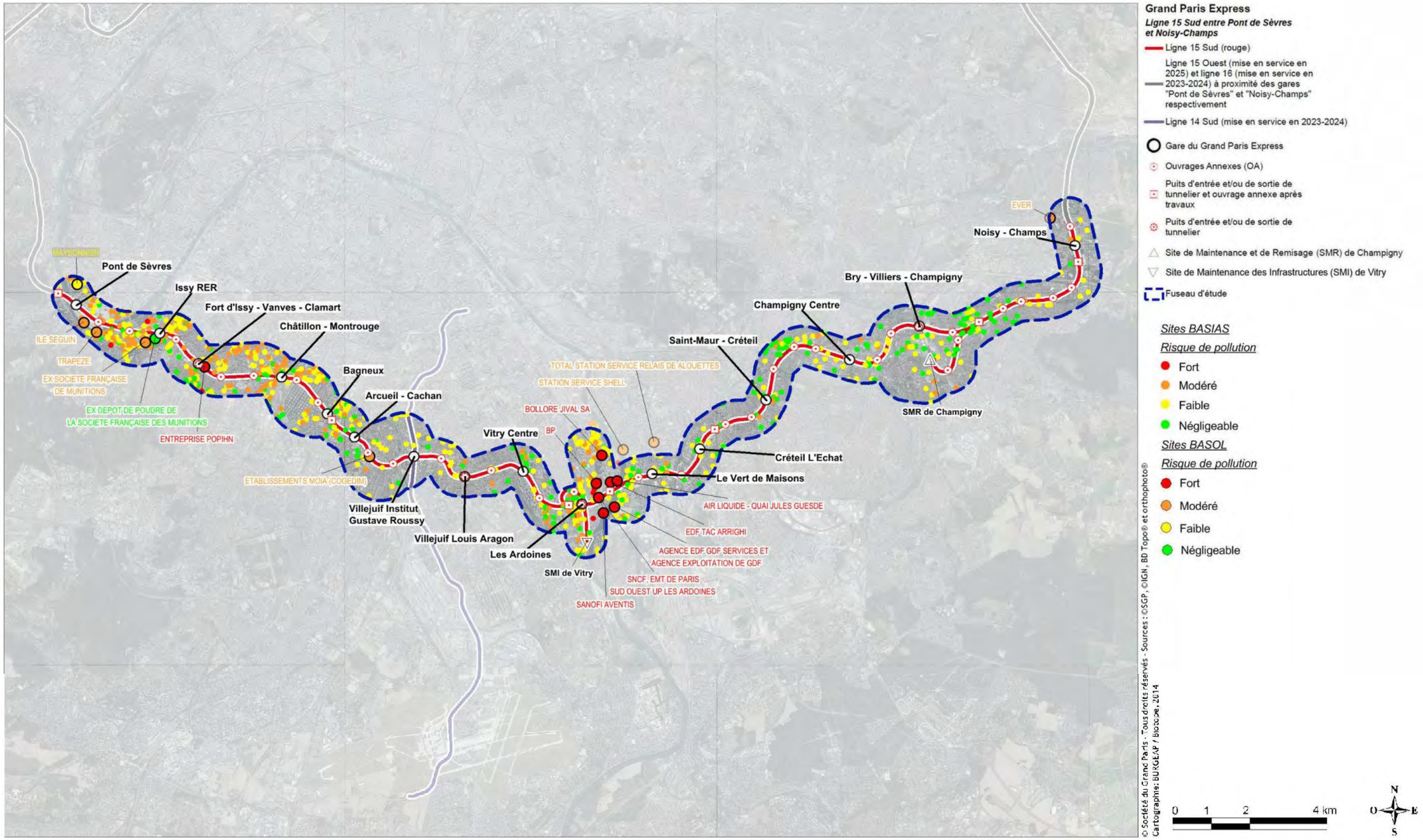
Un travail de hiérarchisation des sites BASIAS et BASOL recensés dans les bases de données a permis d'aboutir à une représentation cartographique ayant pour objet de fixer, dans un premier temps, les enjeux à proximité du tracé et des secteurs d'aménagement des ouvrages de la Ligne 15 Sud. Cette cartographie est présentée en page suivante.

Le fuseau d'étude comprend environ 925 sites BASIAS et 17 sites BASOL.
Ces sites BASOL sont localisés au niveau des secteurs industriels du Sud de l'agglomération parisienne situés à Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Alfortville, ainsi qu'au niveau des anciens secteurs industriels de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux. Ils ont fait l'objet d'une dépollution et/ou d'un suivi particulier. Les sites d'Alfortville, Issy-les-Moulineaux et Boulogne-Billancourt font l'objet d'une restriction d'usage sur l'utilisation du sol, du sous-sol, de la nappe et des cultures agricoles.

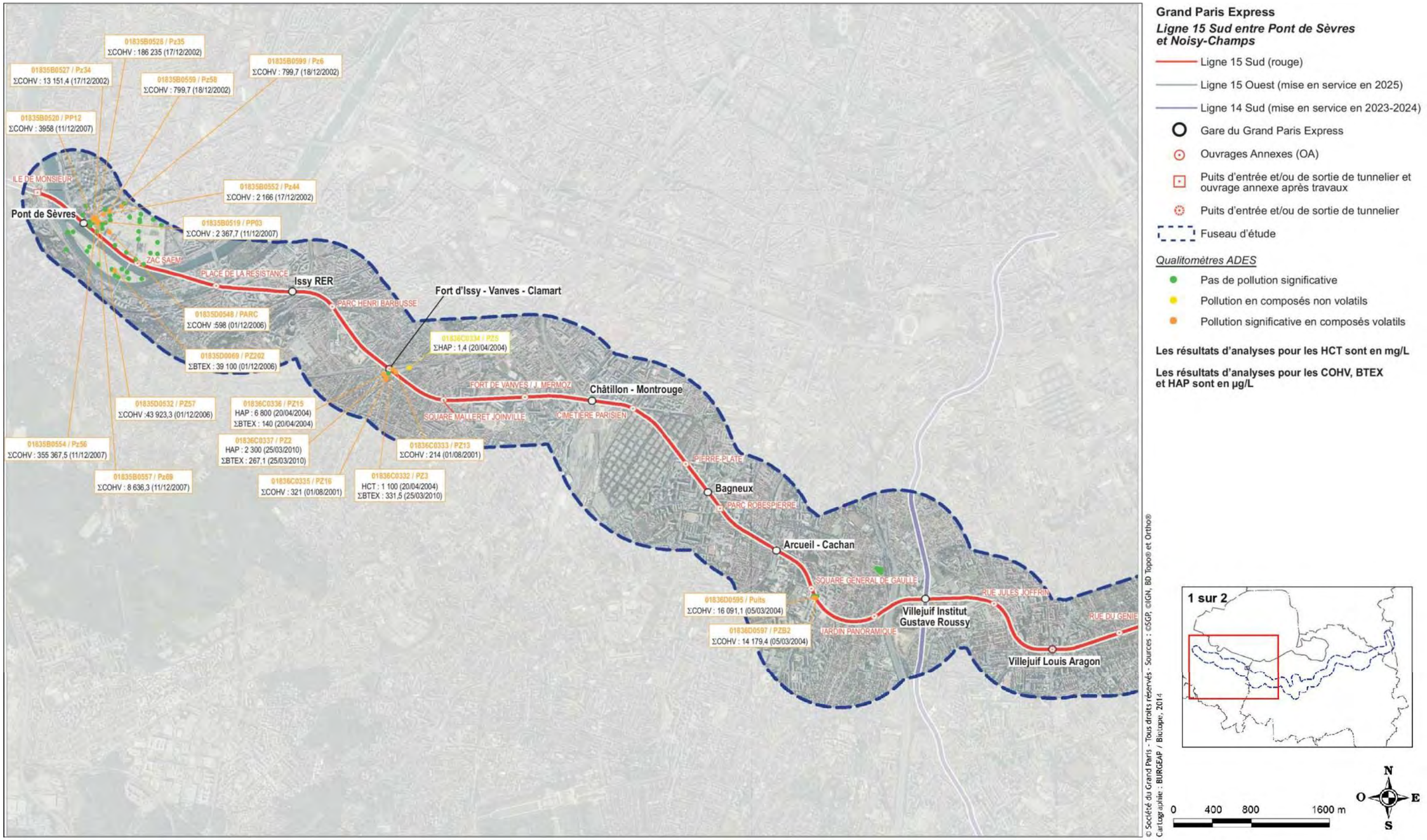
Concernant les résultats liés à la qualité des eaux souterraines, les deux cartes identifiant les enjeux relatifs à l'analyse de la base de données ADES présentent un focus sur les zones pour lesquelles les eaux souterraines ont été analysées par des qualitomètres. Elles confirment l'impact sur les eaux souterraines dans les secteurs situés à proximité des sites BASOL.

L'analyse des bases de données nationales met en évidence des enjeux principalement localisés au niveau des secteurs industriels du Sud de l'agglomération parisienne (Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Alfortville) ainsi que sur les anciens secteurs industriels de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux.

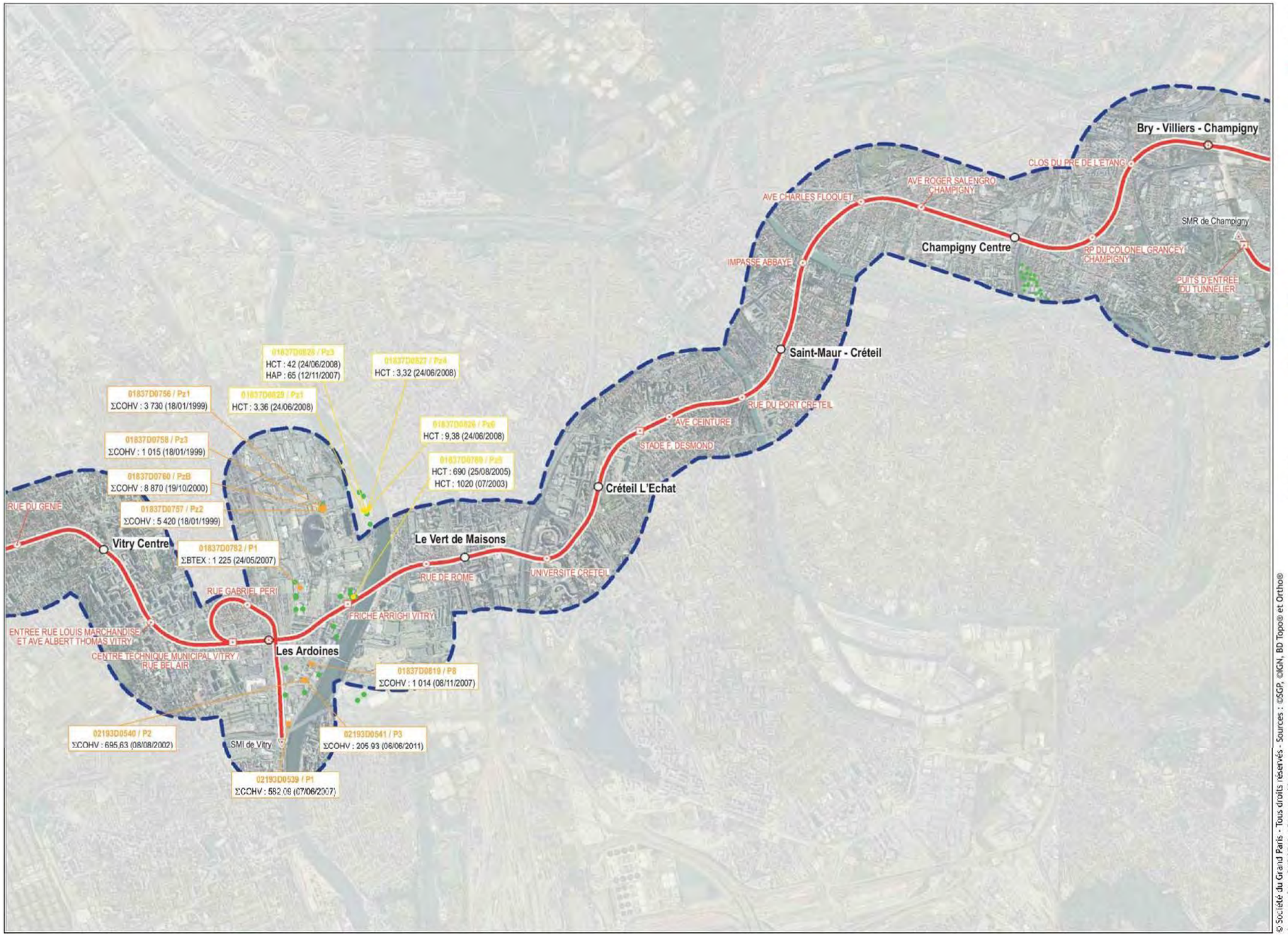
Enjeux relatifs à la présence de sites BASIAS et BASOL (sources : bases de données BASIAS et BASOL)



Enjeux relatifs à la qualité des eaux souterraines – Secteur Boulogne – Issy – Villejuif (source : base de données ADES)



Enjeux relatifs à la qualité des eaux souterraines – Secteur Villejuif – Champigny (source : base de données ADES)



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

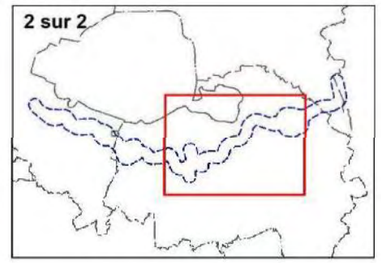
Qualitomètres ADES

- Pas de pollution significative
- Pollution en composés non volatils
- Pollution significative en composés volatils

Les résultats d'analyses pour les HCT sont en mg/L

Les résultats d'analyses pour les COHV, BTEX et HAP sont en µg/L

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho®
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014



0 400 800 1600 m

N O E S

b. Résultats issus de l'analyse des études historiques, documentaires et mémorielles

La synthèse des études réalisées au droit des secteurs d'aménagement des ouvrages de la Ligne 15 Sud et les enjeux associés sont présentés dans le tableau ci-après. L'analyse de ces enjeux s'attache à croiser les résultats issus des bases de données nationales avec ceux issus des études historiques, documentaires et mémorielles.

Les enjeux ont été hiérarchisés selon les critères présentés dans le paragraphe méthodologie.

Synthèse des études historiques, documentaires et mémorielles et enjeux associés (sources : Société du Grand Paris, BASIAS, BASOL, ADES)

Secteur d'aménagement	Enjeu lié à la qualité des sols	Enjeu lié à la qualité de la nappe
Secteurs d'aménagement des gares		
Pont-de-Sèvres	Enjeu modéré lié à la présence de remblais potentiellement pollués et des anciennes usines Renault à proximité	Enjeu fort lié à la présence de COHV en 2002 et 2007 (site industriel des anciennes usines Renault à proximité)
Issy RER	Enjeu fort lié aux anciennes activités des sites BASIAS et BASOL (2 anciennes stations-services, 1 ancienne blanchisserie) au droit du site, à la présence de pollution en hydrocarbures et BTEX (des travaux de traitement ont été réalisés)	Enjeu fort lié à la présence passée d'hydrocarbures flottant à proximité de la zone de gare jusqu'en 2010 ; un traitement a été effectué, les campagnes qui ont suivi ont révélé la faible présence de flottant
Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Enjeu fort lié à la présence avérée d'hydrocarbures dans les sols (ancienne entreprise de distribution de fioul – site BASIAS et BASOL)	Enjeu fort lié à la présence avérée d'hydrocarbures dans la nappe et d'une phase flottante au sud-ouest de l'emprise a minima jusqu'en 2010
Châtillon-Montrouge	Enjeu modéré lié aux anciennes activités des 2 sites BASIAS au droit du site	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable
Bagneux	Enjeu fort lié à la présence avérée d'une pollution par les hydrocarbures (ancienne station-service – site BASOL)	Enjeu fort lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence avérée d'une pollution par les hydrocarbures
Arcueil-Cachan	Enjeu faible lié à la présence d'un transformateur potentiel aux PCB et de remblais potentiellement pollués	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'un transformateur potentiel aux PCB
Villejuif IGR	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués	Pas d'enjeu, nappe vulnérable mais absence de source de pollution
Villejuif Louis Aragon	Enjeu modéré lié à la présence de cuves à fioul	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence de cuves potentiellement enterrées et d'un site BASIAS à moins de 100 m
Vitry Centre	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et à la présence éventuelle d'anciennes cuves	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence éventuelle d'anciennes cuves
Les Ardoines	Enjeu fort lié aux anciennes activités industrielles exercées au droit du site (dont 2 sites BASIAS)	Enjeu modéré lié à la présence d'une nappe vulnérable, au passif industriel du site (présence entre autres de cuves de carburant) et à la présence d'une pollution significative de la nappe à proximité
Le Vert de Maisons	Enjeu modéré lié à la présence éventuelle de cuves et d'un site BASIAS à enjeu fort sur la parcelle voisine	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence éventuelle de cuves et d'un site BASIAS à enjeu fort sur la parcelle voisine
Créteil l'Echât	Enjeu modéré lié à la présence de cuves à fioul enterrées	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence de cuves enterrées et de 4 sites BASIAS à moins de 100 m
Saint-Maur Créteil	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et à la présence éventuelle de cuves à fioul	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et la présence d'un site BASIAS à proximité
Champigny Centre	Enjeu modéré lié à la présence d'une ancienne station-service et d'un ancien atelier mécanique	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence de cuves enterrées
Bry Villiers Champigny	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués, de cuves de fioul pour le chauffage des pavillons et d'une décharge	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable
Noisy-Champs	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et à la présence d'une station de lavage	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la ressource (si présence d'une nappe perchée) et à la faible densité de sources potentielles de pollution
Secteurs d'aménagement des sites de maintenance		
SMR de Champigny	Enjeu modéré lié aux anciennes activités industrielles et aux activités actuelles	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et aux activités industrielles en cours et passées au droit du site (en particulier présence de cuves enterrées)
SMI de Vitry	Enjeu modéré lié aux installations de la station-service, de la station de lavage et aux installations de l'ancienne usine de fabrication de solvants et vernis	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, aux cuves enterrées de carburant et aux anciennes cuves de solvant et à la présence d'une pollution significative en COHV dans la nappe à proximité du site
Secteurs d'aménagement des ouvrages annexes et ouvrages spécifiques		
OA 2301P - Ile de Monsieur	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués Des travaux de dépollution ont été menés lors du réaménagement de l'île en 2002/2003	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'un site BASIAS (cuves enterrées, dépôt de charbon, garage) en bordure immédiate
OA 2203P - ZAC SAEM	Enjeu modéré lié à la présence de remblais potentiellement pollués et des anciennes activités des usines Renault (sites BASIAS et BASOL), impacts en HCT, HAP, solvants et métaux (investigations ANTEA réalisées en 2004) Des travaux de dépollution ont été menés en 2006/2008 dans la partie nord du site d'étude (zone réaménagée en logements et bureaux)	Enjeu faible, la nappe est vulnérable mais des investigations réalisées dans les piézomètres implantés au droit du site mettent en évidence l'absence de pollution significative (ADES)
OA 2002P - Square Malleret Joinville	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués	Pas d'enjeu, nappe vulnérable mais absence de source de pollution
OA 1902P - Cimetière Parisien	Enjeu modéré lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une cuve de carburant	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable
OA 1901P - Pierre Plate	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués, d'anciennes zones de stationnement et d'un transformateur	Pas d'enjeu, nappe vulnérable mais absence de source de pollution

Secteur d'aménagement	Enjeu lié à la qualité des sols	Enjeu lié à la qualité de la nappe
OA 1801P - Parc Robespierre	Enjeu modéré lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'anciennes activités industrielles	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable
OA 1702P - Square du Gral de Gaulle	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une ancienne cuve à fioul aérienne	Enjeu fort lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'un site BASOL à 150m à l'origine d'une pollution significative aux COHV
OA 1701P - Jardin Panoramique	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'anciens stockages extérieurs	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable
OA 1601P - Rue Jules Joffrin	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une ancienne cuve à fioul	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'une ancienne cuve aérienne
OA 1501P - Rue du Génie	Enjeu modéré lié aux anciennes activités/installations du site BASIAS et à la présence de remblais potentiellement pollués	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence de cuves aériennes de solvant et de 2 sites BASIAS (dont 1 station-service) à moins de 100 m
OA 1402P - Rue Louis Marchandise	Enjeu modéré lié à la présence de remblais potentiellement pollués et aux anciens ateliers avec présence potentielle de cuves de carburant	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, la présence potentielle d'anciennes cuves à carburant et la présence sur le site voisin d'une ancienne blanchisserie
OA 1401P - Centre technique municipal/rue Bel Air	Enjeu fort lié aux activités et installations du centre technique municipal, à l'ancien garage et à l'imprimerie situés en bordure immédiate	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, aux cuves enterrées au droit du site et à la présence en bordure immédiate de 2 sites industriels
OA 1404S - Rue Gabriel Péri	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence potentielle d'une ancienne cuve à fioul
OA 1302P - Friche Arrighi	Enjeu modéré lié à la présence de remblais impactés par les métaux, les COHV et les hydrocarbures	Enjeu modéré, nappe vulnérable, présence de 2 site BASIAS à moins de 100 m et d'1 site BASOL à moins de 300 m et pollution significative en HCT mise en évidence dans 1 piézomètre sur site voisin (ADES)
OA 1301P - Rue de Rome	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués	Pas d'enjeu, nappe vulnérable mais absence de source de pollution
OA 1201P - Université de Créteil	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués, d'anciens transformateurs, du stockage de produits chimiques, du stockage de déchets radioactifs	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence de stockages
OA 1103P - Stade F.Desmont	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués, la présence d'anciennes cuves enterrées et de stockages extérieurs	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'anciennes cuves enterrées
OA 1102P - Ave de Ceinture	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et la présence potentielle d'une cuve de fioul	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence potentielle d'une cuve et à la présence d'un site BASIAS à moins de 100 m
OA 1101P - Rue du Port	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués, d'une ancienne cuve de fioul enterrée et d'un transformateur	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'une ancienne cuve enterrée

Secteur d'aménagement	Enjeu lié à la qualité des sols	Enjeu lié à la qualité de la nappe
OA 1003P - Impasse de l'Abbaye	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une cuve de fioul	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'une cuve aérienne
OA 0811S - Ave Thorez	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une casse automobile en activité	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à l'activité de carrosserie
OA 0902P – RP du Colonel Grancey	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués	Pas d'enjeu, nappe vulnérable mais absence de source de pollution
OA 0901P - Clos du Pré de l'étang	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une chaufferie avec potentielle cuve de fioul	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et la présence potentielle d'une cuve au droit du site
OA 0808P - Ave Henri Dunant	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'une chaufferie avec cuve de fioul	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence d'une cuve aérienne au droit du site
OA 0807P - Sentier des Marins	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués, de transformateurs et de dépôts de déchets extérieurs	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence de dépôts de déchets extérieurs
OA 0806P - Rue Mozart	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollué et d'une chaufferie	Enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe (si présence d'une nappe dans les marnes de Pantin et d'Argenteuil) et la présence d'un site BASIAS à moins de 100 m
OA 0805P - Av Médéric	Enjeu modéré lié à la présence d'une ancienne cuve à fioul et de cuves enterrées en bordure immédiate (site BASIAS)	Enjeu modéré si présence d'une nappe perchée, liée à la vulnérabilité de cette nappe et à la présence de cuves au droit du site et en bordure immédiate
OA 0804P - Place des Yvris	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'anciens stockages potentiels	Pas d'enjeu, la nappe n'est pas vulnérable
OA 0803P - Rue du Ballon	Enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués	Pas d'enjeu, absence de source de pollution
Raccordement au SMI de Vitry	Enjeu fort lié aux anciennes activités industrielles exercées au droit du site (dont 5 sites BASIAS)	Enjeu modéré lié à la présence d'une nappe vulnérable, au passif industriel du site (présence entre autres de plusieurs cuves enterrées) et à la présence de 2 sites BASIAS à moins de 100 m

c. Résultats issus de l'analyse des diagnostics de pollution du milieu souterrain

La synthèse des résultats issus des diagnostics de pollution est présentée sous forme de fiche établies sur les secteurs d'aménagement des gares et les sites de maintenance ayant fait l'objet d'investigations à ce stade du projet, ces ouvrages présentant le plus d'enjeu en terme de pollution du milieu souterrain (volume de déblais plus important, accueille d'usagers et de travailleurs).

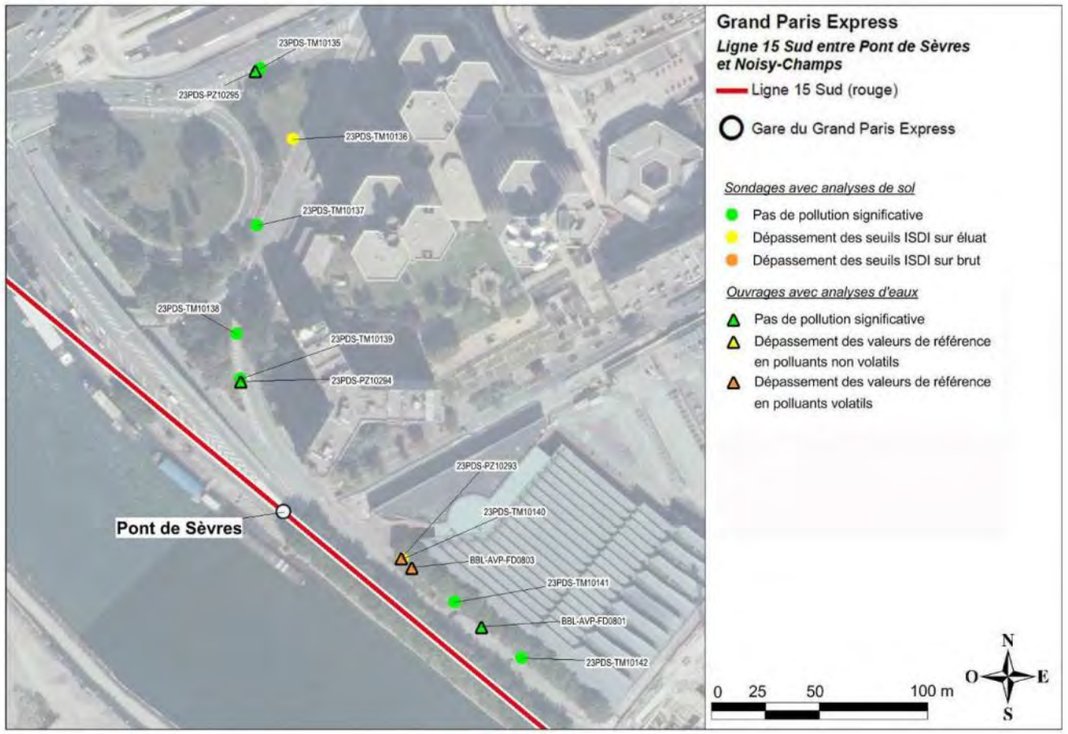
Les investigations réalisées au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes localisés dans des seceteurs sensibles sont également présentés.

Il est à souligner que des investigations complémentaires sont en cours de réalisation, en lien notamment avec l'évolution de la maîtrise des accès au foncier.

L'analyse des enjeux relatifs à ces résultats s'attache à prendre en compte à la fois les résultats des analyses réalisées sur les échantillons de sols prélevés et également à reprendre les conclusions issues de l'analyse des études historiques, documentaires et mémorielles.

Secteur d'aménagement de la gare de Pont de Sèvres	
Diagnostic de pollution	
Investigations	7 sondages à 4,5m, 7 sondages géotechniques carottés à 50 m analysés 62 échantillons analysés (48 packs déblais et 15 packs pollution) Pose et prévèment de 5 piézomètres,dont 2 à usage géotechnique (5 packs rejet)
Résultats des investigations	Sols : dépassements sur brut en HC C10-C40 en SCO229 (4,65-9m) avec 700 mg/kg ; en PCB en SC0229 (4,65-15,15m) avec des concentrations décroissantes avec la profondeur et comprises entre 3,1 à 71 mg/kg -8 dépassements sur éluat : en fraction soluble et sulfates avec des concentrations maximales de 24000 mg/kg et 14000 mg/kg, en sélenium avec 0,26 mg/kg, en chrome et nickel avec des concentrations maximales respectives de 0,89 mg/kg et de 0,55 mg/kg Eaux : présence de COHV en concentrations supérieures aux seuils de l'OMS dans 2 des ouvrages à 3300 et 1000 µg/L – 5 dépassements des valeurs de référence en fer – 1 dépassement des valeurs de référence en sulfates
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence ponctuelle d'hydrocarbures C12-C40 et en PCB et en fraction soluble, sulfates, sélenium, chrome et nickel
Qualité de la nappe	Enjeu modéré lié à la présence de COHV en concentrations surpérieures aux valeurs de référence. Compte-tenu de la présence de polluants une attention particulière est donc portée à ce stecteur.

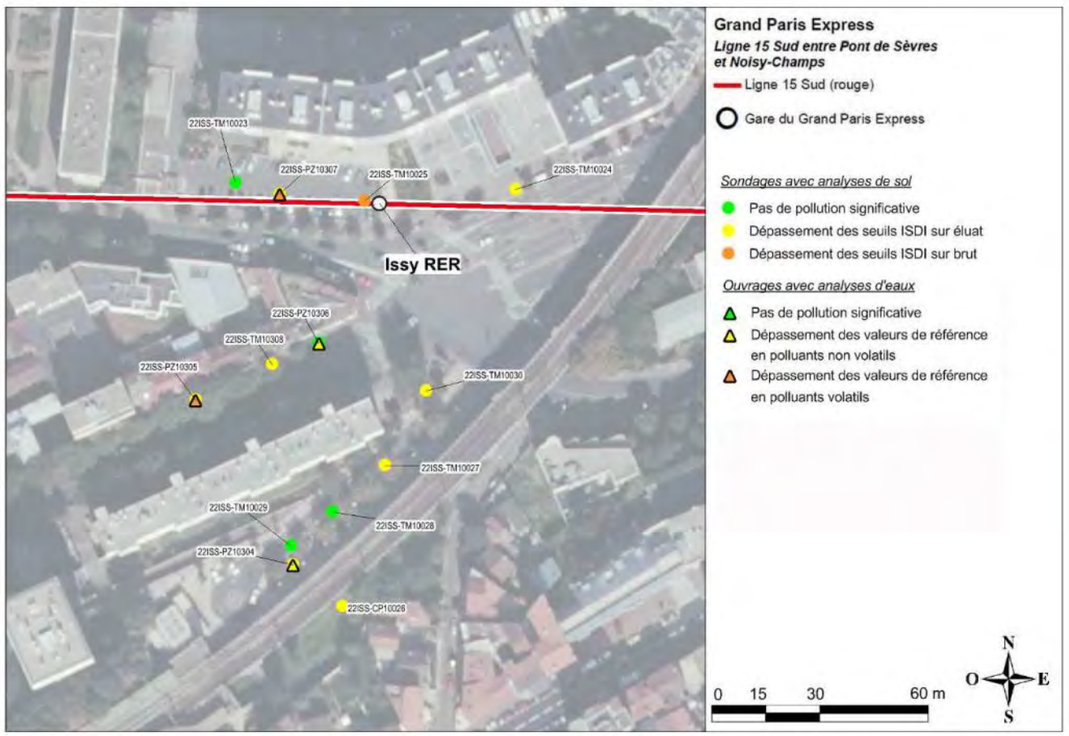
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)

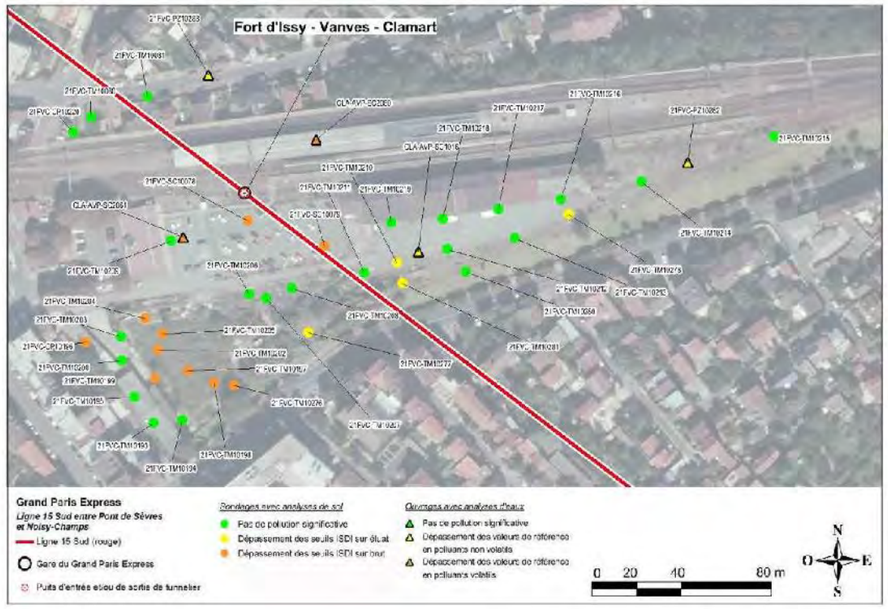
Secteur d'aménagement de la gare Issy RER	
Diagnostic de pollution	
Investigations	8 sondages entre 2 et 10m, 3 sondages géotechniques carottés à 50 m analysés 14 échantillons analysés (46 packs déblais et 3 packs pollution) Pose et prévèment de 4 piézomètres (4 packs rejet)
Résultats des investigations	Sols : dépassements sur brut en HC C10-C40 en TM10025 (0-1,2m) avec 2785 mg/kg limité latéralement vers l'est et vers l'ouest par les sondages TM10023 et TM10024 - 13 dépassements sur éluat : en fraction soluble et sulfates avec au maximum 20000 mg/kg et 14000 mg/kg, en antimoine avec un maximum de 0,58 mg/kg, en molybdène avec 0,44 mg/kg, en sélenium avec 0,3 mg/kg, en fluorures avec un maximum de 80 mg/kg, en chrome avec 9,2 mg/kg Eaux : présence de COHV en concentrations supérieures aux seuils de l'OMS dans 2 des ouvrages à 229 et 18 µg/L – 4 dépassements des valeurs de référence en fer, fluorures, chlorures et sulfates – 1 dépassement des valeurs de référence en phosphore – 1 dépassement des valeurs de référence en nitrites
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence ponctuelle d'hydrocarbures C16-C40 et de pollution en hydrocarbures et BTEX à proximité
Qualité de la nappe	Enjeu modéré lié à la présence de COHV en concentrations surpérieures aux valeurs de référence et à la présence passée d'hydrocarbures (flottant à proximité de la zone de gare jusqu'en 2010 - un traitement a été effectué, les campagnes qui ont suivi ont révélé la faible présence de flottant).

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER (source : Société du Grand Paris)

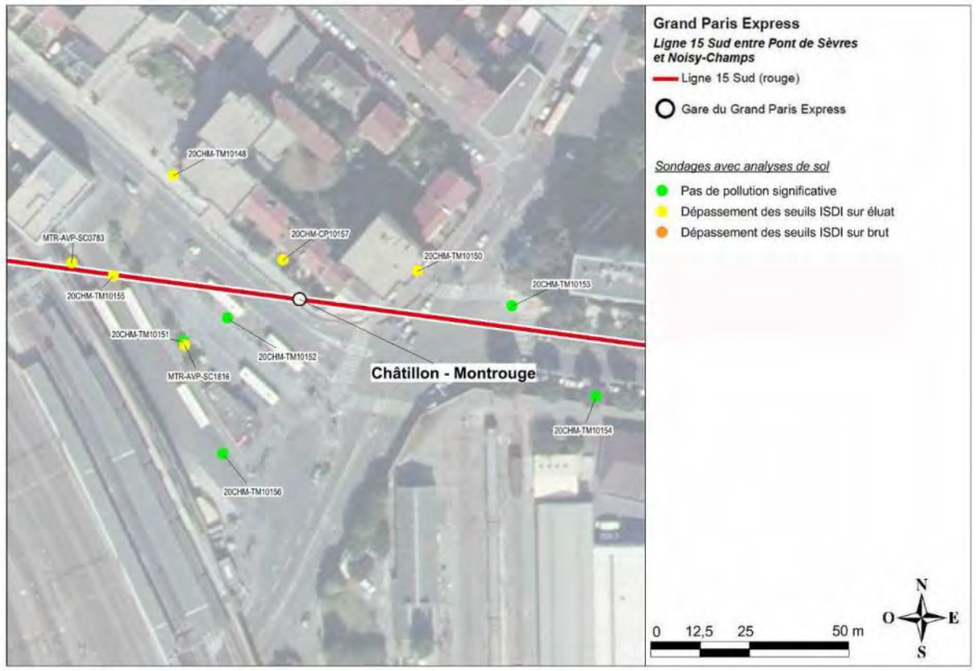
Secteur d'aménagement de la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart	
Diagnostic de pollution	
Investigations	30 sondages entre 1,4 et 10m et 2 à 31m, 4 sondages carottés à 50m analysés 97 échantillons analysés (60 packs déblais et 37 packs pollution) Pose de 3 piézomètres et réalisation de 6 prélèvements d'eaux (packs rejet)
Résultats des investigations	Sols : 13 dépassements en HC C10-C40 avec des concentrations comprises entre 690 à 8000 mg/kg, ces hydrocarbures sont retrouvées au droit du site POPHIN à diverses profondeurs comprises entre la surface et 8 m de profondeur mais également dans le faciès du Calcaire grossier sur le parking au centre du site - 2 dépassements en TM10204 (0-1m) et CP10196 (0,2-1,2m) avec des concentrations comprises entre 690 à 8000 mg/kg - 6 dépassements sur éluats: en fraction soluble et sulfates avec un maximum de 23000 mg/kg (FS) et 15000 mg/kg (sulfates) jusqu'à une profondeur de 6,8m, en fluorures lixiviables entre 21 et 31m avec un maximum de 35 mg/kg, en antimoine et sélénium lixiviables jusqu'à 2m avec 0,061 mg/kg pour un seuil de 0,06 mg/kg (Sb) et 0,42 mg/kg pour un seuil à 0,1 mg/kg - absence d'anomalie entre 7 et 14m Eaux : présence de BTEX avec une concentration en benzène supérieure au seuil de l'OMS dans 2 des ouvrages avec 2 µg/L - présence d'hydrocarbures dans 2 ouvrages également – présence de HAP essentiellement dans 2 des ouvrages, avec 9µg/L de naphtalène dans l'un d'entre eux - 4 dépassements des valeurs de référence en sulfates, métalloïdes et MES - 5 dépassements des valeurs de référence en carbone dissous – 3 dépassements des valeurs de référence en azote – 1 dépassement des valeurs de référence en phosphore, DCO et DBO5
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures, de fraction soluble, de sulfates, de fluorures et d'antimoine sur des profondeurs variables selon les composés
Qualité de la nappe	Enjeu fort lié à la présence de phase flottante d'hydrocarbures au sud-ouest de l'emprise



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart (source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare de Châtillon-Montrouge	
Diagnostic de pollution	
Investigations	9 sondages entre 2 et 5m, 5 sondages carottés à 50m analysés 70 échantillons analysés (packs déblais uniquement)
Résultats des investigations	Sols : 7 dépassements sur éluat en fraction soluble et sulfatesessentiellement sur le premier 1,5 m de sols puis au-delà de 27m - 16 dépassements sur éluat en fluorures, cadmium, le nickel et/ou le sélénium avec à partir de 20m
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu faible lié à la présence de fractions solubles et sulfates sur éluat dans les sols de surface
Qualité de la nappe	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Châtillon-Montrouge (source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare de Bagneux	
Diagnostic de pollution	
Investigations	9 sondages entre 2m et 13m, 2 sondages à 45m, 6 sondages géotechniques à 50m 141 échantillons analysés (100 packs déblais et 4 packs pollution) 2 prélèvements d'eau dans ouvrages existants (1 pack rejet et 1 pack pollution)
Résultats des investigations	Sols : 2 dépassements en HC C10-C40 sur SC10068 (9-9,5m) et SC0188 (11,1-24,6m) avec des concentrations comprises entre 1900 et 6300 mg/kg – 1 dépassement en HAP sur SC0188 (18,6-23,1m) avec 67 mg/kg – 17 dépassements en fluorures, molybdène et sélénium sur éluat à partir de 23m (plus ponctuellement vers 11m, en SC0188) – 5 dépassements en fraction soluble et sulfates sur éluat à partir de 28m - 2 dépassements en mercure sur éluat avec au maximum 0,03 mg/kg en SC0192 (6,6-10,2m) et en SC0777 (5,4-9,9m) Eaux : traces de COHV - 1 anomalie en MES
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures, de HAP, de fluorures, de molybdène et de sélénium dans les sols profonds
Qualité de la nappe	Enjeu fort dans la nappe de l'Eocène lié à la présence de flottant en aval des ouvrages prélevés

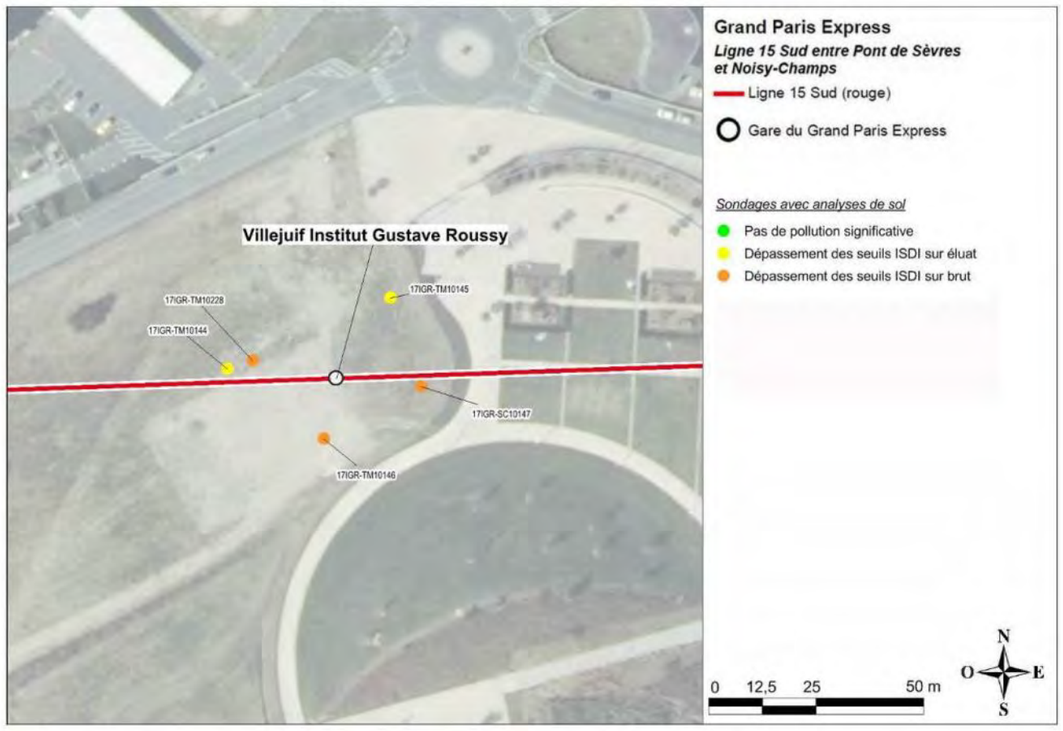
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Bagneux
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare Villejuif IGR	
Diagnostic de pollution	
Investigations	4 sondages entre 0 et 17,5 m de profondeur, 3 sondages carottés à 53m analysés 51 échantillons analysés (42 packs « déblais » et 9 packs « pollution »)
Résultats des investigations	Sols : 3 dépassements en hydrocarbures dont un associé à un dépassement en HAP dans les sables noirs entre 10,5 et 15 m de profondeur et en SC10147 (1,7-2,8m) dans des remblais foncés – 20 dépassements sur éluat en fluorures, parfois associés à des dépassements en antimmoine, molybdène ou sélénium, voire chlorures à différentes profondeurs – 10 dépassements en fraction soluble et sulfates à différentes profondeurs. Globalement les sols semblent être constitués de remblais pouvant présenter des indices organoleptiques de pollution sur 10m d'épaisseur
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures dans les sols en surface et entre 10 et 15 m de profondeur, des indices organoleptiques de pollution dans les remblais présent jusqu'à environ 10 m de profondeur et de dépassements sur éluat
Qualité de la nappe	Pas d'enjeu, nappe vulnérable mais absence de source de pollution

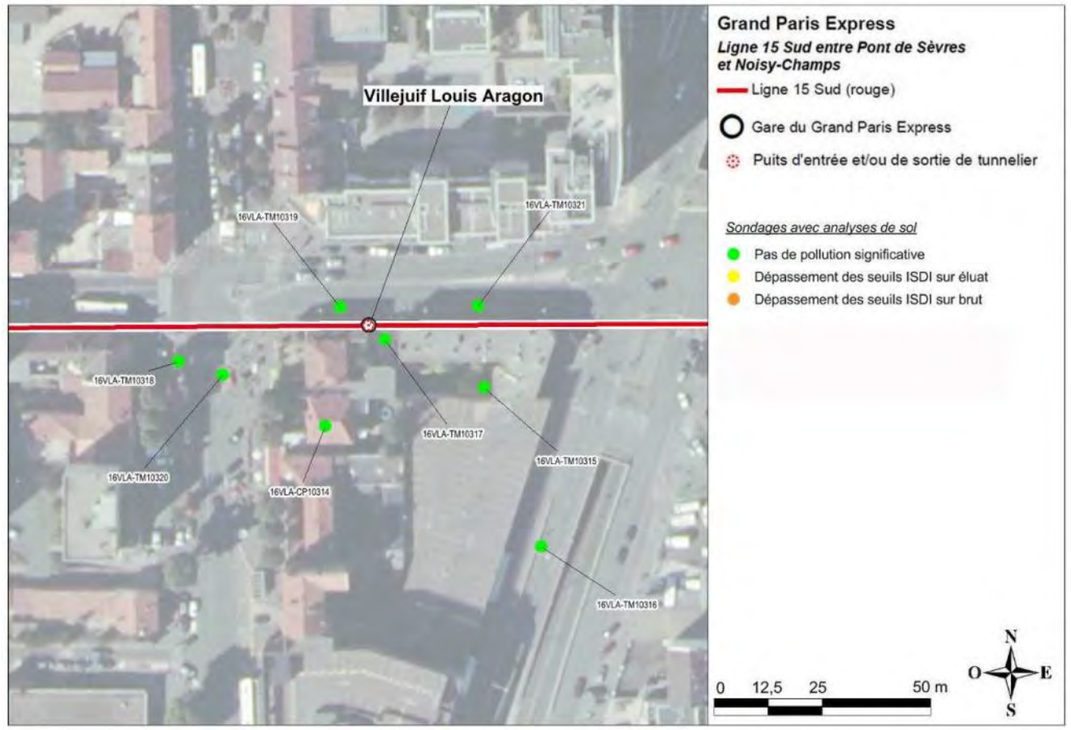
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Villejuif IGR
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Louis Aragon	
Diagnostic de pollution	
Investigations	8 sondages entre 2 et 6 m de profondeur, 2 sondages carottés à 50m 29 échantillons analysés (27 packs « déblais » et 2 packs « pollution »)
Résultats des investigations	Sols : 11 dépassements en fluorures, sulfates, fraction soluble et sélénium à partir de 12 m de profondeur
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu faible lié à la présence de fluorures, fraction solubles, sulfates et sélenium dans les sols dans les Argiles vertes à partir de 12m
Qualité de la nappe	Enjeu modéré lié à la présence de cuves potentiellement enterrées,site BASIAS à moins de 100m

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Louis Aragon
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare de Vitry Centre	
Diagnostic de pollution	
Investigations	5 sondages entre 0 et 2 m de profondeur, 3 sondages carottés à 50m 31 échantillons analysés (packs « déblais » uniquement) 3 prélèvements d'eau dans les piézomètres géotechniques (3packs rejet)
Résultats des investigations	Sols : présence de traces d'hydrocarbures en teneurs inférieures au seuil d'acceptation en installations de stockage pour déchets inertes – 5 dépassements sur éluat en fluorures, parfois associés à des dépassements en molybdène ou sélénium dans le Calcaire de Saint-Ouen à partir de 7,7m – 4 dépassements en fraction soluble et sulfates à partir de 20 m de profondeur environ, et un dépassement en surface en SC0153 (1,7-3,6m) Eaux : 1 dépassement des seuils de potatibilité en arsenic – présence de sulfates et fluorures
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu faible lié à la présence de fraction soluble et sulfates dans les sols profonds
Qualité de la nappe	Enjeu faible lié à la présence d'un dépassement en arsenic et à la présence de sulfates

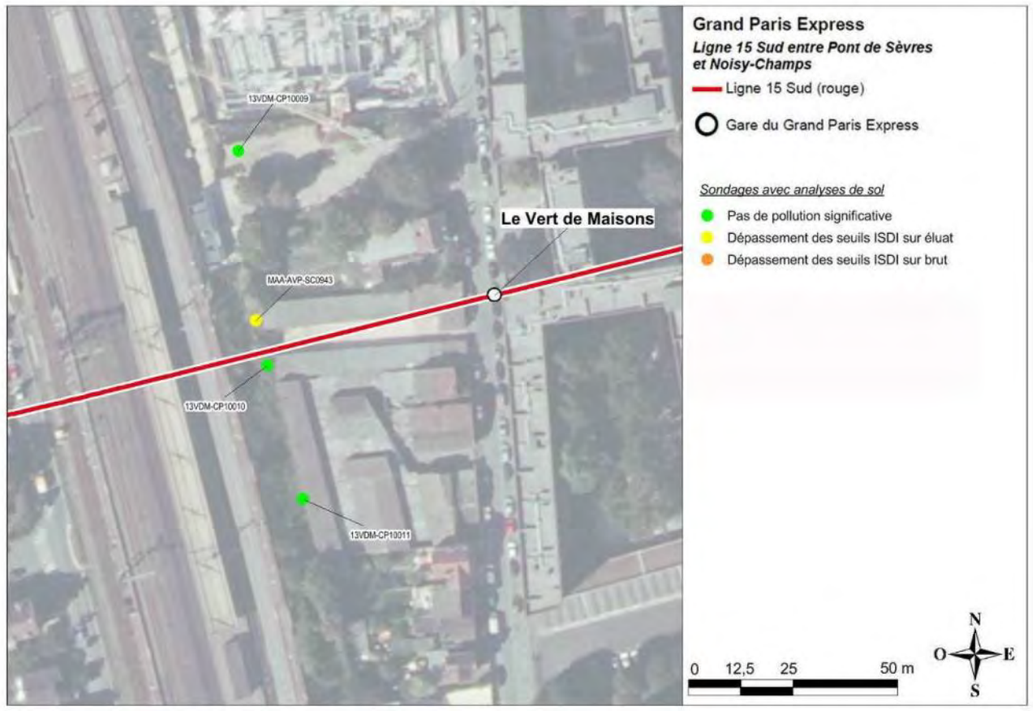
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare Vitry Centre
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare Le Vert de Maisons	
Diagnostic de pollution	
Investigations	3 sondages entre 3 et 3,6 m de profondeur, 6 sondages carottés à 50m 46 échantillons analysés (42 pack « déblais » et 4 packs « pollution »)
Résultats des investigations	Sols : présence de traces d'hydrocarbures, de HAP et de COHV en teneurs inférieures au seuil d'acceptation en installations de stockage pour déchets inertes – 32 dépassements sur éluat en fluorures, parfois associés à des dépassements en molybdène ou sélénium dans le Calcaire de Saint-Ouen à partir de 7,7m – 2 dépassements ponctuels en sélenium et/ou molybdène en profondeur également
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu faible lié à la présence de fluorures dans les sols dans le Calcaire de Saint-Ouen à partir de 7,7m
Qualité de la nappe	Enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence éventuelle de cuves et à la présence d'un site BASIAS à enjeu fort sur la parcelle voisine

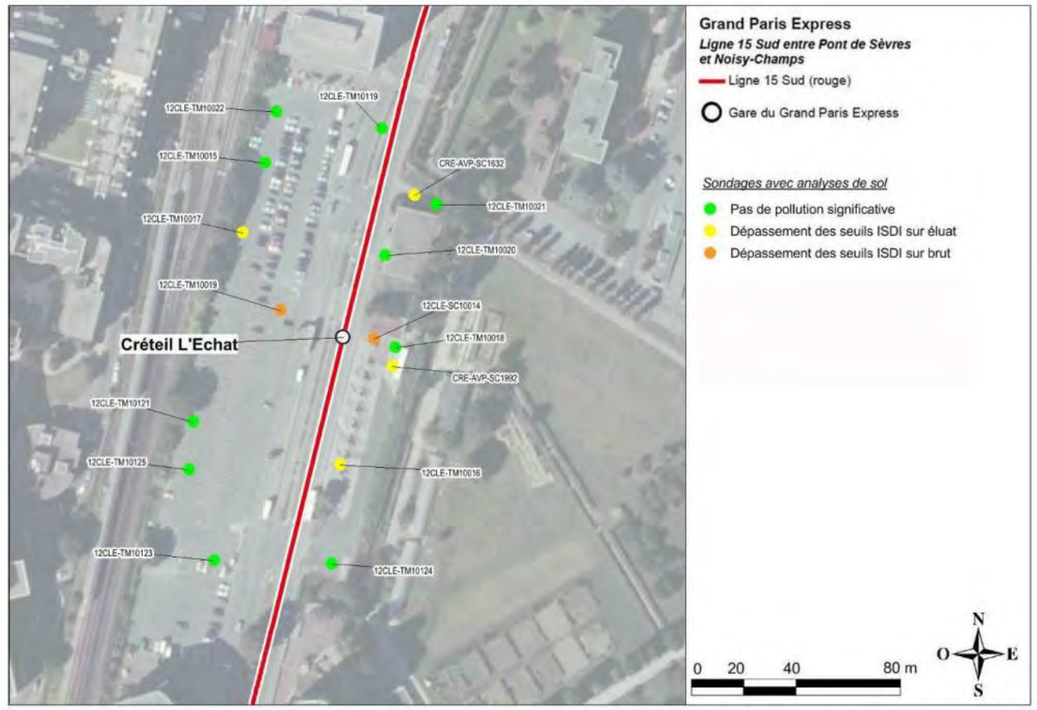
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare Le Vert de Maisons
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare Créteil L'Echât	
Diagnostic de pollution	
Investigations	3 sondages à 2 m, 5 sondages à 6 m, 1 sondage à 32 m 87 échantillons analysés (71 packs déblais et 16 packs pollution) 1 prélèvement d'eau analysé (pack rejet) (piézomètre géotechnique)
Résultats des investigations	Sols : 4 dépassements en HC, 3 entre 4 et 8m au centre de la zone avec un maximum de 2600mg/kg et en SC1 (11,5-12) avec 620 mg/kg - 7 dépassements sur éluat en molybdène en SC1 (8,5-9,5) puis en SC1 15 et 30m, parfois plus ; 8 dépassements en antimoine entre 4 et 10 m - 17 dépassements en fraction soluble et sulfates dans les remblais entre 2et 5m et entre 6 et 18m - 12 dépassements en fluorures entre 1,3-3m ou 4-10m puis entre 24 et 38m Eaux : présence de HAP à 0,47 µg/L
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures, de fraction soluble et sulfates, d'antimoine, de molybdène et de fluorures dans les sols y compris profonds
Qualité de la nappe	Enjeu faible lié à la présence de HAP en faible concentration dans les eaux

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Créteil L'Echât
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare Champigny Centre	
Diagnostic de pollution	
Investigations	35 sondages entre 2 et 7m, 2 sondage à 25m, 5 sondages carottés à 50m analysés 107 échantillons analysés (91 packs déblais et 16 packs pollution) Pose et prélèvement de 4 piézomètres (3 packs pollution, 1 pack rejet)
Résultats des investigations	Sols : des dépassements en 2012 en HC en TM10031 (2-2,8), en TM10035 (1,3-2,3), en TM10039 (1-4) et en 2014 en TM10051 (3-4), TM10162 (6-7) et TM10053 (5-6) avec des teneurs comprises entre 710 et 6 800 mg/kg ; - des dépassements en BTEX en TM10055 (4,5-5,5), TM10162 (6-7), avec une concentration de 7,8 mg/kg et en SC10040(4,9-7) avec des teneurs comprises entre 7,8 et 54,63 mg/kg pour un seuil ISDI à 6 mg/kg - 10 dépassements sur éluat en en fractions solubles,sulfates, antimoine, chlorures ou zinc, essentiellement dans les remblais présents jusqu'à 3m et dans les Fausses glaises à partir de 16m Eaux : la présence d'hydrocarbures, de BTEX et de tétrachloréthylène
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures, de BTEX, de fraction soluble et sulfates, d'antimoine, de molybdène et de fluorures dans les sols de subsurface
Qualité de la nappe	Enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures, de BTEX et de COHV dans les eaux

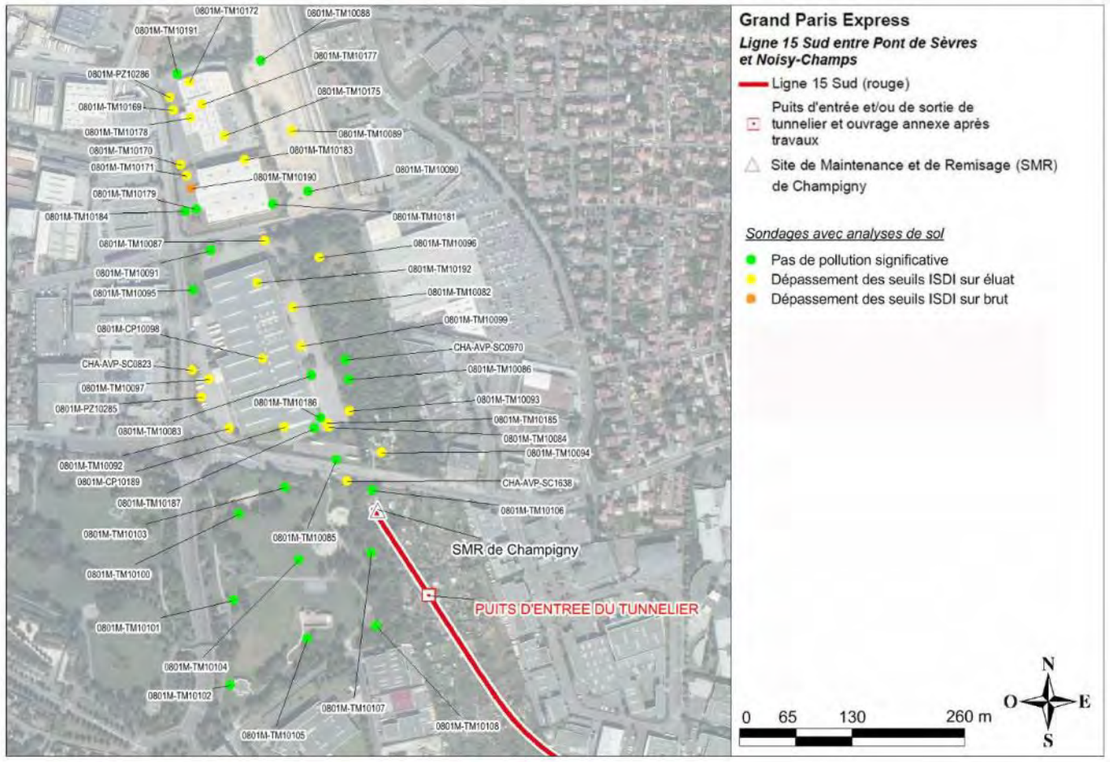
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants

Secteur d'aménagement du SMR de Champigny	
Diagnostic de pollution	
Investigations	45 sondages entre 2 et 8 m de profondeur, 4 sondages carottés à 50 m 42 échantillons analysés (75 packs déblais et 12 packs pollution) Pose de 2 piézomètres et prélèvement de 4 échantillons d'eau (4 packs rejet)
Résultats des investigations	Sols : 1 dépassement en hydrocarbures, HAP et PCB en TM10190 (1-1,8) avec respectivement 900 mg/kg, 240 mg/kg et 11 mg/kg pour des seuils de 500 mg/kg, 50 mg/kg et 1 mg/kg - 30 dépassements sur éluat en fraction soluble et sulfates à différentes profondeurs - 24 dépassements sur éluat détectés en fluorures, molybdène ou sélénium à différentes profondeurs Eaux : dépassements des seuils de potabilité en métaux et sulfates
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu faible lié à la présence d'un dépassement ponctuel en hydrocarbures, HAP et PCB et de dépassements sur éluat en fraction soluble et sulfates, et en fluorures dans les sols de surface et subsurface
Qualité de la nappe	Enjeu faible lié à la présence de métaux et sulfates dans les eaux souterraines

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre
(source : Société du Grand Paris)



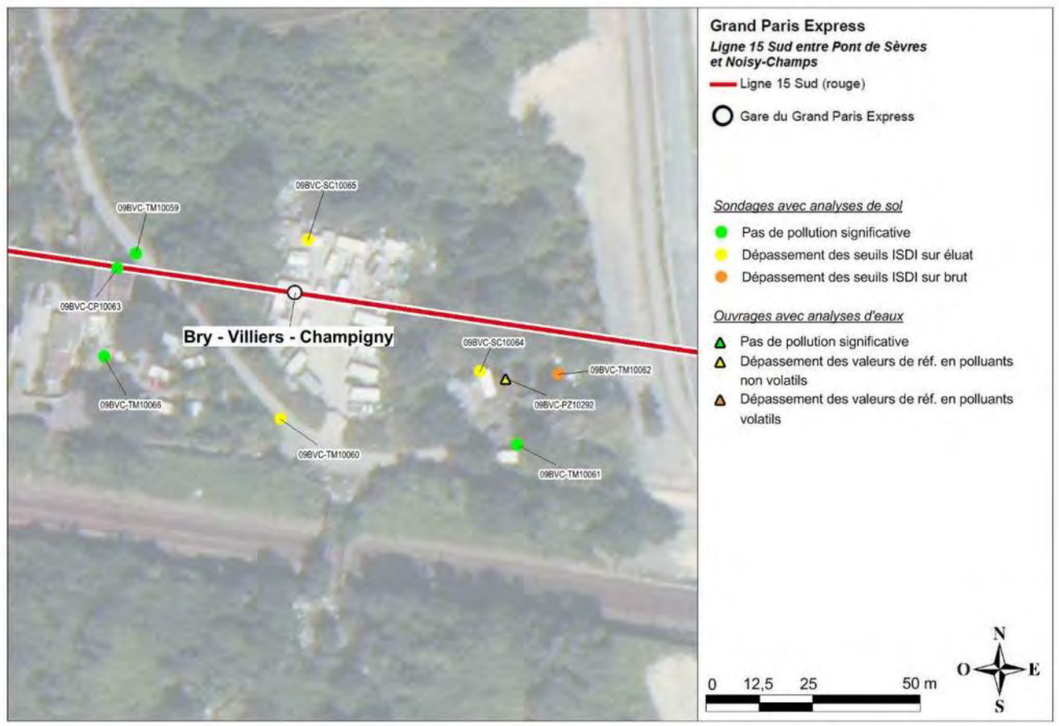
Investigations réalisées sur le secteur du SMR de Champigny
(source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de la gare de Bry Villiers Champigny	
Diagnostic de pollution	
Investigations	6 sondages entre 2 et 6m, 2 sondages à 25m, 2 sondages carottés à 50m analysés 23 échantillons analysés (31 packs déblais, 2 packs pollution) Pose et prélèvement de 2 piézomètres (2 packs rejet)
Résultats des investigations	Sols : 1 dépassement en PCB sur brut en TM10062 (0-0,8) avec 2,1 mg/kg pour un seuil à 1 mg/kg 1 dépassement sur éluat, sulfates et fraction soluble en en SC0098 (6,8-11,3); 2 en molybdène entre 11 et 20 m SC10065 (12-20) avec un maximum de 1,5 mg/kg et 5 en fluorures à différentes profondeurs Eaux : 1 dépassement en sulfates
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence de dépassements en PCB, en HC et HAP et sur éluat en fraction soluble et sulfates, en fluorures dans les sols de surface et en profondeur et en antimoine
Qualité de la nappe	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable

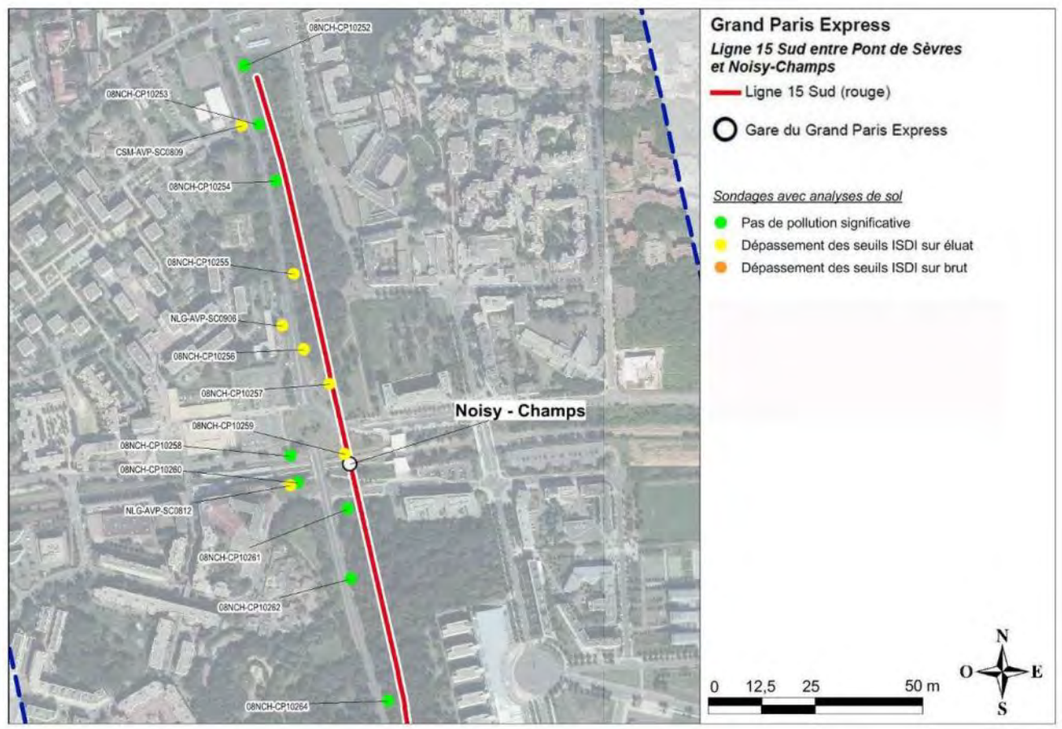
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants

Secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs	
Diagnostic de pollution	
Investigations	13 sondages entre 1 et 5m, 4 sondages carottés à 50m analysés 23 échantillons analysés (39 packs déblais, 8 packs pollution)
Résultats des investigations	Sols : des dépassements sur éluat : 24 en fluorures dans les Marnes d'Argenteuil à partir de 3 m de profondeur et plus poctuellement en surface
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu faible lié à la présence de dépassements en fluorures Marnes d'Argenteuil et plus poctuellement en surface
Qualité de la nappe	Enjeu faible, si présence d'une nappe perchée ; pas d'enjeu en l'absence de celle-ci (nappe de l'Eocène non vulnérable)

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Bry-Villiers-Champigny (source : Société du Grand Paris)



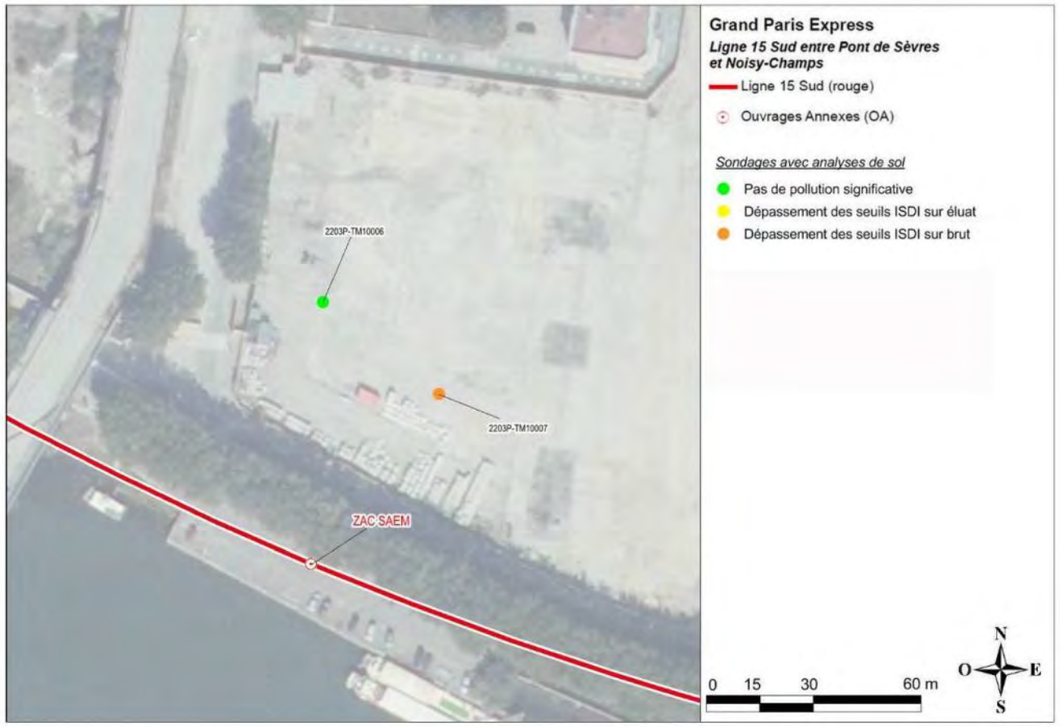
Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs (source : Société du Grand Paris)

Secteur d'aménagement de l'OA 2203P – ZAC SAEM	
Diagnostic de pollution	
Investigations	2 sondages à 5,5m 4 échantillons analysés (3 packs déblais et 1 pack pollution)
Résultats des investigations	Sols : 1 dépassement sur brut en HAP au droit du sondage TM10007 (0-1m) avec 62 mg/kg - 1 dépassement sur éluat en fraction soluble et sulfates avec 13000 mg/kg et 7400 mg/kg et en antimoine avec 0,07 mg/kg dans le même échantillon
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence de HAP, fraction soluble, sulfates et antimoine
Qualité de la nappe	Enjeu faible la nappe est vulnérable même si les investigations ADES ne révèlent pas de dépassements des seuils

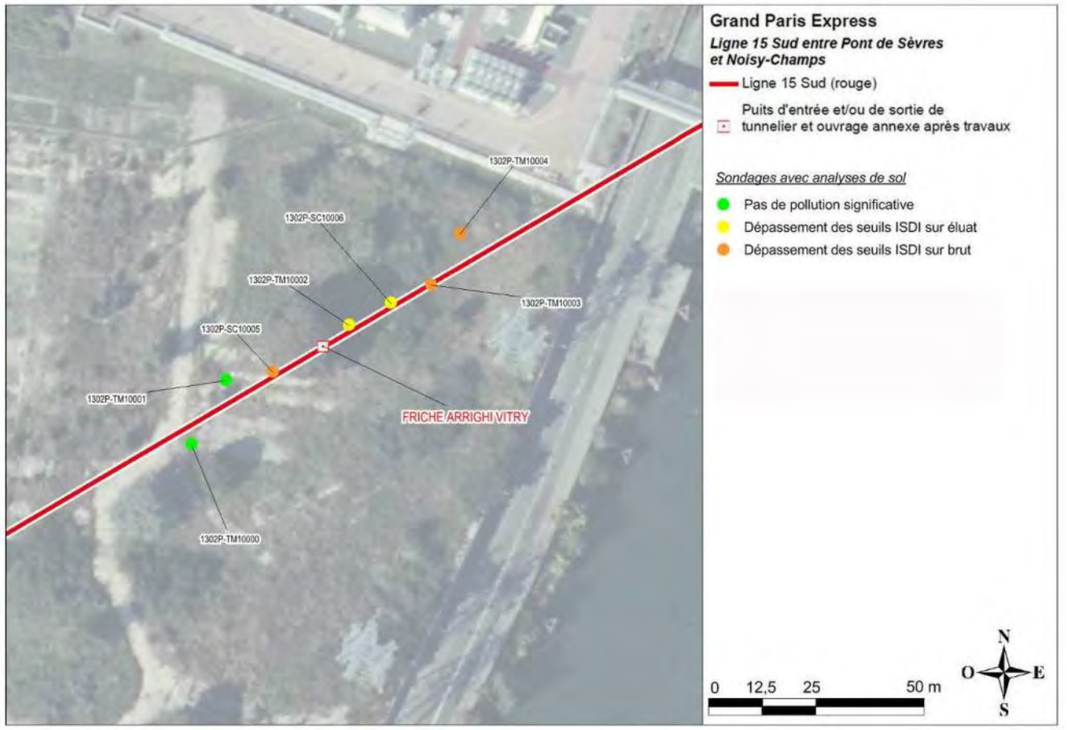
Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants

Secteur d'aménagement de l'OA 1302P - Friche Arrighi	
Diagnostic de pollution	
Investigations	5 sondage entre 1m et 6m,2 sondages à 45m, 2 sondages carottés à 50 m 41 échantillons analysés (31 packs déblais et 10 packs pollution) 2 prélèvements d'eau analysés (pack rejet)
Résultats des investigations	Sols : dépassements en HC et HAP en TM10003 (1,5-3), et en HAP en TM10003 (5-6), TM10004 (0-1), SC10005 (4-5,5) et en SC0846 (6-7,3) – 24 dépassements sur éluat en fractions solubles et sulfates à diférentes profondeurs – 18 dépassements sur éluat en molybdène et sélénium à diférentes profondeurs - dépassements sur éluat en fluorures en SC10006 à partir de 16 m, en SC10005 à partir de 12,6 m, en SC0846 à partir de 12,5m et en SC0848 à partir de 28,7 m Eaux : aucune anomalie détectée – traces d'hydrocarbures et de COHV mesurées toutefois
Conclusion	
Qualité des sols	Enjeu modéré lié à la présence de dépassements en hydrocarbures, HAP, fractions solubles et sulfates et fluorures dans les sols y compris profonds
Qualité de la nappe	Enjeu faible, lié à la présence de dépassements selon la base de données ADES au nord de la zone d'étude

Les valeurs indiquées entre parenthèses derrière l'identification des sondages correspondent à l'intervalle de profondeur, en mètres, dans lequel ont été identifiés les polluants



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la ZAC SAEM
(source : Société du Grand Paris)



Investigations réalisées sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi
(source : Société du Grand Paris)

2.9.4 Synthèse des enjeux liés à la gestion des terres et des milieux pollués

Le projet de construction de la Ligne 15 Sud est un projet de construction de métro souterrain. Par conséquent, la gestion des déblais représente un enjeu significatif, qui peut être caractérisé en fonction des volumes de déblais mobilisés et des modes de transport disponibles pour leur évacuation.

L'analyse des enjeux relatifs à la pollution du milieu souterrain s'appuie sur les informations issues des bases de données nationales (BASIAS, BASOL, ADES) ainsi que sur les études de pollution des sols engagées par la Société du Grand Paris. Des investigations complémentaires sont actuellement en cours de réalisation.

Les enjeux sont principalement localisés au droit des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents et réalisés à partir de la surface dans la mesure où les pollutions du milieu souterrain sont liées à des activités de surface et concentrant l'essentiel des pollutions sur les premiers mètres de sols.

Hiérarchisation des enjeux liés à la gestion des terres et milieux pollués

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER
	Présence de nombreux sites BASIAS et BASOL et pollution avérée du milieu souterrain au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne
	Présence avérée de pollution dans le secteur d'aménagement des gares de Pont-de-Sèvres et d'Issy RER et d'activités industrielles ponctuelles référencées BASIAS et/ou BASOL
Issy RER à Arcueil-Cachan	Volume de déblais important – présence de plusieurs axes structurants et d'un faisceau ferroviaire à proximité
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart
	Présence avérée de pollution sur les secteurs d'aménagement des gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées
	Présence d'une pollution limitée sur le secteur de Châtillon-Montrouge du fait d'activités industrielles ponctuelles
	Présence potentielle de pollution sur le reste du secteur du fait de remblais potentiellement pollués
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Volume de déblais limité – présence de plusieurs axes structurants à proximité (A6 / A86) mais absence d'équipement fluvial et ferroviaire à proximité immédiate
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié
	Présence potentielle de pollution sur le secteur du fait de remblais potentiellement pollués
Vitry Centre à Champigny Centre	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine sur la partie Ouest du secteur
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit de la zone industrielle des Ardoines
	Présence de l'ancienne zone industrielle des Ardoines (sites BASIAS et BASOL) et pollution suspectée dû aux activités actuelles et passées
	Présence d'une pollution avérée dans le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre du fait d'activités industrielles ponctuelles
	Présence potentielle de pollution sur le reste de la section du fait de de remblais potentiellement pollués
Champigny Centre à Noisy-Champs	Volume de déblais important – Présence d'un seul axe routier structurant à proximité (A4)
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié
	Présence avérée mais limitée de pollution dans le secteur d'aménagement du SMR de Champigny
	Présence potentielle de pollution du fait de remblais potentiellement pollués sur le reste de la section

2.10 Vibrations

Ce chapitre présente une analyse de la sensibilité potentielle aux vibrations du territoire traversé par la Ligne 15 Sud, vis-à-vis des critères suivants :

- Présence ou non d'habitants et type de bâtiment et de fondations.
- Présence ou non d'établissements sensibles type monuments historiques, hôpitaux, écoles…
- Géologie du sous-sol et risques associés.
- Présence de singularités type carrières et réseaux enterrés et/ou ouvrages d'art.

La finalité de cette analyse relative à l'état initial est d'aboutir à une identification des zones à enjeux, en termes de risque d'impact vibratoire pour les occupants des bâtiments situés à proximité du tracé. Selon le niveau de sensibilité, ces occupants pourraient en effet être soumis à une gêne sous forme de perception tactile des vibrations engendrées par les phases de construction et/ou d'exploitation du métro, mais aussi sous forme de perception auditive d'un bruit rayonné dit bruit solidien, conséquence de ces vibrations.

En parallèle, le risque d'impact vibratoire sur la structure même des établissements sensibles (hôpitaux, monuments historiques) et sur le fonctionnement d'équipements également particulièrement sensibles aux vibrations sera abordé.

Enfin, un recensement de la présence de singularités notables sur le tracé sera effectué afin d'identifier d'éventuelles zones spécifiques à risque potentiel : présence d'ouvrages d'art, d'ouvrages enterrés, carrières.

Après un rappel de quelques notions sur les vibrations appliquées au cas particulier des métros, cet état initial présente une analyse des données disponibles à ce stade des études sur l'occupation des sols (présence ou non de constructions), le type de bâti, la présence d'établissements avec équipements sensibles et enfin la nature des couches géologiques plus ou moins favorables à la propagation des vibrations.

L'analyse des seuils, non détaillée ici, est présentée dans la partie relative à l'impact du projet.

2.10.1 Notions sur les vibrations

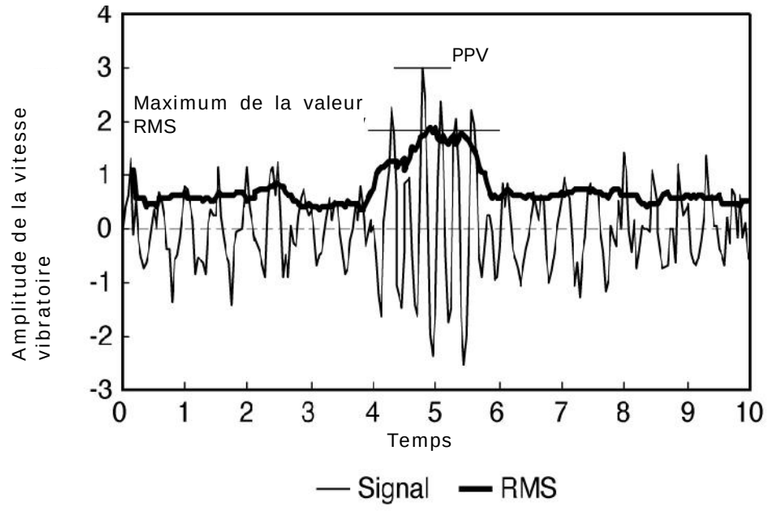
2.10.1.1 Définitions et grandeurs physiques

Les vibrations sont par définition des mouvements d'oscillations rapides qui se propagent par voie solide et peuvent être transmises au corps humain notamment par contact direct avec le sol ou la structure considérée. Ce sont donc des phénomènes physiques caractérisés par une onde, son amplitude et sa fréquence.

L'amplitude d'un signal vibratoire caractérise l'importance de la vibration, c'est-à-dire sa valeur maximale ou moyenne sur une période donnée. Cette amplitude peut être exprimée en termes de déplacement, de vitesse, ou d'accélération, généralement en mm, mm/s et mm/s². Elle est évaluée en valeur crête (Peak), valeur crête à crête (Peak to Peak) ou encore valeur RMS (Root Mean Square), comme illustré sur la figure ci-après.

La fréquence du signal correspond, elle, au nombre de cycles du phénomène vibratoire ou acoustique par unité de temps (s) et s'exprime classiquement en Hertz (Hz). Les phénomènes en jeu dans les problématiques de métro sont, comme dans la plupart des cas, composés d'une multitude de fréquences émises en simultané. Une analyse dite spectrale est alors être nécessaire. Elle consiste à effectuer des calculs par « paquets de fréquences » regroupés dans différentes bandes de fréquences (1/3 octave par exemple) représentatives du phénomène étudié.

L'amplitude d'un signal acoustique correspond à ce que perçoit le tympan et se caractérise par une variation de pression dans l'air par rapport à une pression de référence, en Pascal. La sensibilité de l'oreille humaine n'étant pas la même à toutes les fréquences, un filtre A (il existe aussi des filtres B ou C) est systématiquement utilisé afin de mieux transcrire la sensation auditive.



Représentation de la vitesse vibratoire

Pour faciliter la lecture des résultats et analyses, mais aussi pour prendre en compte à la fois l'amplitude et la fréquence des signaux, les grandeurs vibratoires utilisées dans cette étude seront exprimées en décibel (dBV). Cette unité permet ici de caractériser l'énergie du signal sur une période donnée, et sur une plage de fréquence donnée (les phénomènes en jeu sont en effet concentrés sur les basses fréquences). Pour rappel, le décibel est une grandeur logarithmique et non linéaire (un doublement de l'énergie acoustique / vibratoire se traduit par une augmentation de respectivement 3 et 6 décibels).

2.10.1.2 Les effets des vibrations

Les vibrations constituent à juste titre un sujet de préoccupation majeur dès lors qu'il s'agit d'un projet de métro, qui est situé, dans la plupart des cas en zone urbaine.

Anticiper et évaluer les vibrations transmises aux bâtiments et au corps humain est essentiel, les nuisances et le risque induit pour l'Homme étant liés à une exposition journalière moyenne.

Les habitants situés à proximité des métros se plaignent généralement du désagrément ou des dommages causés par les vibrations. Il s'agit d'avantage d'une gêne liée à la perception même des vibrations, à des niveaux très faibles. Ces vibrations peuvent être jugées inacceptables par les occupants en raison des sensations physiques gênantes qui en résultent, de la perturbation des activités comme le sommeil et la conversation, de la mise en vibration des vitres ou d'autres objets non fixés, ainsi que des risques d'endommagement des bâtiments ou de leur contenu. L'exposition quotidienne aux vibrations pendant plusieurs années peut donc avoir des effets négatifs, y compris sur le plan sanitaire.

Concernant l'impact des vibrations sur les bâtiments, les niveaux de vibration sont rarement directement à l'origine de dommages, même s'ils peuvent favoriser un processus de dégradation attribuable à d'autres causes (mouvement inégal du sol, cycles d'humidité et de température, manque d'entretien, travaux de rénovation et de réparation).

Les vibrations peuvent également nuire aux activités sensibles, du type de celles rencontrées dans les blocs opératoires des hôpitaux, les laboratoires de recherche scientifique et dans divers secteurs de technologie de pointe.

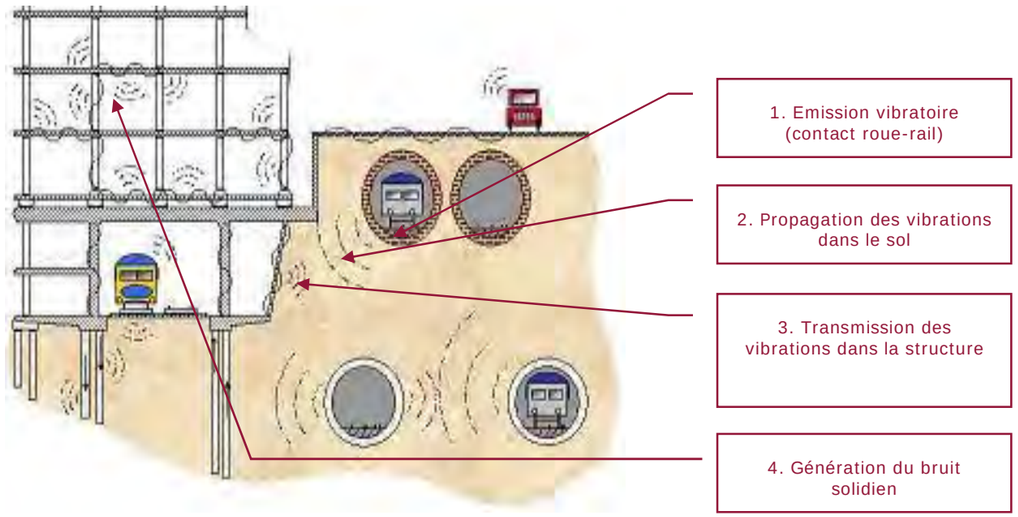
Enfin, sur le long terme, les vibrations peuvent avoir une incidence sur la conservation de bâtiments dits historiques, déjà fragilisés.

2.10.1.3 Application au cas d'un métro

Dans le cadre de l'exploitation d'un métro, les vibrations sont principalement causées par la circulation des trains sur la voie ferrée. Les vibrations sont donc liées aux efforts, au sens physique du terme, créés au niveau du contact entre les roues du train et les rails de roulement. Il s'agit de l'émetteur ou encore de la source.

La transmission des vibrations se fait ensuite au travers de l'assise de la voie, du tunnel, du sol et de ses différentes couches géologiques, puis des fondations des bâtiments présents à proximité. Dans ce cas, les récepteurs correspondent au bâti ou encore au corps humain ou à l'oreille en ce qui concerne le bruit solidien.

En effet, lorsque les vibrations se transmettent à la structure des bâtiments (via des fondations par exemple), il peut y avoir alors émission de bruit généré par la mise en vibration d'éléments de la structure du bâtiment. Ce bruit correspond au bruit dit solidien (« groundborne noise » en anglais), en opposition au bruit aérien, qui est transmis directement par voie aérienne sans intermédiaire (par exemple, via une fenêtre ouverte). La figure ci-dessous illustre ce phénomène.



Vibrations et bruit solidien – Phénomènes de transmission

Ainsi, la circulation de métros en sous-sol peut avoir une incidence vibratoire de deux types :

- Apparition de vibrations directes dans le sol et les structures.
- Apparition d'un bruit solidien induit au niveau des zones occupées.

L'étude du transfert ou de la propagation des vibrations est très complexe et elle fait donc appel à des méthodes, connaissances et outils sophistiqués. Généralement, une analyse de détail est effectuée sur plusieurs coupes 2D du tracé, à proximité de singularités et/ou dans une zone à forte sensibilité potentielle. Une extrapolation à l'ensemble du tracé est ensuite possible, à condition de disposer de données suffisamment précises et exhaustives relatives à l'état initial.

C'est l'objet du paragraphe suivant.

2.10.2 Sensibilité potentielle du territoire aux vibrations

Comme précisé en introduction, la sensibilité du territoire aux vibrations est estimée à partir d'une analyse multicritères, et ce sur le fuseau d'étude, sur une largeur d'environ 500 m de part et d'autre du tracé de référence.

2.10.2.1 Sensibilité liée à l'occupation des sols

Il s'agit d'identifier dans un premier temps les zones dans lesquelles la présence d'habitations est avérée, et ce sans tenir compte de la densité de population. Le territoire traversé par la Ligne 15 Sud est particulièrement dense ; environ 90 % du tracé est concerné par la présence d'habitations plus ou moins proches.

Dans un second temps, un recensement du type de bâti est réalisé selon 3 catégories, avec pour chacune d'elles une analyse qualitative de la sensibilité aux vibrations. Cette analyse est basée sur les résultats du projet RIVAS. Pour rappel, le projet RIVAS (pour Railway Induced Vibration Abatement Solutions) est un programme commun de R&D regroupant 27 acteurs. Ce projet a permis d'aboutir en 2013 à un guide permettant d'évaluer les risques liés à l'apparition de vibrations et bruits d'origine solidienne liés à l'exploitation de lignes ferroviaires de type métro. Les méthodes, résultats et analyses font consensus et constituent à ce jour une référence sans équivalent en Europe.

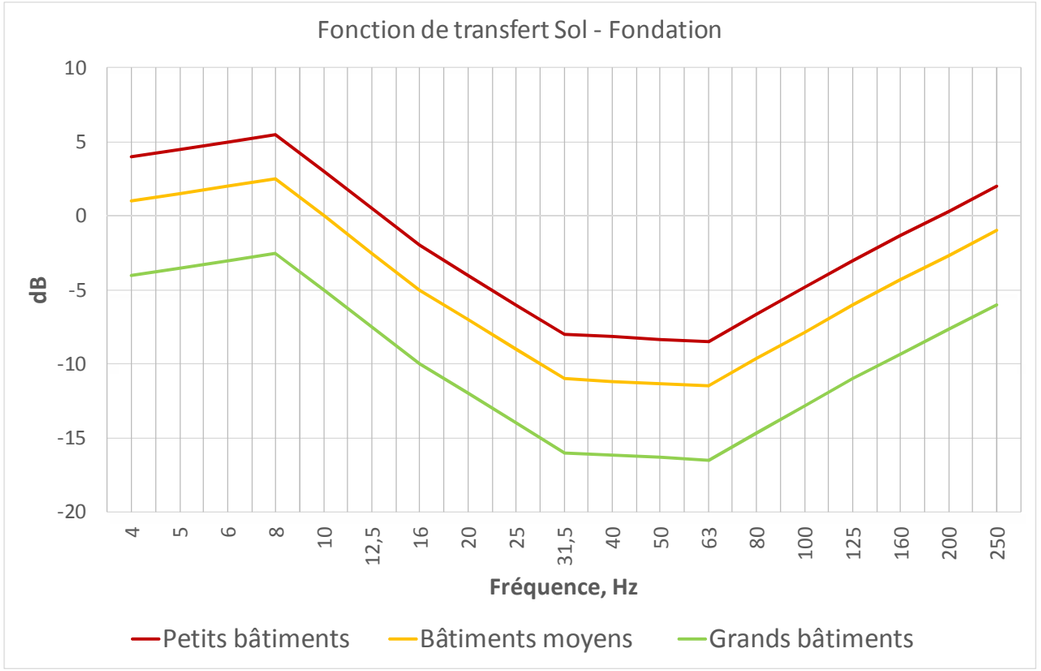
La définition d'un niveau de sensibilité vibratoire pour chaque morphologie de bâtiment (petits, moyens et grands pour utiliser une terminologie simple) est relativement complexe. Différents critères sont à prendre en compte :

- La profondeur des fondations : plus un bâtiment sera grand et plus ses fondations seront profondes et donc proches des sources de vibrations. Il sera donc plus sensible aux vibrations qu'un petit bâtiment aux fondations moins profondes. A titre purement indicatif, l'écart de niveau vibratoire peut être estimé à quelques dBV.

- La hauteur du bâtiment : à l'inverse, plus un bâtiment sera grand avec des fondations profondes et plus son ancrage dans le sol sera efficace. Il sera ainsi moins sujet aux vibrations qu'un petit bâtiment ! RIVAS donne comme ordre de grandeurs des écarts de 5 à 10 dBV de plus pour les petits bâtiments que pour les grands.

- Le nombre d'étages : plus un bâtiment sera grand et plus il sera susceptible d'osciller aux étages les plus élevés. Il sera donc plus sensible aux vibrations aux étages élevés. Même si elle est parfois sujette à controverse, une augmentation d'environ +1dBV par étage est généralement retenue.

La figure suivante permet de visualiser les différentes « fonctions de transfert » (plus simplement, il s'agit de l'atténuation des vibrations constatée via le projet RIVAS, entre le sol est les fondations) pour les 3 morphologies de bâtiment.



Différence de sensibilité vibratoire par type de bâtiment (RIVAS)

Sensibilité des bâtiments aux vibrations

L'analyse de la sensibilité potentielle des bâtiments aux vibrations en fonction de leur morphologie est complexe car elle dépend de différents critères qui ont des conséquences parfois opposées et difficilement quantifiables.

La tendance qui se dégage, basée sur les résultats du projet RIVAS, est qu'un bâtiment de grande hauteur est moins sensible aux vibrations, avec un écart moyen de 5dBV pour les étages les plus élevés, par rapport à un petit bâtiment. C'est cette hypothèse qui sera retenue dans cette étude.

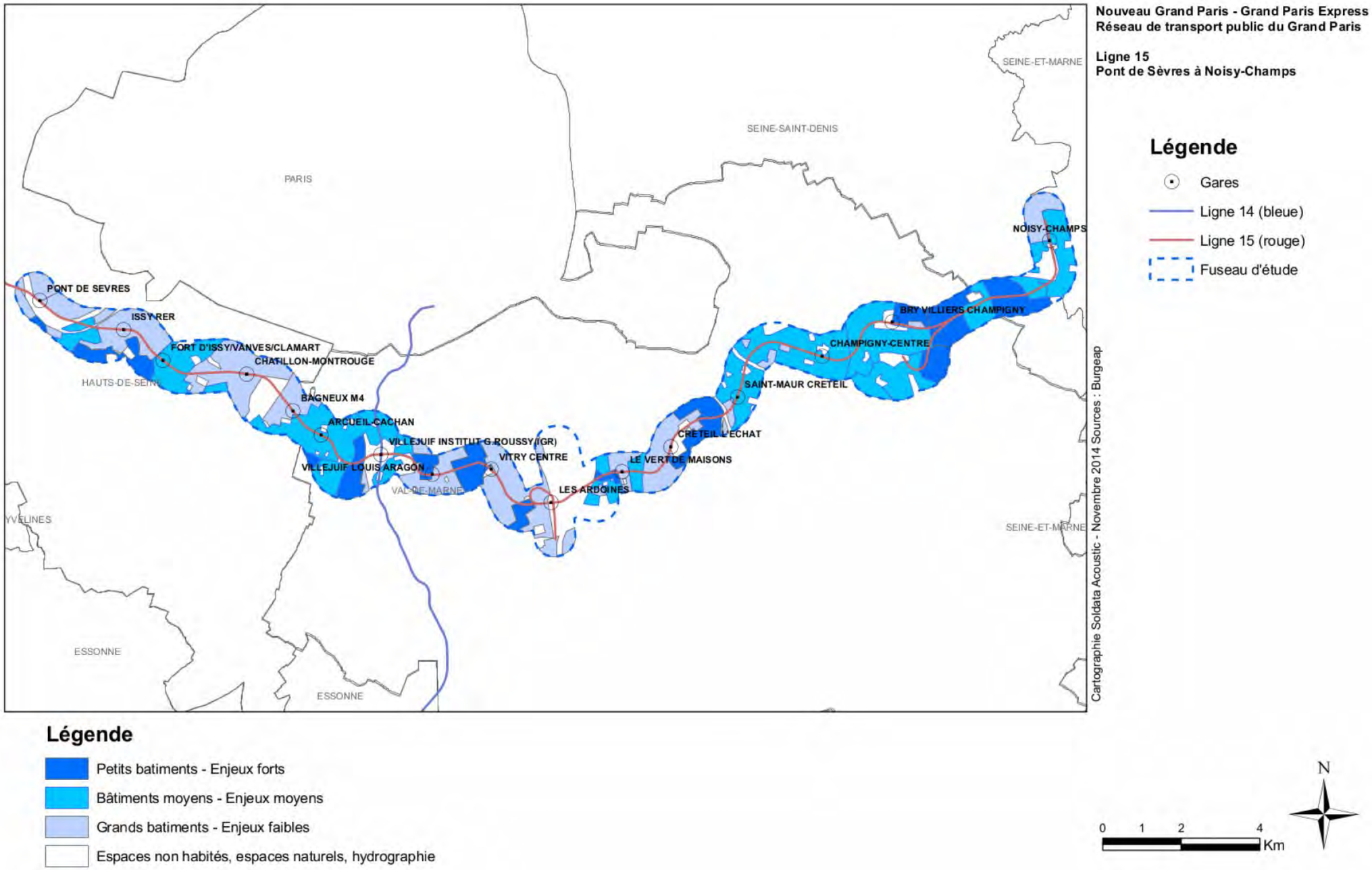
La carte suivante permet ainsi de visualiser la sensibilité du territoire en fonction de l'occupation des sols par type de bâtiment, selon quatre niveaux d'enjeux :

Description	Niveau d'enjeu
Petits bâtiments (inférieur à R+4)	Fort
Bâtiments moyens (de R+4 à R+7)	Moyen
Grands bâtiments (supérieurs à R+7)	Faible
Espaces naturels, plans d'eau, non habités	Nul

La carte page suivante montre une densité d'occupation des sols importante au sein du fuseau d'étude. Dans le détail:

- La zone caractérisée par des forts enjeux recouvre 29% du fuseau d'étude.
- La zone caractérisée par des enjeux moyens recouvre 28 % du fuseau d'étude.
- La zone caractérisée par des enjeux faibles recouvre 36 % du fuseau d'étude.

Carte de sensibilité vibratoire potentielle par type d'habitat



2.10.2.2 Prise en compte des établissements sensibles

Pour compléter l'analyse liée à l'occupation de sols, un recensement de la présence de bâtiments et établissement sensibles est effectué sur l'ensemble du tracé, toujours dans le fuseau d'étude.

Sont distingués d'une part les monuments historiques et d'autre part les établissements d'enseignement ou les établissements disposant d'équipements sensibles. Le fonctionnement de ces équipements (type microscopes) pourrait être perturbé par des niveaux vibratoires excessifs. Les seuils à ne pas dépasser, pour des bâtiments d'habitation classiques et pour des établissements sensibles sont présentés dans le volet étude d'impact de l'étude. Les tableaux suivants listent les principaux éléments issus de cette analyse.

Monuments historiques	Tronçon
Bibliothèque Nelson Mandela	Vitry Centre– Les Ardoines
Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmentelle	Vert De Maisons – Créteil L'Echât
Cathédrale Notre Dame de Créteil	Vert De Maisons – Créteil L'Echât
Ancienne abbaye de Saint Maur	Saint Maur-Créteil – Champigny Centre

Etablissements d'enseignement	Tronçon
Ecole maternelle Paul Bert, collège Victor Hugo et école Anatole France	à proximité de la gare d'Issy RER
Collège Guy Moquet	Villejuif IGR – Villejuif Aragon
Ecole maternelle Charles Perrault	Villejuif Aragon – Vitry Centre
Collège Plaisance	Créteil L'Echât - St Maur-Créteil
Lycée Polyvalent Langevin	St Maur-Créteil - Champigny Centre
Ecole Georges Politzer	Champigny Centre - Bry-Villiers-Champigny
Collège Pierre et Marie Curie Ecole Edouard Herriot	Bry-Villiers-Champigny – Noisy Champ

Etablissements sensibles	Tronçon
Institut Gustave Roussy & Hôpital Paul Giraud. Implanté sur un remblai conséquent, l'Institut présente 3 niveaux de sous-sols.	Villejuif – Vitry Centre
Complexe "Sanofi-Aventis Recherche et Développement »	Les Ardoines – Vert De Maisons
Laboratoires du Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor	Créteil L'Echât – St Maur Créteil

La carte suivante permet de localiser la majorité des monuments et établissements sensibles.

Les éléments identifiés ci-dessus sont localisés :

- A proximité de la limite du fuseau d'étude, dans le secteur Issy RER – Fort d'Issy-Vanves-Clamart, à une distance d'environ 400 m du tracé de référence.
- Sur une zone plus étendue autour du tracé de référence à proximité de la gare de Les Ardoines.
- A proximité immédiate du tracé dans le secteur entre Villejuif IGR et Vitry Centre et entre Le Vert de Maisons et Bry Villiers Champigny.

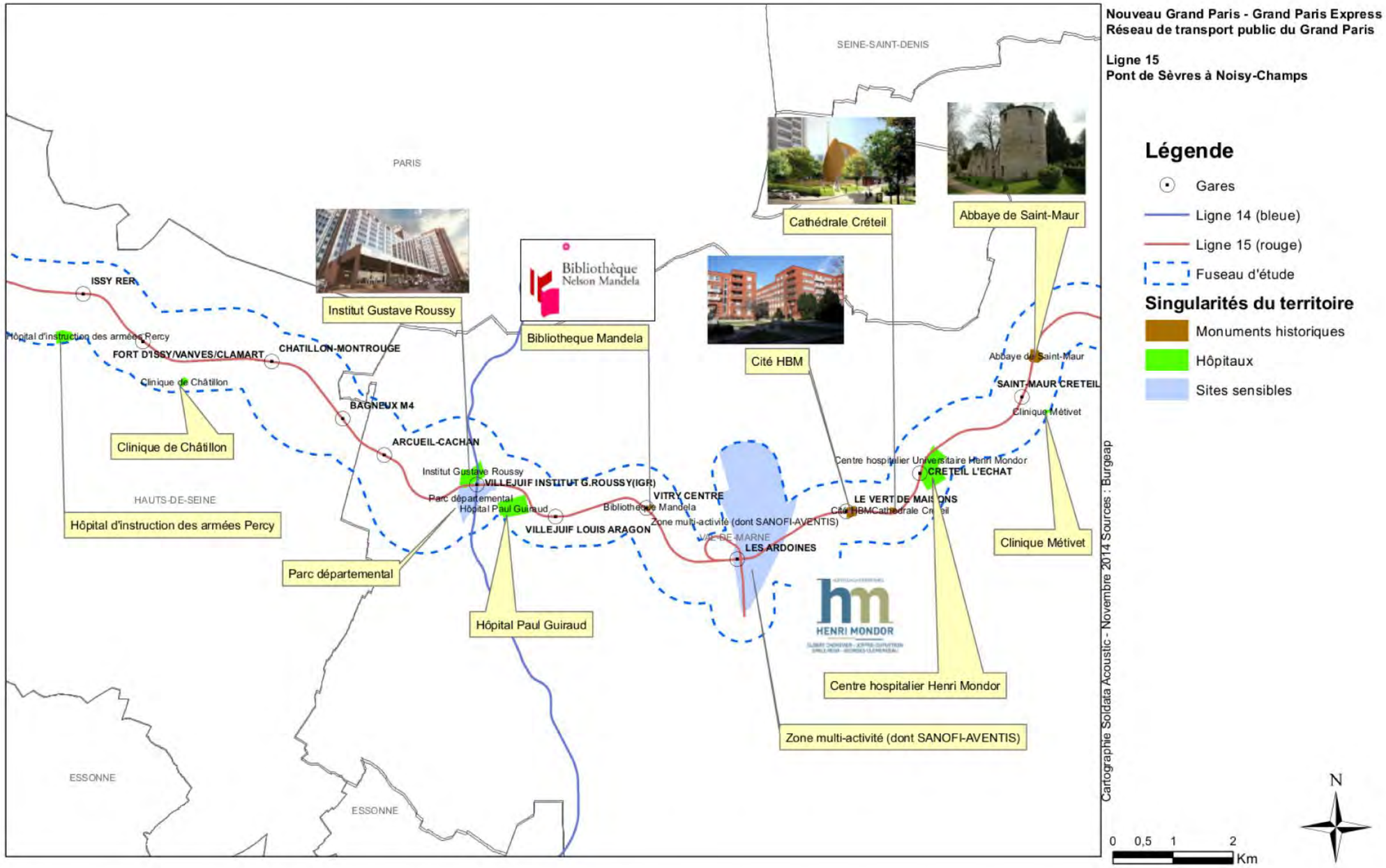
L'ensemble de ces éléments recouvre environ 7 % du fuseau d'étude.

Prise en compte des établissements sensibles

Une vingtaine de monuments historiques et établissements d'enseignement ou établissements sensibles susceptibles de contenir des équipements sensibles aux vibrations a été identifié sur l'ensemble du territoire.

Pour ces établissements, les seuils vibratoires à ne pas dépasser pourront être plus contraignants que pour des bâtiments d'habitations classiques. En fonction du niveau d'exigence attendu, une analyse spécifique pourra être réalisée au niveau de certains d'entre eux.

Carte de localisation des établissements sensibles



2.10.2.3 Sensibilité liée aux couches géologiques

La composition du sous-sol joue un rôle essentiel dans la propagation des vibrations entre les rails et les fondations des bâtiments. Il est donc indispensable de disposer de données géologiques sur l'ensemble du tracé afin d'identifier d'éventuelles zones plus sensibles, et d'autre part de pouvoir procéder ultérieurement aux calculs de propagation dans la phase étude d'impact.

Les données disponibles sont issues des missions de reconnaissances géotechniques dites G11 et G12 menées par la Société du Grand Paris tout au long du tracé de référence.

D'un point de vue risque vibratoire, ces données sont analysées en identifiant les différentes couches constitutives du sous-sol sur une profondeur allant jusqu'à 70 m environ. En effet, en ce qui concerne la phase exploitation et la phase travaux utilisant un tunnelier, la composition des couches géologiques au-dessus du tunnel mais également en dessous (phénomène de réflexion des ondes) peut avoir une importance sur la propagation des vibrations.

Sans entrer dans le détail, chaque couche géologique, prise séparément, peut réagir aux vibrations de manière différente, en fonction de sa rigidité :

- Les couches les plus « dures », comme celle composées de Calcaires ou des Marnes, ont tendance à propager plus efficacement l'onde vibratoire. En effet, leur compacité et leur résistance aux déformations ne permettent pas d'amortir l'onde. Ces couches ont donc tendance à vibrer uniformément et ainsi à restituer sans atténuation l'onde vibratoire incidente. Positionnées sous le tunnel, ces couches sont aussi susceptibles de réfléchir l'onde incidente.

- Les couches les plus « souples », comme les couches composées de sable, remblais ou alluvions présentent de nombreux interstices dans leur structure. Ces interstices permettent ainsi à la couche géologique de se déformer afin d'amortir l'onde vibratoire la traversant. Cet amortissement rend la couche géologique moins sensible aux vibrations car elle ne restitue qu'une partie de l'énergie reçue.

Sur l'ensemble du tracé, le projet recoupe les unités géologiques suivantes (de l'Ouest vers l'Est) :

- Les alluvions de la vallée de la Seine, recouvrant le substratum de la Craie.

- Un plateau constitué de formations allant de l'Éocène supérieur (Marinésien) au Paléocène (Montien), entre Issy RER et Arcueil Cachan.

- Les alluvions et colluvions de la vallée de la Bièvre, au niveau d'Arcueil Cachan, sur des terrains éocènes.

- À Villejuif, des terrains oligocènes reposant sur les formations gypseuses du Ludien.

- Environ une vingtaine de typologies de terrain, très variés sur le plan de la succession stratigraphique, sur le reste du tracé, avec un substratum variable de marnes, calcaire grossier et calcaire de Saint Ouen.

Prise en compte des couches géologiques

C'est la juxtaposition de différentes couches au-dessus et en dessous du tunnel qui va favoriser ou au contraire atténuer la propagation des ondes vibratoires issues du métro, vers les fondations des bâtiments.

Au niveau de territoire d'étude, il n'a pas été identifié de zones homogènes particulières.

Du point de vue de la sensibilité potentielle aux vibrations, il sera donc nécessaire de procéder à une analyse au cas par cas, dans les sections de calculs retenues, de la composition du sous-sol. La représentation géographique de ce paramètre ne présente donc pas d'intérêt particulier au niveau de l'état initial.

2.10.2.4 Sensibilité liée aux singularités du territoire

Pour compléter l'analyse de l'état initial vibratoire, l'identification d'éventuelles singularités sur le territoire est nécessaire afin de ne pas omettre d'éventuelles zones plus sensibles aux vibrations.

Les éléments de singularité pris en considération pour l'analyse de sensibilité du territoire sont les suivants :

- La présence d'anciennes carrières.
- La présence de réseaux enterrés et/ou ouvrages d'art.

Le détail de ces singularités est donné dans le tableau de synthèse au chapitre suivant.

La présence de carrières souterraines dans les sous-sols présente en effet un enjeu en termes de sécurité des populations, enjeu indirectement lié aux problématiques vibratoires. En effet, les risques de tassements plus ou moins conséquents avec à la clef la remontée d'un fontis, voire un possible effondrement, peuvent être liés aux travaux de construction du tunnel, susceptibles d'engendrer un désordre local dans le sous-sol. Les phénomènes vibratoires lors du creusement du tunnel notamment constituent en fait un facteur aggravant : les vibrations peuvent favoriser des tassements ponctuels et la création de vides.

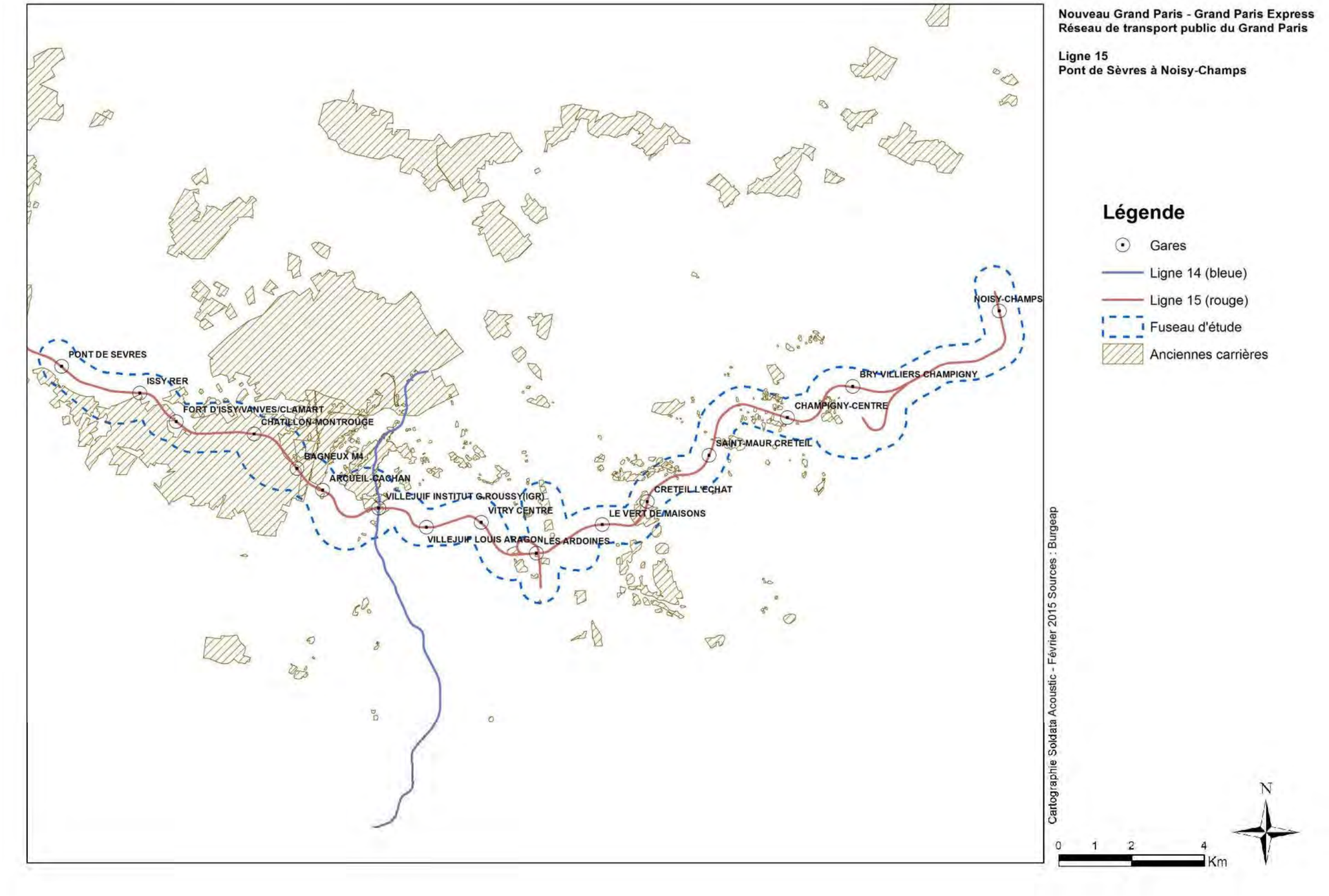
Il n'est pas possible d'appréhender, via la seule analyse des vibrations, le risque lié à la présence de carrières. Pour autant, un recensement des carrières sur le territoire est nécessaire dans l'optique de mettre en place ultérieurement des mesures préventives de type comblement avant travaux, surveillance en temps réel, etc. Des études spécifiques ont ainsi été menées (Tunnel – Note technique traitement carrières), et ont permis de définir un niveau de risque pour chaque zone du linéaire du tracé ainsi que les traitements nécessaires pour la limitation des risques.

L'analyse croisée des données bibliographiques concernant la cartographie des anciennes carrières et des résultats des sondages réalisés a permis de qualifier la sensibilité de chaque secteur en fonction de la présence des carrières.

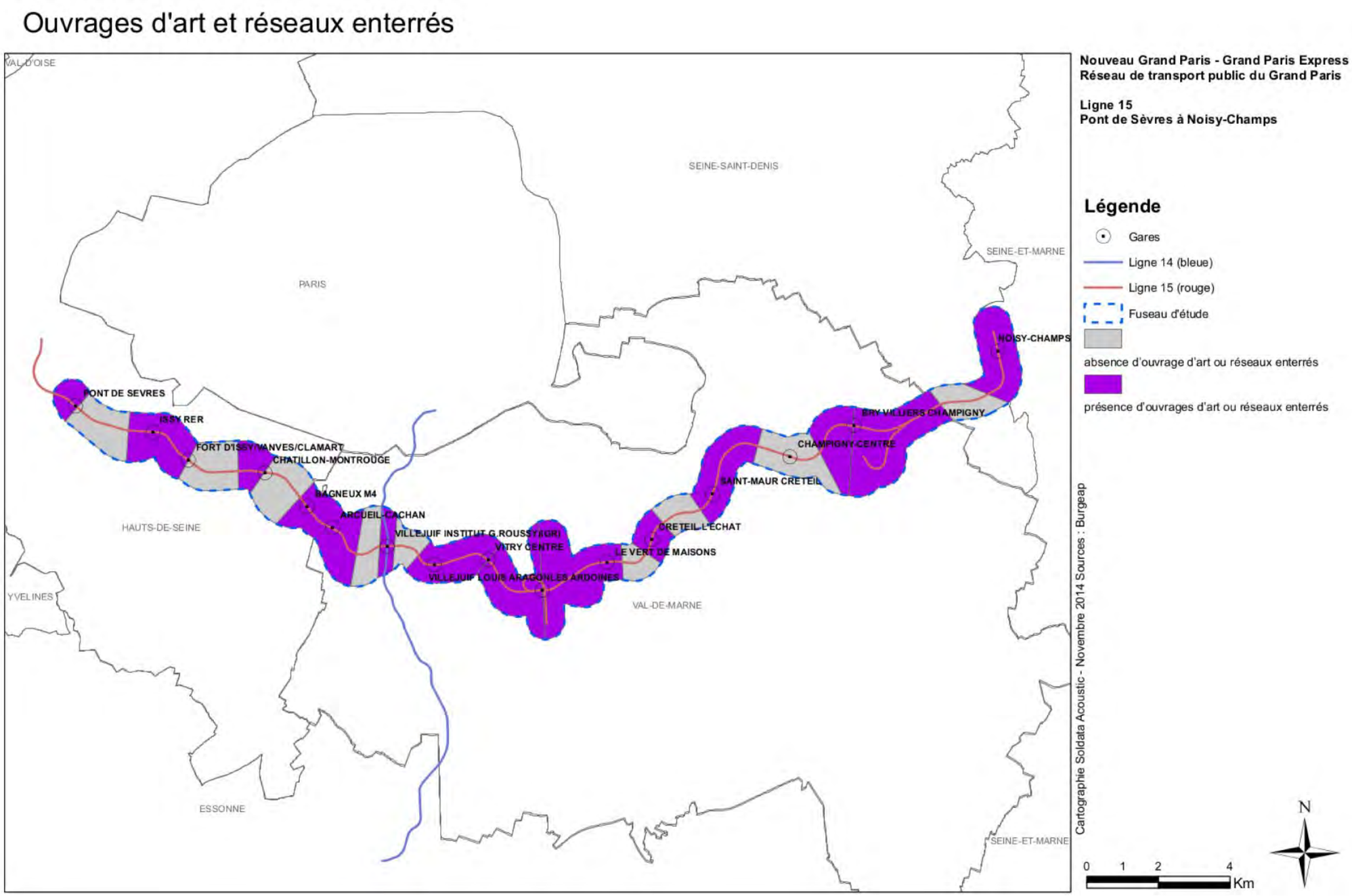
Cette analyse de sensibilité sera reprise dans la synthèse des enjeux de la thématique des vibrations.

La carte suivante permet de visualiser l'ensemble des zones du territoire concernées par ces singularités, qui représentent plus du 50% du linéaire du tracé.

Singularités des territoires (carrières)



Singularités du territoire (ouvrages)



En ce qui concerne les réseaux enterrés et les ouvrages d'art, ceux-ci sont également à identifier à titre préventif. Il s'agit :

- Des lignes de métro et de train existantes.
- Des lignes de métro en projet (notamment la ligne 14, qui traverse le tracé de référence à Villejuif IGR).
- Des autoroutes.
- Des réseaux enterrés (chauffage, gaz et eau).

Les cartes pages suivantes permettent de visualiser l'ensemble de zones du territoire concernées par ces singularités.

Prise en compte des singularités du territoire

Les singularités prises en compte correspondent aux carrières, aux réseaux enterrés et/ou ouvrages d'art.

L'intérêt de ce recensement est d'identifier des zones présentant potentiellement une sensibilité particulière aux vibrations.

2.10.3 Démarche sur l'étude des vibrations

La démarche de la SGP sur l'étude des vibrations est cadrée dans le « Plan de management des bruits et vibrations transmis par le sol ». Ce document fournit un plan applicable dans le cadre du projet de la ligne 15 du métro Grand Paris Express au cours des phases de conception, de construction, de mise en service et d'exploitation-maintenance.

Les vibrations sont prises en compte tout au long du projet :

- Au cours des tâches préliminaires, notamment par la définition des méthodes de simulation.
- Au cours de l'étude d'impact générale, par des mesures sur site avant travaux et des simulations des vibrations en phase exploitation (voir rapport G.2 pour les résultats des simulations).
- Au cours des analyses détaillées, par des essais de vérification des performances vibratoires et des mesures sur site.
- Et enfin lors des essais de validation par des mesures de contrôle des émissions vibratoires lors de la mise en service.

2.10.4 Synthèse des enjeux liés aux vibrations

L'analyse des différents paramètres susceptibles d'avoir une incidence sur la sensibilité vibratoire du territoire en termes de perception des vibrations et du bruit solidien par les riverains, et de risque pour le bâti, a été effectuée en considérant :

- La présence ou non d'habitants et le type de bâtiment.
- La présence ou non d'établissements sensibles type monuments historiques, hôpitaux, écoles…
- La composition géologique du sous-sol.
- La présence de singularités type carrières et réseaux enterrés et/ou ouvrages d'art.

Cette analyse a conduit à la réalisation de différentes cartes permettant de visualiser ces éléments au sein du fuseau d'étude.

Les éléments essentiels pour l'analyse de la sensibilité du territoire sont la typologie des bâtiments habités et la présence d'établissements sensibles.

Le tableau final suivant permet de regrouper l'ensemble des informations relatives à cet état initial avec une indication de la synthèse des enjeux.

Hiérarchisation des enjeux liés aux vibrations

Section		Occupation des sols	Etablissements sensibles et singularités	Ouvrages d'art et réseaux enterrés
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Zone pavillonnaire au niveau de l'Ile St Germain, avec bâtiments de petite à moyenne hauteur	-	RATP Ligne 9 Réseau SIAAP Réseau GDF
		Ecole maternelle Paul Bert et le collège Victor Hugo au niveau de la Rue Aristide Briand, à proximité de la gare d'Issy RER	Carrières de craie	RER C Réseau chauffage urbain Réseau SIAAP Réseau GDF
Issy RER à Arcueil-Cachan	Issy RER à Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Hôpital des armées Percy Ecole maternelle Paul Bert et collège Victor Hugo Zones pavillonnaire avec bâtiments de petite à moyenne hauteur	Carrières de craie	RER C Réseau SIAAP
	Fort d'Issy-Vanves-Clamart à Châtillon-Montrouge	Zones pavillonnaires avec bâtiments de petite à moyenne hauteur Ecole primaire H. Barbusse Lycée L. Girard	Ancienne glacière Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau SIAAP
		Zones pavillonnaires avec bâtiments de moyenne à grande hauteur	-	RER B RATP Ligne 13 SNCF LGV Paris/Bordeaux Réseau SIAAP Réseau GDF
	Châtillon-Montrouge à Bagneux	Bâtiments commerciaux, espaces publics et habitations collectives de grande hauteur (R+13 à R+15)	Anciennes carrières comblées par remblais Ancienne glacière	Réseau SIAAP
	Bagneux à Arcueil Cachan	Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+10 à R+15) au sein de l'ensemble d'habitats collectifs de la « Tannerie »	Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau SIAAP
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Arcueil-Cachan à Villejuif IGR	Zone d'habitations collectives avec des bâtiments d'hauteur petite à moyenne (R+2 à R+6)	Anciennes carrières comblées par remblais	RER B Réseau SIAAP
		Institut Gustave Roissy	Anciennes carrières comblées par remblais	Autoroute A6
	Villejuif IGR à Villejuif Louis Aragon	Zone d'habitations collectives avec des bâtiments d'hauteur petite à moyenne (R+2 à R+5) Ecole primaire Jean Vilar Ecole maternelle Charles Perrault	Anciennes carrières comblées par remblais	Future ligne 14 Réseau SIAAP
	Villejuif Louis Aragon à Vitry Centre	Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande (R+4 à R+12)	-	Réseau GDF Réseau SIAAP

Section		Occupation des sols	Etablissements sensibles et singularités	Ouvrages d'art et réseaux enterrés
Vitry Centre à Champigny Centre	Vitry Centre – Les Ardoines	Parking de la Mairie de Vitry avec un niveau sous-sol Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+9 à R+11)	Bibliothèque Nelson Mandela, inscrite aux Monuments Historiques	Réseau chauffage urbain
	Les Ardoines – Le Vert De Maisons	Plusieurs bâtiment de petite moyenne hauteur (jusqu'à R+6), à destination industrielle, commerciale et résidentielle	Complexe "Sanofi-Aventis Recherche et Développement" Anciennes sablières	RER C Réseaux GDF et TRAPIL
		-	Anciennes sablières	RER D Réseau SIAAP
	Le Vert De Maisons – Créteil L'Echât	Autoroute A86 Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+7 à R+18)	Anciennes carrières comblées par remblais Anciennes sablières	Réseau SIAAP Réseau GDF
		Université Paris Est Créteil Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+10 à R+11)	Anciennes carrières comblées par remblais Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmentelle Cathédrale Notre Dame de Créteil	RATP Ligne 8 Réseaux GDF et TRAPIL
	Créteil L'Echât – Saint-Maur Créteil	Collège Plaisance Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+10 à R+11)	Anciennes carrières comblées par remblais Laboratoires Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor Ancienne abbaye de Saint Maur (ruines, ancien puits, etc.)	
		Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne	-	RER A Réseau SIAAP
	Saint-Maur Créteil - Champigny Centre	Abbaye de St Maur Bâtiments de grande hauteur Institut médico-éducatif AFASER/ Résidence pour personnes âgées, Centre de formation, Petite enfance	Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau GDF Réseau SIAAP
Champigny Centre à Noisy-Champs	Champigny Centre - Bry-Villiers-Champigny	Ecole maternelle des Richardets Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande (R+3 à R+9)	Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau GDF
	Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs	Bâtiments de grande hauteur	Anciennes carrières comblées par remblais	Ligne SNCF Réseau GDF Réseau SIAAP
		Bâtiments de grande hauteur Ecole maternelle des Richardets		Autoroute A4 RER A

2.11 Milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000

2.11.1 Généralités

L'analyse du volet faune-flore-milieux naturels a pour vocation :

- D'apprécier les potentialités du fuseau d'étude vis-à-vis des espèces, cortèges d'espèces, habitats susceptibles d'être concernés par les effets du projet,
- D'identifier les aspects réglementaires liés aux milieux naturels et susceptibles de contraindre le projet,
- De caractériser, in fine, les enjeux de conservation du patrimoine naturel à prendre en compte dans la réalisation du projet.

Pour rappel, le fuseau d'étude considéré a été constitué sur la base d'une distance de 500m de part et d'autre des variantes les plus éloignées et intègre ainsi l'ensemble des variantes historiques du projet. Il constitue le fuseau d'étude de base.

Cet état initial fait état d'une démarche d'analyse de la bibliographie existante et d'approfondissement par des expertises naturalistes (conduites de 2011 à 2015) coordonnées par la Société du Grand Paris.

Des organismes compétents en matière de faune/flore et milieux naturels ont également été consultés et rencontrés pour certains :

- La Direction Régional et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE),
- La Conseil départemental du Val-de-Marne,
- Le Conseil départemental des Hauts-de-Seine,
- La Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien (CBNBP),
- Le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre (SMBVB),
- Le Syndicat Marne Vive (SMV),
- L'Agence des Espaces Verts (AEV),
- L'Office National des Forêt (ONF),
- L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).

Des volets spécifiques sont dédiés aux boisements, aux zones humides et aux zones de frai pour la faune piscicole. Bien que ces thématiques fassent pleinement partie de ce présent chapitre, les chapitres spécifiques permettent de détailler avec plus de précision ces thématiques.

2.11.2 Recensement des zonages du patrimoine naturel

2.11.2.1 Généralités sur les zonages du patrimoine naturel

Une première analyse des zonages existants met en lumière les sites à enjeux connus et reconnus. Des tableaux recensent l'ensemble des zonages présents dans le fuseau d'étude ou dans ses abords. Suite à cette première expertise, la SGP a souhaité mener des expertises de terrain plus approfondies sur les sites à enjeux potentiels pré-identifiés ainsi que sur les secteurs disposants de peu de connaissance naturaliste.

Le recensement des zonages (exceptés les zonages fonciers) se base sur le fuseau d'étude de base et le fuseau d'étude dit « éloigné ».

Le fuseau d'étude éloigné équivaut à la zone des effets indirects et induits, prenant en compte l'ensemble des unités écologiques potentiellement perturbées par le projet. Elle correspond à un tampon de 2,5 km autour du fuseau d'étude de base (excepté pour l'analyse d'incidence sur Natura 2000 qui s'effectue sur un tampon de 5km autour du fuseau d'étude de base).

L'étude du fonctionnement écologique global (prise en compte du SRCE, déplacement des espèces à grande dispersion[40]), l'intégration du réseau Natura 2000 (étendu jusqu'à 5km pour cette thématique particulière) ainsi que l'étude des zonages liés au patrimoine naturel sont réalisées à l'échelle de ce fuseau d'étude éloigné.

Pour les différents zonages du patrimoine naturel (inventaire, réglementaire, foncier), identifiés dans les tableaux, sont précisés (données émanent de la DRIEE, 2013) :

- Le type, le numéro / code et l'intitulé du zonage ainsi que sa superficie,
- Sa localisation et sa distance par rapport au fuseau d'étude (les distances indiquées correspondent aux distances minimales calculées entre les périmètres des différentes entités),
- Les principales caractéristiques et éléments écologiques de ce zonage (informations issues de la bibliographie),
- Les contraintes associées à ce type de zonage.

2.11.2.2 Les zonages d'inventaire au niveau du fuseau d'étude et ses abords

Le tableau et la carte présentés ci-après illustrent et localisent les zonages d'inventaires du patrimoine naturel dans le fuseau d'étude et à proximité (fuseau d'étude éloigné de 2,5 km).

Les zonages d'inventaires du patrimoine naturel, sont élaborés à titre de reconnaissance et d'avertissement pour les aménageurs et n'ont pas de valeur d'opposabilité. Ce sont notamment les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), les zones remarquables signalées les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF de type II - grands ensembles écologiquement cohérents - et ZNIEFF de type I - secteurs de plus faible surface au patrimoine naturel remarquable).

[40] Espèces à grand spuvoirs de déplacement (migrateur notamment)

a. Les Znieffs

Les ZNIEFF sont dépourvues de valeur juridique c'est-à-dire qu'aucune restriction d'usage liée à son existence ne s'applique. Elles signalent cependant la valeur écologique du territoire concerné et la présence éventuelle d'espèces réglementairement protégées.

4 ZNIEFFs 1 et 1 ZNIEFF 2 interceptent le fuseau d'étude et 16 autres zonages d'inventaire (Znieffs 1 et 2) sont présents à moins de 2,5 km du fuseau d'étude :

- Les îles de la Marne dans la Boucle de Saint-Maur-des-Fossés,
- Les Mares et boisements de la Butte Verte,
- Les Prairies et friches au parc des Lilas,
- La Friche de la "Bonne Eau" à Villiers-sur-Marne.

b. Les ZICO

Les ZICO sont des sites d'intérêt majeur qui hébergent des effectifs d'oiseaux sauvages jugés d'importance communautaire ou européenne. L'inventaire ZICO constitue une source d'informations sur le statut des espèces patrimoniales, les habitats qu'elles occupent et des mesures de conservation qui y sont appliquées. C'est l'outil de référence de la France pour la mise en œuvre de ses engagements internationaux (directive « Oiseaux ») en matière de désignation des sites Natura 2000 en Zone de Protections Spéciales (ZPS).

Aucune ZICO n'est présente dans le fuseau d'étude ou ses abords (2,5km).

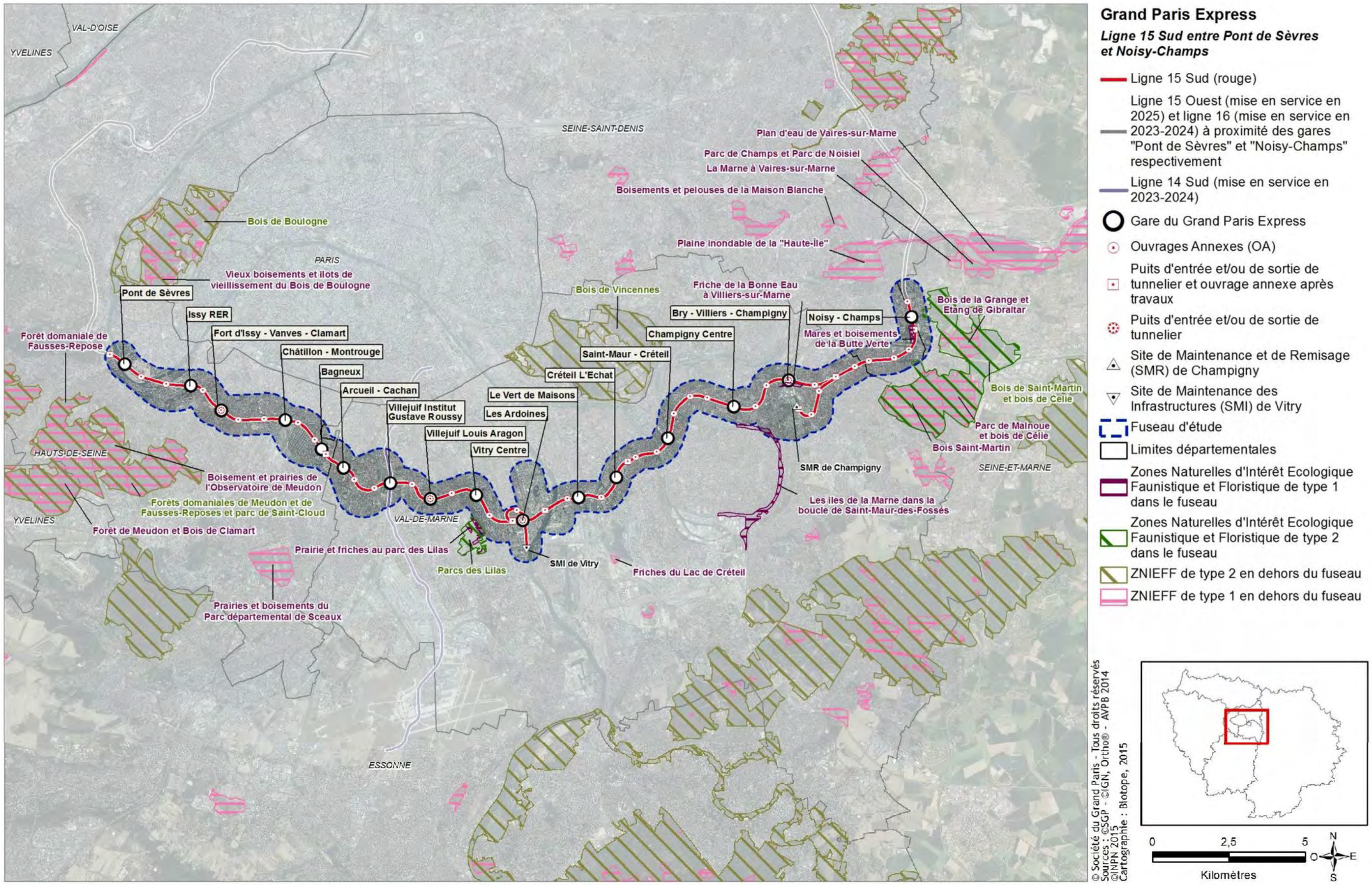
Zonages d'inventaire relatifs au patrimoine naturel et recensés sur la zone d'étude ou à proximité (source : INPN, fiche descriptive des sites)

Type de classement	Distance vis-à-vis du projet	Nom et numéro	Communes concernées par la ZNIEFF	Superficie en ha	Descriptif sommaire (source : INPN)
	Zonage d'inventaire dans le fuseau d'étude				
ZNIEFF 1	Moins de 50m de la gare de Bry-Villiers-Champigny	110030010 : Friche de la "Bonne Eau" à Villiers-sur-Marne	Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne	5,4 ha	Ce sont les parties « centrale et est » de la ZNIEFF qui présentent le plus fort intérêt avec une mosaïque de végétation : une flore prairiale avec parfois une « végétation des hautes friches héliophiles à composées épineuses » et parsemée d'arbres et arbustes. En absence de gestion, la ronce ou une végétation nitrophile et rudérale ainsi que le Robinier faux-acacia prolifèrent. La partie sud-ouest a longtemps été occupée par des habitats temporaires et des caravanes qui sont peu propices au développement d'une flore variée. Ces végétations prairiales hébergent de nombreux insectes, en particulier des lépidoptères et des orthoptères, dont certains remarquables : la Mante religieuse (protégé au niveau régional, abondant sur le site), le Phanéroptère méridional, le Zygène de la Filipendule et l'Hespérie de l'alcée.
ZNIEFF 1	Moins de 100m de la gare de Noisy-Champs	110020462 : Mares et boisements de la Butte Verte	Noisy-le-Grand	6,3 ha	Ce site se compose de mares dans un contexte forestier. L'intérêt de cette ZNIEFF est de regrouper quatre espèces de Tritons et deux plantes protégées au niveau régional. Les mares sont des lieux de reproduction pour les amphibiens. Au nord, une population abondante d'Utriculaire citrine a été identifiée.
ZNIEFF 1	Moins de 500m du SMR de Champigny	110020461 : Les îles de la Marne dans la boucle de Saint-Maur-des-Fossés	Saint-Maur-des-Fossés, Bonneuil-sur-Marne, Sucy-en-Brie, Chennevières-sur-Marne, Champigny-sur-Marne	70,7 ha	Onze îles ou groupe d'îles constituent cette ZNIEFF pour leur richesse biologique. Ce site, en partie inondable, est composé de différents milieux boisés (saulaies arbustives pionnières et saulaies arborescentes) et des espaces ouverts (végétation des eaux courantes, des grèves et des plages exondées, des roselières, des prairies mésophiles et des friches). La Benoîte des ruisseaux a été observée sur ce site. Cette plante protégée au niveau régional est rarissime en Île-de-France. Il faut noter aussi la pérennisation de deux espèces protégées au niveau régional : la Cuscute d'Europe (Cuscuta europea) et la Cardamine impatiente (Cardamine impatiens). Pour la faune, les grèves et les boisements alluviaux sont des milieux clés pour certains coléoptères et chiroptères remarquables.
ZNIEFF 1 ET ZNIEFF 2	Moins de 500m du tracé	110030006 : Prairie et friches au parc des Lilas (Znieff 1) 110030001 : Parc des Lilas (Znieff 2)	Vitry-sur-Seine, Thiais	15,9 ha 68,4 ha	Les secteurs de plus fort intérêt écologique correspondent à des « prairies mésophiles de fauche » fragmentaires et à des friches (« friches denses des bermes à Armoise commune et Tanaisie » parfois enrichies d'une végétation des « friches calcaires ou calcaro-sableuses après abandon des cultures »). Les fauches régulières de ces prairies ou friches ont banalisé la végétation. 6 espèces d'insectes déterminantes ZNIEFF et 1 espèce de mammifères ont été recensées. Le site abrite aussi plusieurs espèces d'oiseaux qui ont disparu de Paris et de la proche banlieue.
ZNIEFF 2	Moins de 500m du tracé à l'est du fuseau d'étude	110030018 : Bois de Saint Martin et Bois de Célie	Champs-sur-Marne, Émerainville Lognes, Noisiel, Noisy-le-Grand, Plessis-Trévise	892,6 ha	L'intérêt de la ZNIEFF concerne une zone boisée de grande surface dans un tissu urbain dense. La géomorphologie favorise la présence de milieux humides (pentes faibles, substrat). La diversité floristique est liée gradients de trophie et d'humidité du site ponctué de mares et de zones humides. Les bois marécageux à Aulnes hébergent le Thelypteris palustris, espèce protégée, apparissant sur les sols hydromorphes. Le milieu forestier est fortement influencé par les activités humaines et est dominé par un noyau de chênaies-charmaies plus ou moins dégradées. Le maintien du réseau de mares en eau au sein de la zone est essentiel à la survie de populations d'amphibiens (Triturus alpestris, espèce déterminante) dont certains sont rares ou menacés. La présence de vieux arbres permet le développement d'insectes appartenant au cortège saproxylique. La physionomie du boisement laisse à penser que ces espèces sont présentes sur l'ensemble du boisement et notamment dans le Bois de la Grange.
	Zonage d'inventaire aux abords du fuseau d'étude (2,5km)				
ZNIEFF 1	Moins de 1km du tracé	110020420 : Bois Saint-Martin (inclus dans la ZNIEFF 2 110030018 – Bois de Saint-Martin et Bois de Célie)	Émerainville, Noisy-le-Grand, Plessis-Trévise, Villiers-sur-Marne	287,26 ha	Il s'agit du dernier grand boisement privé de la petite couronne, qui n'a pas subi les atteintes de l'urbanisation. Un réseau de mares riches en amphibiens et une grande prairie fauchée annuellement sont les principaux atouts du site pour la faune. Le substrat sableux induit la croissance de nombreuses espèces acidiphiles, dont certaines sont remarquables et sont liées aux landes et aux chênaies acidiphiles. Plusieurs espèces d'intérêt ont été recensées au sein des mares ou sur les berges. La proximité de la nappe dans certains secteurs favorise la croissance des plantes plus spécifiques des milieux marécageux, voire paratourbeux.

Type de classement	Distance vis-à-vis du projet	Nom et numéro	Communes concernées par la ZNIEFF	Superficie en ha	Descriptif sommaire (source : INPN)
ZNIEFF 1	Moins de 1km du tracé	110020105 : Bois de la Grange et Etang de Gibraltar	Champs-sur-Marne	69,7 ha	La zone est située dans la ville nouvelle de Marne-la-Vallée. Elle est constituée d'un boisement humide, d'un étang ancien, d'une prairie relictuelle avec un vieux verger de haute tige. L'intérêt du site porte notamment sur la frênaie-ormaie abritant des suintements dans la partie la plus humide, et beaucoup d'arbres morts sur pied ou au sol. Au niveau de la végétation des bords d'étang, deux plantes protégées sont identifiées: le Polystic à aiguillons et l'Hellébore verte. Pour l'avifaune, la présence du Phragmite des joncs est directement liée aux milieux humides.Un projet de Réserve Biologique Forestière existe sur la zone.
ZNIEFF 1 ZNIEFF 2	Moins de 2km du tracé	110001693 : Forêt de Meudon et Bois de Clamart 110030022 : Forêts domaniales de Meudon et de Fausses-Reposes et parc de Saint-Cloud	Sèvres, Chaville, Meudon, Clamart, Viroflay, Vélizy-Villacoublay	1138.3 ha	La forêt de Meudon est la plus grande forêt des Hauts-de-Seine. Composée majoritairement de Chênaies sessiliflores et chênaies-charmaies, les boisements sont parfois humides avec plusieurs étangs, mares, etc. Le plan de gestion de l'ONF prévoit un maintien des vieux boisements, favorables pour des insectes saproxyliques, les chiroptères et les cortèges d'oiseaux de boisement.
ZNIEFF 1	Moins de 2,5km du tracé	110001691 : Forêt domaniale de Fausses-Repose	Chaville, Ville-d'Avray, Marnes-la-Coquette, Versailles, Le Chesnay, Viroflay, La Celle-Saint-Cloud	651,2 ha	Ce massif forestier regroupe principalement des habitats liés aux chênaies sessiliflores et aux chênaies-charmaies. Les habitats humides se restreignent aux étangs de Ville d'Avray et à quelques mares intraforestières. Le massif forestier regroupe des coléoptères inféodés aux gros bois matures de chêne, aux cavités, aux gros bois cariés. Outre l'intérêt pour l'entomofaune, ces vieux boisements possèdent également un intérêt pour l'avifaune (notamment les espèces cavernicoles) et certains chiroptères.
ZNIEFF 1	Moins de 2km de la gare de Noisy-Champs	110020164 : Parc de Champs et Parc de Noisiel	Noisiel, Champs-sur-Marne	68,3 ha	Les parcs du Château de Champs et de Noisiel, situés sur la rive gauche de la Marne, s'étalent sur de faibles pentes orientées nord. Une grande partie de la surface boisée est dominée par les érables et les frênes, accompagnés d'ormes des montagnes et de tilleuls. L'Hellébore verte, espèce déterminante protégée au niveau régional, s'exprime en lisière de cette formation. Les chênaies-charmaies plus ou moins dégradées offrent différents faciès, mais sont toutes caractérisées par leur contingent d'espèces herbacées. Des lambeaux de ripisylves à aulnes et frênes augmentent la biodiversité. Le réseau de vieux arbres, disséminés est favorable à la présence d'insectes saproxyliques et d'oiseaux cavernicoles rares ou menacés. Les prairies de fauche et pelouses calcaricoles présentent un intérêt patrimonial paysager et scientifique.
ZNIEFF 1 ZNIEFF 2	Moins de 2km de la gare de Noisy-Champs	110020167 : Plan d'eau de Vaires-sur-Marne 110020162 - La Marne à Vaires-sur-Marnes (anciennement la Marne de Gournay-sur-Marne à Vaires-sur-Marne -110020197- divisé en deux parties : La Marne à Vaires-sur-Marnes et La Marne à Gournay-sur-Marnes)	Gournay-sur-Marne, Vaires-sur-Marne, Chelles, Torcy, Noisiel, Champs-sur-Marne, Pomponne, Brou-sur-Chantereine	89,5 ha 1336 ha	L'absence de circulation fluviale sur ce secteur de la Marne est propice à la présence de nombreuses espèces piscicoles. Dans les secteurs à pente douce et plus naturelle, une végétation spécifique des grèves à Bident (habitat d'intérêt communautaire) se développe bien qu'il reste très fragmenté. Les talus, sommest de berges et replats des îles se partagent entre des mégaphorbiaies rudéralisées (urticaies), et de vieilles peupleraies. La Cardamine et la Cuscute ont été vues à plusieurs reprises sur les îles et sur les berges le long de la Marne. A noter également la présence d'une très belle population de Myriophylle verticillé. Cette espèce constitue un herbier intéressant pour la faune piscicole.
ZNIEFF 1	Moins de 2km de la gare de Noisy-Champs	110020194 : Parc de Malnoue et bois de Célie (inclus dans la ZNIEFF 2 110030018 – Bois de Saint-Martin et Bois de Célie)	Émerainville, Pontault-Combault	163,6 ha	Le milieu forestier est fortement influencé par les activités humaines et est dominé par un noyau de chênaies-charmaies plus ou moins dégradées. La diversité floristique est liée gradients de trophie et d'humidité du site ponctué de mares et de zones humides. Les bois marécageux à Aulnes hébergent la fougère des marais (Thelypteris palustris), espèce protégée, apparaissant sur les sols hydromorphes. Le maintien du réseau de mares et d'ornières en eau est essentiel à la survie de populations d'amphibiens (Triturus alpestris, le Triton Alpestre,espèce déterminante) dont certains sont rares ou menacés.
ZNIEFF 1	Moins de 1,5km du tracé	110020467 : Plaine inondable de la "Haute-Île"	Noisy-le-Grand, Gournay-sur-Marne, Neuilly-sur-Marne	166,1 ha	Bordé par la Marne et le canal de Chelles, ce site abrite un patrimoine naturel remarquable compte tenu de sa périphérie extrêmement urbanisée. Les prairies inondables fonctionnelles abritent le cortège d'espèces associées, tant pour la flore que pour la faune. La diversité des habitats (prairies inondables, prairies ouvertes, friches buissonnantes, berges végétalisées...) est attractive pour une avifaune riche (7 espèces inscrites à l'annexe I de la directive « Oiseaux ») et justifie son intégration dans la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ».
ZNIEFF 1	Moins de 1,5km du tracé	110030011 : Friches du Lac de Créteil	Créteil	4,4 ha	Cette ZNIEFF présente une mosaïque et une diversité d'habitats, notamment des prairies et des friches entrecoupées de ronciers et de petits bosquets. Ces milieux sont favorables à la faune, notamment les insectes. Plusieurs espèces d'orthoptères ont été recensées sur le site dont deux sont protégées au niveau régional (la Mante religieuse et le Grillon d'Italie). Les friches et prairies sont directement menacées par la construction de lotissements.

Type de classement	Distance vis-à-vis du projet	Nom et numéro	Communes concernées par la ZNIEFF	Superficie en ha	Descriptif sommaire (source : INPN)
ZNIEFF 1	Moins de 1,5 km du tracé	110030014 : Boisement et prairies de l'Observatoire de Meudon	Meudon	67,5 ha	la ZNIEFF intègre les boisements et les prairies de l'Observatoire de Paris. Les pelouses sablo-calcaire et les prairies hébergent plusieurs espèces remarquables (protégées, déterminantes). La diversité des habitats est attractive pour une avifaune riche et variée.
ZNIEFF 2	Moins de 1,3 km du tracé	110001701 : Bois de Vincennes	Paris	774 ha	Les anciens boisements de chêne du Bois de Vincennes présentent un intérêt pour les coléoptères et les chiroptères. La mise en place d'une fauche tardive a permis le développement récent d'une entomofaune des milieux prairiaux.
ZNIEFF 1 ZNIEFF 2	Moins de 2 km du tracé	110001696 : Bois de Boulogne 110020422 - Vieux boisements et ilots de vieillissements du Bois de Boulogne	Paris, Boulogne-Billancourt	665,6 ha 127 ha	Le Bois de Boulogne accueille des populations de chiroptères et plusieurs insectes remarquables sur ses lisières et dans les vieux boisements. Les vieux bois ont un rôle majeur pour la faune saproxylique (notamment le Grand Capricorne) plutôt exceptionnel pour un massif enclavé comme celui-là. Les rives de la Seine permettent le développement de plusieurs plantes liées aux milieux humides et aux rives.
ZNIEFF 1	Moins de 2,5 km du fuseau d'étude	Prairies et boisements du Parc départemental de Sceaux	Antony, Sceaux	118,3 ha	La gestion différentiée a permis l'installation de plusieurs insectes intéressants sur les prairies fauchées tardivement. L'entomofaune forestière regroupe des cortèges d'espèces aux exigences biologiques (sapro-xylophages, xylophages, prédateurs) et écologiques très variées (sous-bois, lisières, frondaisons). Le parc accueille, par ailleurs, plusieurs espèces de chiroptères, dont l'Oreillard (Plecotus sp.), qui gîtent probablement sur place et profitent à la fois des prairies et des zones boisées protégées
ZNIEFF 1	Moins de 2,5 km du fuseau d'étude	Boisements et pelouses de la Maison Blanche	Neuilly-sur-Marne	16, 55 ha	L'intérêt principal de cette ZNIEFF concerne, d'une part, la chênaie centenaire et, d'autre part, les friches et les pelouses favorables au développement de la flore et de la faune, notamment les insectes. Parmi ces derniers, le site héberge le Demi-deuil (Melanargia galathea). Ce papillon fréquente les prairies, les pelouses et d'autres lieux herbeux riches en graminées et en plantes mellifères. L'espèce est déterminante ZNIEFF en Île-de-France. La ZNIEFF accueille aussi le Crache-sang (Timarcha tenebricosa). Ce coléoptère vit sur les gaillets Gallium sp. dont l'adulte et la larve se nourrissent. Cette espèce est rare et déterminante ZNIEFF en Île-de-france. Le ru et la mare forestière sont les principaux milieux humides de la zone.
	Légende : ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique Sources : Carte des ZNIEFF de type 1 (DRIEE, 2015), Carte des ZNIEFF de type 2 (DRIEE, 2015)				

Localisation des zonages d'inventaires relatifs au patrimoine naturel (source : DRIEE, 2015)



2.11.2.3 Les zonages fonciers au niveau du fuseau d'étude

Certains espaces bénéficient d'une politique foncière particulière. Il peut s'agir de périmètres régionaux d'intervention foncière (PRIF) identifiés en espace naturel, des Espaces Naturels Sensibles (ENS) des départements ou encore des Parcs Naturels Régionaux (PNR).

a. Les Espaces Naturels Sensibles

Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) ont pour objectifs de préserver la qualité des sites, des paysages, des milieux naturels et des champs d'expansion des crues, mais également d'être aménagés pour être ouverts au public, sauf exception justifiée par la fragilité du milieu naturel. La politique des ENS s'appuie sur les articles L142-1 à L142-13 et R142-1 à R142-19 du code de l'urbanisme. Pour parvenir à remplir ces objectifs, les Conseils départementaux disposent d'une palette d'outils : le droit de préemption (outil foncier), l'établissement de conventions de gestion que les Conseils départementaux peuvent passer avec des propriétaires en vue de l'ouverture au public, et la part départementale de la taxe d'aménagement qui est affectée à cette politique.

23 ENS des départements de Hauts-de-Seine (22) et du Val-de-Marne (1) sont localisées dans le fuseau d'étude et sont présentés dans le tableau en page suivante. 3 ENS supplémentaires sont présents aux abords du fuseau d'étude (2,5km) dans le département des Hauts-de-Seine (1), du Val-de-Marne (1) et de Seine-Saint-Denis (1).

Les Périmètres d'Intervention Foncière

Les périmètres régionaux d'intervention foncière (PRIF) sont des espaces naturels, agricoles, forestiers ou des milieux dégradés à réhabiliter, souvent classés comme espace naturel ou agricole dans les documents d'urbanisme. Leur localisation et leur délimitation sont décidées et votées par les conseils municipaux concernés, le conseil d'administration de l'Agence des Espaces Verts (AEV) puis par le conseil régional d'Ile-de-France. Sur ces périmètres, l'AEV est autorisée à acquérir ces terrains, ce qui permet d'en garantir la gestion.

La majorité des PRIF est située dans un anneau compris entre 10 et 30 km du cœur de l'agglomération parisienne, désigné sous le nom de ceinture verte. Ce projet régional, approuvé en 1983 et toujours d'actualité, vise à maîtriser le front urbain, protéger et étendre le domaine forestier et favoriser le maintien de l'agriculture périurbaine. Les PRIF sont un des outils utilisés pour ce projet de ceinture verte.

Aucun PRIF n'a été recensé au sein du fuseau d'étude. En revanche, aux abords du fuseau d'étude (2,5km), deux PRIFs sont identifiés et ont pour vocation de conforter la ceinture verte de la petite couronne parisienne : le PRIF du Maubué et le PRIF de l'Arc boisé du Val-de-Marne.

b. Les Parcs naturels régionaux

Un parc naturel est un territoire à l'équilibre fragile présentant un patrimoine riche et menacé. Il fait l'objet d'un projet de développement durable fondé sur la protection et la mise en valeur du patrimoine naturel, culturel et paysager de son territoire.

Il a notamment pour objet de protéger le patrimoine, notamment par une gestion adaptée des milieux naturels et des paysages, de contribuer à l'aménagement du territoire, de contribuer au développement économique, social, culturel et à la qualité de la vie.

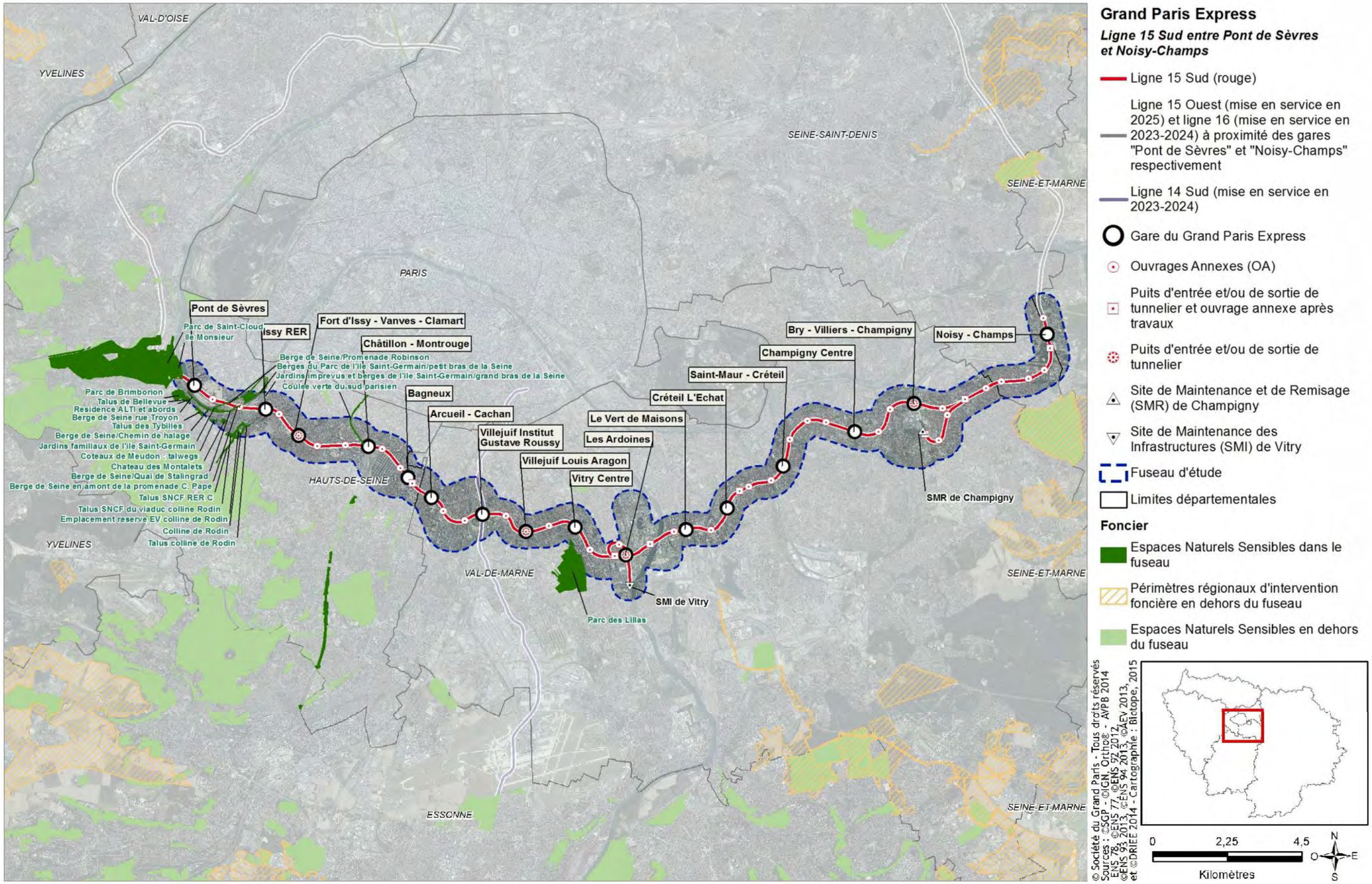
Aucun PNR n'est inclus dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud ou à ses abords (2,5km).

Zonages fonciers relatifs au patrimoine naturel et recensés sur la zone d'étude ou à proximité (source : Conseil départemental des Hauts-de-Seine et du Val-de-Marne)

Type de classement	Distance vis-à-vis du projet	Nom et numéro	Superficie en ha	Descriptif sommaire (source : CG92 et CG94)
Zonage foncier dans le fuseau d'étude				
ENS CG94	Situé à 350 mètres du tracé de référence- Vitry-sur-Seine	Parc des Lilas	96,7 ha	Ce vaste périmètre regroupe différents espaces dont les plus remarquables sont les « prairies mésophiles de fauche » fragmentaires et les friches. L'alternance des milieux ouverts et fermés, ainsi que l'hétérogénéité des strates arbustives et herbacées sont favorables à la faune notamment aux insectes.
ENS CG92	Situé à 480 mètres du tracé de référence - Meudon	Château des Montalets	1,26 ha	Coteaux boisés aux pentes raides largement préservés d'une urbanisation massive. De nombreux espaces sont difficiles d'accès et ont gardé un caractère très naturel : parc boisé de Brimborion, friche de la colline de Rodin, boisements des Tybilles, etc. La conjonction entre la géologie marno-calcaire et les pentes raides des coteaux de la Seine orientés nord, forme des conditions idéales pour la présence de pelouses calcaires et marneuses et de boisements de ravins. La présence de carrières présente aussi des potentialités d'accueil intéressantes pour les chiroptères qui pourraient y trouver refuges en hibernation.
ENS CG92	Situé à 600 mètres du tracé de référence - Meudon	Colline de Rodin	1,05 ha	
ENS CG92	Situé à 550 mètres du tracé de référence - Meudon	Coteaux de Meudon : talwegs	0,80 ha	
ENS CG92	Situé à 700 mètres du tracé de référence - Meudon	Emplacement réserve EV colline de Rodin	0,42 ha	
ENS CG92	Situé à 350 mètres du tracé de référence - Sèvres	Parc de Brimborion	8,72 ha	
ENS CG92	Situé à 400 mètres du tracé de référence - Sèvres, Meudon	Résidence ALTI et abords	2,11 ha	
ENS CG92	Situé à 450 mètres du tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Talus colline de Rodin	1,12 ha	
ENS CG92	Situé à 500 mètres du tracé de référence - Meudon	Talus de Bellevue	0,42 ha	
ENS CG92	Situé à 450 mètres du tracé de référence - Meudon	Talus des Tybilles	1,68 ha	
ENS CG92	Situé à 800 mètres du tracé de référence - Meudon	Talus SNCF du viaduc colline Rodin	3,05 ha	
ENS CG92	Sa partie nord est située à 100 mètres du tracé de référence - Malakoff	Coulée verte du sud parisien	28,65 ha	La coulée verte est l'un des espaces naturels linéaires majeurs de la région Ile-de-France. Son intérêt réside en particulier dans les relations qu'elle entretient avec d'autres espaces du département. Le talus ferroviaire de Malakoff abrite quelque espèces rares dans le département comme la Mauve musquée (Malva moschata), la potentielle dressée (Potentilla recta) ou l'orobranche des labiées (Orobranche alba).
ENS CG92	Situé sur le tracé de référence - Sèvres	Ile Monsieur	9,42 ha	L'île Monsieur constitue le prolongement naturel du parc de Saint-Cloud jusqu'à la Seine, mettant en relation deux entités naturelles majeures. Les berges arborées hébergent une espèce végétale (Centaurea leucophaea) jamais observée en Ile-de-France. Les espaces vacants peuvent être recolonisés par des zones de friches xériques intéressantes.
ENS CG92	Situé à 160 mètres du tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Jardins familiaux de l'ile Saint-Germain	0,74 ha	L'Ile Saint-Germain et les berges avoisinantes offrent une grande diversité de milieux naturels : ripisylves, et formations hélophytes des berges, friches calcicoles des jardins. Ces sites apportent une biodiversité intéressante dans un site urbain dense. Les friches des jardins rassemblent quatre espèces rares en Ile-de-France : Sisymbre de Loesel (Sisymbrium loselii), (Lepidium Graminifolirum), Belladone (Atropa belladonna) et le réséda blanc (Reseda alba).
ENS CG92	Situé à 180 mètres du tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Jardins imprévus et berges de l'ile Saint-Germain/grand bras de la Seine	7,34 ha	
ENS CG92	Situé à 300 mètres du tracé de référence - Meudon	Berge de Seine/Chemin de halage	2,41 ha	
ENS CG92	Situé sur le tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Berge de Seine/Promenade Robinson	0,57 ha	

Type de classement	Distance vis-à-vis du projet	Nom et numéro	Superficie en ha	Descriptif sommaire (source : CG92 et CG94)
ENS CG92	Situé à 100 mètres du tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Berge de Seine/Quai de Stalingrad	0.38 ha	
ENS CG92	Situé à 120 mètres du tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Berges du Parc de l'ile Saint-Germain/petit bras de la Seine	1,45 ha	
ENS CG92	Situé sur le tracé de référence - Issy-les-Moulineaux	Berge de Seine en amont de la promenade C. Pape	0,18 ha	
ENS CG92	Situé à 250 mètres du tracé de référence - Sèvres	Berge de Seine rue Troyon	0,73 ha	
ENS CG92	Situé sur le tracé de référence - Saint-Cloud	Parc de Saint-Cloud	317,70 ha	Le parc de Saint-Cloud est le plus grand espace naturel du département des Hauts-de-Seine. Il cumule les éléments identitaires les plus marquants des paysages du département : la Seine, les grands espaces boisés et les coteaux en bord de fleuve. Le parc abrite la gagée des Champs (Gagea arvensis), une des cinq espèces végétales protégées du département.
ENS CG92	Situé à 470 mètres du tracé de référence - Meudon	Talus SNCF RER C	3,88 ha	Plusieurs espaces naturels : parc municipal Casimir Davaine, talus boisés dominant l'hôpital à Garches, anciennes réserves foncières de l'A86 et parc de la résidence de Vaucresson, formant un arc boisé. Cet espace boisé occupe une position stratégique entre la forêt de Meudon et les espaces naturels des coteaux du Val-de-Seine, écologiquement fragiles parce qu'isolés.
Zonage foncier aux abords du fuseau d'étude (2,5km)				
PRIF	Moins de 1km Champs-sur-Marne, Emerainville, Le-Plessis-Trevise, Lognes, Noisiel, Noisy-le-Grand, Pontault-Combault, Villiers-sur-Marne	PRIF du Maubué (concerne la forêt régionale du Maubué)	636 ha	Grands massifs forestiers avec le bois Saint-Martin, Célie, Malnoue, Grange et Boulay, ce PRIF à dominante forestière a été créée en 1999 pour répondre à la volonté de conserver une ceinture verte en petite couronne parisienne.
PRIF	Sites situés entre 1km et moins de 2,5km du tracé de référence Créteil, Limeil-Brévannes, Mandres-les-Roses, Marolles-en-Brie, Santeny, Valenton, Villecresnes, Yerres	Arc boisé du Val-de-Marne (concerne la Tégéval)	98 ha	PRIF créée en 1999 composé de plusieurs entités : vallée de Yerres, Réveillon, grands massifs forestiers de Grosbois et La Grange La zone présente dans le fuseau d'étude éloignée (<2.5km) est la coulée verte structurante « La Tégéval ».
ENS CG93	Situé à 800 mètres du tracé de référence Noisy-le-Grand	Bois Saint-Martin	273,5 ha	Il s'agit du dernier grand boisement privé de la petite couronne, qui n'a pas subi les atteintes de l'urbanisation. Un réseau de mares riches en amphibiens et une grande prairie fauchée annuellement sont les atouts principaux du site pour la faune. Le substrat sableux induit la croissance de nombreuses espèces acidiphiles, dont certaines remarquables qui sont liées aux landes et aux chênaies acidiphiles. Plusieurs espèces d'intérêt ont également été recensées au sein des mares ou sur les berges de ces dernières. La proximité de la nappe dans certains secteurs favorise la croissance des plantes plus spécifiques des milieux marécageux, voire paratourbeux.
ENS CG92	Sites situés en dehors du fuseau d'étude jusqu'à 2,5km autour	Nombreuses entités	998,6 ha (somme des surfaces)	Par soucis de lisibilité, les entités hors fuseau ne sont pas décrites spécifiquement.
ENS CG94	Situé à 1 km du tracé de référence Ivry-sur-Seine	Fort d'Ivry	10,9 ha	Fort datant du 19e siècle. Les fossés accueillent aujourd'hui des jardins ouvriers.
Légende : ENS : Espace Naturel Sensible Sources : Carte des ENS (CG 92, juin 2012 ; CG 94, 2013 ; CG93, 2013)				

Localisation des zonages fonciers relatifs au patrimoine naturel (source : Conseil départemental des Hauts-de-Seine, Conseil génral du Val-de-Marne et AEV)



2.11.2.4 Zonages réglementaires au niveau du fuseau ou à ses abords

La carte en page suivante localise les zonages réglementaires du patrimoine naturel dans le fuseau d'étude de base et le fuseau d'étude éloignée (2,5 km autour du fuseau de base). Ces zonages sont listés dans le tableau en page suivant.

Les zonages réglementaires correspondent à des sites dans lesquels les interventions dans le milieu naturel peuvent être contraintes au titre de la législation ou de la réglementation en vigueur. Ce sont les sites du réseau européen NATURA 2000, les arrêtés préfectoraux de protection de biotope, les réserves naturelles nationales et régionales… Les textes régissant ces espaces font partie du Code de l'environnement.

a. Les arrêtés de protection de biotope (APB)

Il s'agit d'un outil de protection fort qui concerne un espace limité. Un biotope est une aire géographique bien délimitée, caractérisée par des conditions particulières (géologiques, hydrologiques, climatiques, sonores, etc.).

Un APB est présent sur le fuseau d'étude : il s'agit des Iles de la Marne de la Boucle de Saint-Maur.

Un APPB est également présent dans le fuseau d'étude éloigné sur la commune de Noisy-le-Grand, l'APB « Bois de Saint-Martin ».

b. Les Réserves naturelles

Les réserves naturelles sont des espaces naturels protégeant un patrimoine naturel remarquable par une réglementation adaptée prenant également en compte le contexte local. Depuis la loi 2002-276 du 27 février 2002 relative à la démocratie de proximité, il existe les réserves naturelles nationales et les réserves naturelles régionales qui reviennent à la collectivité régionale.

Une réserve naturelle départementale est présente dans le fuseau d'étude, il s'agit également des Iles de la Marne.

Dans le fuseau d'étude éloigné, seule la réserve naturelle régionale des Iles de Chelles est localisée à moins de 1,5km de l'extrémité est du fuseau d'étude.

c. Les forêts de protection

La « forêt de protection » est le statut le plus strict pour la protection des forêts. Il crée une servitude nationale d'urbanisme qui soumet la forêt à un régime forestier spécial. Ce régime entraîne une restriction de la jouissance du droit de propriété : tout défrichement est notamment interdit ainsi que toute implantation d'infrastructure. Une gestion forestière est possible en tenant compte des enjeux à protéger. Le régime forestier spécial permet également de contrôler la circulation du public et des véhicules motorisés.

Aucune forêt de protection n'est présente sur le fuseau d'étude.

Dans le fuseau d'étude éloigné, une seule forêt de protection est identifiée : la forêt de Fausses Reposes.

d. Les sites Natura 2000

Le Réseau Natura 2000 comprend des sites naturels contenant des habitats et des espèces d'importance européenne en application des directives européennes 79/409/CEE dite Directive « Oiseaux » et 92/43/CEE modifiée dite Directive « Habitats ».

Il s'agit des propositions de Sites d'Intérêt Communautaire (pSIC), des Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) et des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) de la Directive 92/43/CEE modifiée, dite Directive « Habitats », et des Zones de Protection Spéciales (ZPS) de la Directive 79/409/CEE, dite Directive « Oiseaux ».

Les projets, dans ou hors site Natura 2000, doivent faire l'objet d'une évaluation de leurs incidences dès lors qu'ils sont susceptibles d'avoir un impact notable sur les habitats ou les espèces d'intérêt communautaire d'un site Natura 2000. Ces zones Natura 2000 font l'objet d'une réglementation particulière au titre du Code de l'environnement, art. R414-19 : « Sauf mention contraire, les documents de planification, programmes, projets, manifestations ou interventions listés au I sont soumis à l'obligation d'évaluation des incidences Natura 2000, que le territoire qu'ils couvrent ou que leur localisation géographique soient situés ou non dans le périmètre d'un site Natura 2000. »

La Zone de Protection Spéciale « Site de Seine-Saint-Denis » est présente dans le fuseau d'étude éloigné et fait l'objet d'un paragraphe spécifique afin d'analyser les incidences éventuelles sur le réseau Natura 2000(Cf. 2.11.3).

2.11.2.5 Synthèse sur les zonages du patrimoine naturel

Les ZNIEFFs de type 1 « Mares et boisements de la Butte Verte » (concerné par le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs) et « Friche de la Bonne Eau » (secteur concerné par la base ferroviaire de Champigny) se situent intégralement dans le fuseau d'étude respectivement au niveau de la commune de Noisy-le-Grand et des communes de Villiers-sur-Marne et Champigny-sur-Marne.

D'autres zonages se trouvent partiellement inscrits dans le fuseau d'étude et concernent des surfaces peu importantes de celui-ci :

- Le Parc des Lilas est à la fois une ZNIEFF de type 1 et un ENS. Il intercepte le fuseau d'étude à Vitry-sur-Seine.

- Les Iles de la Marne sont à la fois une réserve naturelle départementale, un APPB et une ZNIEFF de type 1. Elles interceptent le fuseau d'étude à Champigny-sur-Marne et Chennevières-sur-Marne.

De nombreux ENS sont présents au sein du fuseau d'étude, notamment sur le territoire des Hauts-de-Seine, à l'ouest du fuseau d'étude, témoignant d'une richesse écologique encore présente ponctuellement sur des sites parfois relictuels qu'il convient de préserver dans un contexte urbain .

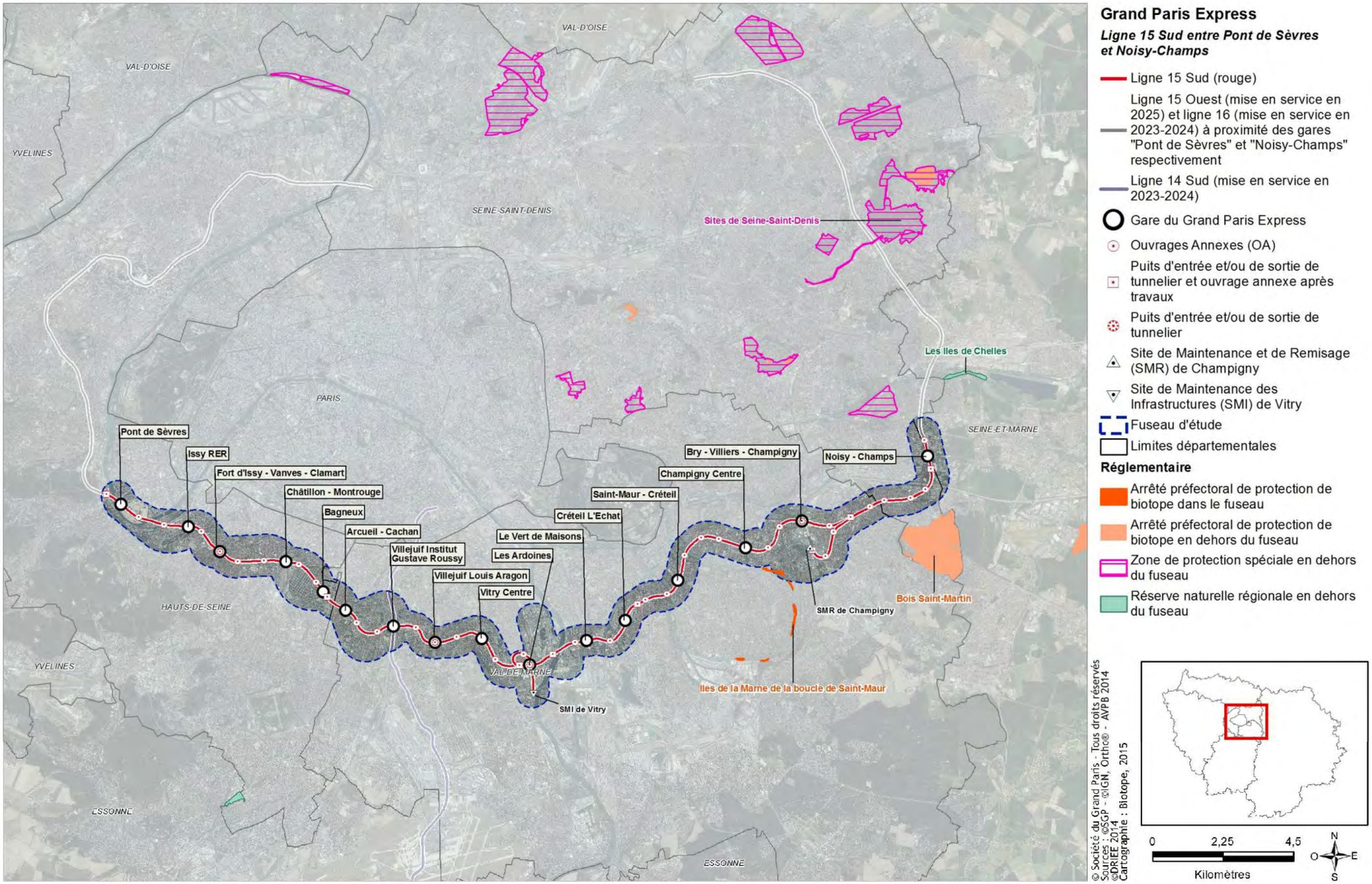
Zonages réglementaires relatifs au patrimoine naturel et recensés sur la zone d'étude ou à proximité

Type de zonages	Distance vis à vis du projet et communes concernées	Nom et numéro	Superficie	Caractéristiques du site (source : INPN, fiche descriptive des sites)
Zonage réglementaire dans le fuseau d'étude				
APPB RN Dpt	A moins de 500m du tracé Champigny-sur-Marne, Chennevières-sur-Marne	FR3800716 : Iles de la Marne de la boucle de Saint-Maur	13,2 ha	Ces îles, dont les berges sont relativement naturelles, sont soumises aux crues annuelles. L'intérêt faunistique réside essentiellement dans le maintien, par secteurs, de lambeaux de forêts alluviales. La plupart des berges sont naturelles ou peu artificialisées. Celles en pente douce accueillent une végétation pionnière spécifique des grèves alluviales. Ces deux habitats sont de grande valeur puisque peu répandus en Île-de-France. Il faut noter la pérennisation de deux espèces protégées au niveau régional : la Cuscute d'Europe (Cuscuta europea) et la Cardamine impatiente (Cardamine impatiens) ; ces deux plantes ont été régulièrement observées entre 1993 et 2003.
Zonage réglementaire hors fuseau d'étude (<2,5km)				
APPB RNR ZNIEFF 1	A moins de 1km du tracé Noisy-le-Grand	FR3800681 : Bois de Saint-Martin	288,7 ha	Il s'agit d'un grand boisement privé de la petite couronne, qui n'a pas subi les atteintes de l'urbanisation. Un réseau de mares riches en amphibiens et une grande prairie fauchée annuellement sont les atouts principaux du site pour la faune. 11 espèces déterminantes ZNIEFF (amphibiens, reptiles et insectes), et 9 espèces flore déterminantes ZNIEFF ont été identifiées sur ce site. 3 espèces d'amphibiens, 1espèce de chiroptère et 4 espèces d'oiseaux protégées sont aussi localisées sur le secteur.
RNR	A 2km du tracé Chelles	324988 : Les Iles de Chelles	13,4 ha	Située à vingt kilomètres à l'est de Paris, la réserve naturelle des Îles de Chelles est composée d'un chapelet d'îles et d'îlots boisés situé dans une partie non navigable de la Marne. Malgré un contexte urbain, ses 5 hectares conservent un caractère naturel marqué jouant un rôle refuge notamment pour l'avifaune. Parmi les 53 espèces d'oiseaux observés, 17 sont nicheuses dont le martin-pêcheur et la bergeronnette des ruisseaux.
Natura 2000	A moins de 2km de la gare de Noisy-Champs pour le Parc de la Haute Ile, A moins de 5km du tracé pour le Parc des coteaux d'Avron et par le parc des Beamonts	FR1112013 : ZPS Sites de Seine-Saint-Denis	1157 ha	Ce site est constitué de 15 entités réparties sur le territoire du département de Seine-Saint-Denis (93), et sur le département du Val d'Oise (95) pour une infime partie. Dix espèces d'oiseaux citées dans l'annexe 1 de la directive " Oiseaux " fréquentent de façon plus ou moins régulière les espaces de ces entités, qu'elles soient sédentaires ou de passage. Espèces ayant motivé la désignation en site Natura 2000 : Butor étoilé, Blongios nain, Bondrée apivore, Busard Saint-Martin, Busard cendré, Hibou des marais, Martin-pêcheur d'Europe, Pic noir, Gorgebleue à miroir, Pie-grièche écorcheur Habitats présents : Forêt caducifoliées, vignes, vergers (>60%), prairies améliorées (>15%), prairies semi-naturelles (5%), zones humides (landes humides et milieux tourbeux) (<5%). Autres : zones urbanisées, industrielles, etc. (10%) L'entité la plus proche est l'Ile-Saint-Denis où le Martin-pêcheur niche occasionnellement sur la partie aval de l'île. La Sterne pierregarin dispose également de territoire de chasse associé à des zones de nidification potentielle. Par ailleurs, ce site accueille plus de 250 à 300 Grand Cormoran en dortoir hivernal. Le Faucon crécerelle est un nicheur avéré sur la partie aval du site.

Légende : RNR : Réserve Naturelle Régionale ; RN Dpt : Réserve naturelle départementale : Zonage sans valeur réglementaire ; APPB : Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

Sources : Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope (DRIEE, 2008), sites Natura 2000 (DRIEE, 2011)

Localisation des zonages réglementaires relatifs au patrimoine naturel (source : DRIEE, 2008, 2011)



2.11.3 Zoom sur le réseau Natura 2000 aux abords du fuseau d'étude

Une analyse des sites Natura 2000 5km autour du fuseau d'étude permet d'apprécier la situation du projet vis-à-vis de ces espaces remarquables pour les milieux naturels.

Aucun site Natura 2000 n'est recensé dans le fuseau d'étude.

Le site Natura 2000 le plus proche se situe à moins de 1km du fuseau d'étude sur l'extrémité est du fuseau. Il s'agit de la ZPS « FR1112013 - Sites de Seine-Saint-Denis », de la directive « Oiseaux ».

L'entité la plus proche est représentée par le Parc Départemental de la Haute Ile à moins de 1km de l'extrémité est du fuseau d'étude. Les autres sites les plus proches se situent à environ 5km du fuseau d'étude avec le parc intercommunal du Plateau d'Avron et la Promenade de la Dhuis.

2.11.3.1 Contexte général de la ZPS FR 1112013 « Sites de Seine-Saint-Denis »

La Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR 1112013 « Sites de Seine-Saint-Denis » est constituée de 15 entités, réparties sur le territoire du département de Seine-Saint-Denis (93), et une petite partie sur le département du Val d'Oise (95). Cette ZPS s'étend sur 20 communes, soit la moitié des villes du département de Seine-Saint-Denis et couvre une superficie de 1 152 hectares.

Entités de la Zone de Protection Spéciale FR 1112013 « Sites de la Seine-Saint-Denis » (source : DocOb « Sites de Seine-Saint-Denis »)

Entités	Superficie intégrée à la ZPS
Parc départemental du Sausset	187 ha
Parc départemental Georges Valbon (anciennement Parc de la Courneuve)	312 ha
Parc départemental de l'Ile-Saint-Denis	33 ha
Bois de la Tussion	19 ha
Parc forestier de la Poudrerie	123 ha
Bois de Bernouille	39 ha
Parc départemental de la Fosse Maussoin	27 ha
Parc départemental Jean Moulin – Les Guilands	26 ha
Parc communal des Beaumonts	25 ha
Parc départemental de la Haute-Ile	73 ha
Coteaux et plateau d'Avron	66 ha
Coteaux de Coubron	82 ha
Forêt régionale de Bondy	166 ha
Bois de Chelles	22 ha
Promenade la Dhuis	11 ha

2.11.3.2 Caractéristiques biologiques du site

La ZPS « Sites de la Seine-Saint-Denis » est composée à plus de 50% de milieux forestiers (boisement de feuillus, boisement de conifères, ripisylve…). Les milieux ouverts (clairière, fourré arbustif, prairie) sont également bien représentés sur la ZPS, ils représentent environ 20 % du site. Les pelouses et cultures constituent 14,1% du site et les milieux humides seulement 4,4%.

Ce site Natura 2000 présente plusieurs caractéristiques qui font de lui un ensemble de sites original et novateur. Il s'agit du seul site européen intégré au sein d'une zone urbaine dense, ce qui confère un caractère presque expérimental à cette désignation et justifie une approche spécifique dans la prise en compte de ce site. De plus, il possède un patrimoine ornithologique exceptionnel en milieu urbain : parmi les oiseaux fréquentant les sites, il y a dix espèces listées dans l'annexe I de la directive « Oiseaux ». Enfin, il est considéré comme un site-réseau à l'échelle départementale : il s'étend sur 15 parcs et forêts.

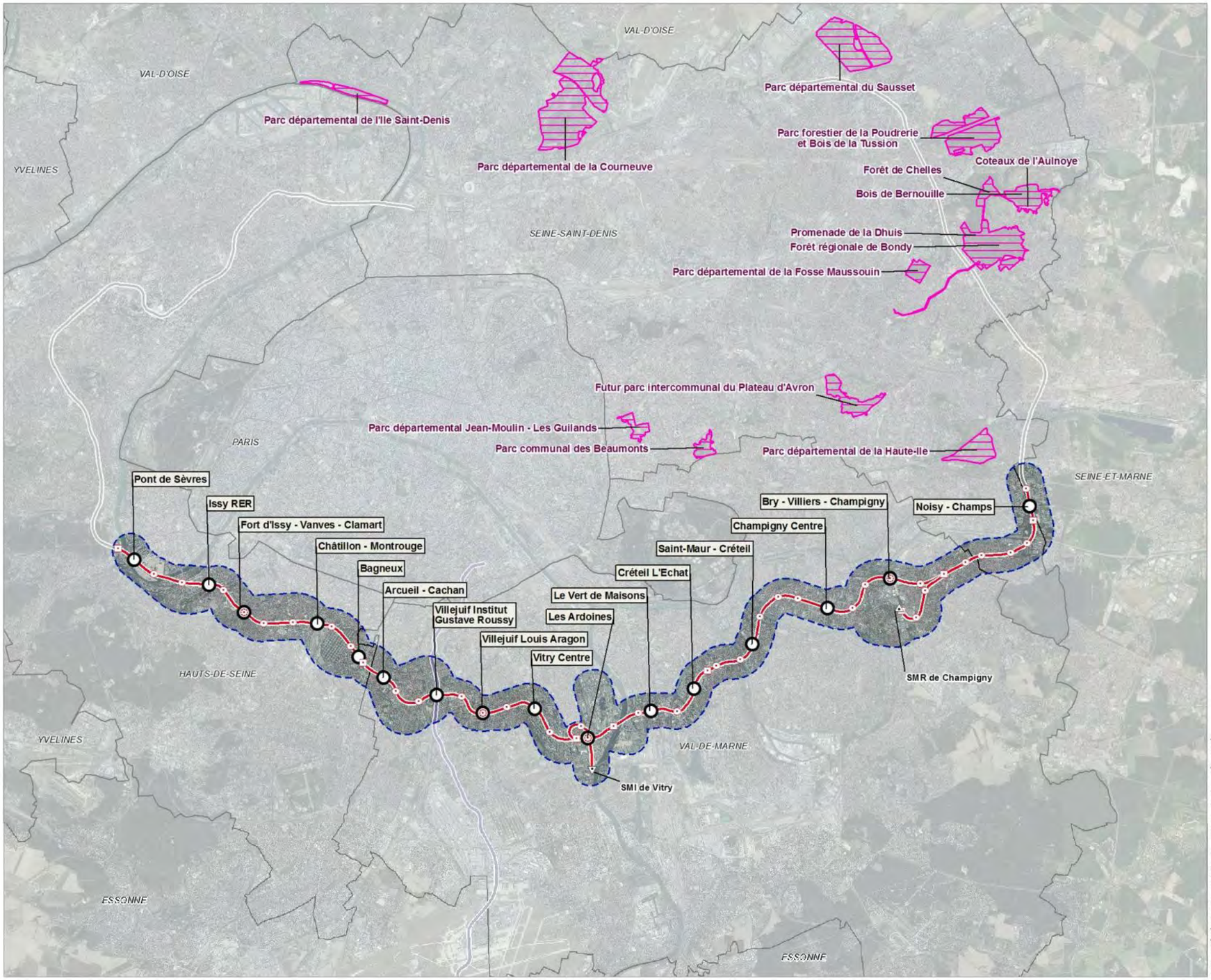
Les dix espèces visées à l'annexe I de la directive européenne « Oiseaux » et listées au Formulaire Standard de Données (FSD) qui ont permis la désignation du site au réseau Natura 2000 sont listées dans le tableau ci-après.

Espèces inscrites au FSD du site Natura 2000 FR 1112013

Code	Nom français	Nom scientifique
A021	Blongios nain	Ixobrychus minutus
A022	Butor étoilé	Botaurus stellarus
A072	Bondrée apivore	Pernis apivorus
A082	Busard-Saint-Martin	Circus cyaneus
A084	Busard cendré	Circus pygargus
A222	Hibou des marais	Asio flammeus
A229	Martin pêcheur d'Europe	Alcedo atthis
A236	Pic noir	Dryocopus martius
A272	Gorgebleue à miroir	Luscinia svecica
A338	Pie Grièche écorcheur	Lanius collurio

Deux autres espèces, également inscrites à l'annexe I de la directive Oiseaux, trouvent des habitats favorables au sein de cette Zone de Protection Spéciale. Ces espèces n'avaient pas été prises en compte lors de l'élaboration du Formulaire Standard de Données (FSD) car leur statut était alors mal connu en Seine-Saint-Denis. Il s'agit du Pic mar – Dendrocopus medius (code Natura 2000 : A 238), qui est nicheur sédentaire sur plusieurs entités de la Zone de Protection Spéciale et ce depuis quelques années, et la Sterne pierregarin – Sterna hirundo (code Natura 2000 : A 103) qui est nicheuse récente au sein du parc départemental de la Haute-Ile et sur le parc du Sausset (récemment ajouté au FSD). Le statut des espèces dans les différentes entités est explicité en page suivante.

Localisation du site ZPS « Seine Saint Denis » (source : DRIEE, 2011)



2.11.3.3 Les sites à proximité du fuseau d'étude

Aucune entité de la ZPS n'est située dans le fuseau d'étude. Toutefois, un focus particulier est fait sur le Parc départemental de la Haute Ile du fait sa présence aux abords du fuseau d'étude (à moins de 1km) et des interactions potentielles avec le projet.

Liste des entités de la ZPS « Sites de Seine Saint Denis »

Entités de la ZPS « Sites de Seine Saint Denis »	Situation par rapport au fuseau d'étude
Parc départemental de l'Ile-Saint-Denis	Non concerné et à plus de 20km
Parc départemental Georges Valbon	Non concerné et à plus de 15km
Parc départemental Jean-Moulin – Les Guilands	Non concerné et à plus de 5km
Parc départemental des Beaumonts	Non concerné et à plus de 4km
Parc départemental du Sausset	Non concerné et à plus de 10km
Futur parc intercommunal du Plateau d'Avron	Non concerné et à plus de 4km
Parc départemental de la Fosse Maussoin	Non concerné et à plus de 5km
Parc Forestier de la Poudrerie	Non concerné et à plus de 10km
Bois de la Tussion	Non concerné et à plus de 10km
Parc départemental de la Haute-Ile	Non concerné et à moins de 1km
Forêt régionale de Bondy	Non concerné et à plus de 5km
Promenade de la Dhuis (partie b et c)	Non concerné et à plus de 5km
Coteaux de l'Aulnoye comprenant Coteau de Coubron, Bois de Bernouille, Bois de Chelles, Promenade de la Dhuis (partie a)	Non concerné et à plus de 5km

2.11.3.4 Focus sur le Parc départemental de la Haute Ile

a. Localisation et fréquentation

Le Parc de la Haute-Ile se situe à l'est du département de la Seine-Saint-Denis sur la commune de Neuilly-sur-Marne à une dizaine de kilomètres de Paris. Le parc départemental de la Haute-Ile s'étend sur 65 ha environ d'anciennes terres agricoles entre la Marne au sud et à l'est et le canal de Chelles au nord. A ce jour, le parc est en partie ouvert au public et n'est pas fréquenté de manière trop importante.

b. Patrimoine naturel

Le parc départemental de la Haute-Ile s'inscrit dans différents périmètres d'inventaire et de protection du patrimoine naturel :

- Zone de Protection Spéciale Natura 2000 de la Seine-Saint-Denis ;
- Zone Naturelle d'intérêt Écologique Faunistique et Floristique de type I « Plaine inondable de la Haute-Ile ».

Les espèces ayant permis le classement de ce site en ZPS sont les suivantes : Bondrée apivore, Busard cendré, Busard Saint-Martin, Gorgebleue à miroir, Hibou des marais, Martin pêcheur d'Europe, Pie-grièche écorcheur, Sterne pierregarin.

Statut des espèces listées au FSD du site Natura 2000 FR1112013 sur le Parc de la Haute Ile

Espèces inscrites au FSD	Statut sur le Pars de la Haute Ile
Blongios nain	Absent
Bondrée apivore	Territoire de chasse
Busard cendré	Passage anecdotique en période migratoire
Busard Saint-Martin	Hivernant occasionnel, migrateur occasionnel
Butor étoilé	Absent
Gorgebleue à miroir	Migrateur occasionnel
Hibou des marais	Migrateur occasionnel, hivernant potentiel
Martin-pêcheur d'Europe	Nicheur régulier
Pic noir	Absent
Pic mar	Absent
Pie grièche écorcheur	Migrateur occasionnel (espèce anciennement nicheuse)
Sterne pierregarin	Nicheur certain récent, Territoire de chasse associé à des zones de nidification proches

Occupation du sol par type de milieu

Milieux	Surface (ha)	Pourcentage
Milieux humides	18,2	23,6%
Milieux forestiers	18,1	23,5
Pelouses et cultures	0,2	0,3%
Milieux ouverts	35,7	46,3%
Zones non végétalisées	4,9	6,3%
Total	77,1	100%

Les aménagements ainsi que la gestion différenciée qui est menée sur le site permettent l'accueil d'une centaine d'espèces d'oiseaux, parmi lesquels se trouvent certaines espèces de la directive « Oiseaux ». Un radeau à Sternes a été installé sur le site, il constitue un habitat favorable pour la nidification des Sternes pierregarin. La Martin-pêcheur s'observe régulièrement sur les berges de la Marne et du canal. Des observatoires ornithologiques ont été installés sur le parc afin que les visiteurs puissent observer les oiseaux tout en préservant leur tranquillité.



Parc de la Haute-Ile - Observatoire ornithologique (source : Biotope)



Parc de la Haute-Ile Radeau à Sternes (source : Biotope)

c. Contexte hydrologique du parc : plan d'eau du parc, contexte géologique, hydrogéologique et piézométrie

Le Parc départemental de la Haute-Ile est situé dans une boucle de la Marne. Le terrain du parc est isolé par le Canal de Chelles qui commence sur la commune Vaires-sur-Marne (77) en amont et se termine sur la commune de Neuilly-sur-Marne à l'aval immédiat du parc.

Il n'y a pas de réseau hydrographique superficiel en dehors de la Marne et du canal.



Parc de la Haute-Ile – Le Canal de Chelles



Parc de la Haute Ile – La Marne au niveau de l'amont du parc

La Marne, dans sa section qui longe le parc, n'a pas été chenalisée du fait de la présence du canal. Côté est, en amont du parc, la Marne effectue un virage à angle droit qui lui permet de s'écarter du canal.

Les plans d'eau, tels qu'ils existent aujourd'hui, transcrivent les anciens tracés du lit de la Marne. Ces plans d'eau sont alimentés directement par les eaux souterraines. Il n'y a pas d'apport, sauf des fuites non maîtrisées, depuis le Canal de Chelles.

La source d'alimentation en eau souterraine du Parc de la Haute Ile se situe dans le piémont de la butte de l'Aulnoye, en amont du Canal de Chelles. Seule la rive droite de la Marne est concernée par l'alimentation en eau du parc. La rive gauche ne l'est pas, la Marne jouant le rôle de barrière hydraulique.

d. Gestion des niveaux d'eau dans les plans d'eau

Les trois plans d'eau du Parc n'ont pas d'exutoire avec les eaux superficielles. Le niveau d'eau dans chacun d'eux dépend donc directement du niveau piézométrique de la nappe des alluvions. En revanche, ils sont directement interconnectés entre eux, la connexion se faisant par l'intermédiaire d'ouvrages hydrauliques fixes. Les trois plans d'eau sont situés en série, c'est-à-dire qu'ils se déversent les uns dans les autres et qu'il existe un plan d'eau amont et un plan d'eau aval, le troisième servant d'intermédiaire. Ce circuit d'eau est adapté au gradient piézométrique existant sur le site perpendiculairement à la Marne. Ce gradient, variant de 1 à 2 m en fonction du niveau d'eau de la Marne, permet l'étagement des niveaux d'eau dans les plans d'eau et donc la circulation de l'eau entre eux. Il n'y a pas de gestion humaine significative des niveaux d'eau sur le parc car la piézométrie de la nappe en est le déterminant essentiel.

2.11.3.5 Synthèse sur le réseau Natura 2000 aux abords du fuseau d'étude

Aucun site Natura 2000 n'est recensé sur le fuseau d'étude. L'entité du site Natura 2000 « Sites de Seine-Saint-Denis » - FR 1112013 - la plus proche se trouve à moins de 1km du fuseau d'étude : le Parc de la Haute-Ile. Les espèces les plus emblématiques de ce site sont le Martin-pêcheur et la Sterne pierregarin qui sont nicheurs sur le site.

2.11.4 Approche écologique des milieux naturels, espèces et habitats d'espèces

Le contexte urbain dense restreint les milieux naturels qui ne sont plus que relictuels. Plusieurs espaces semi-naturels sont toutefois identifiés via les zonages du patrimoine naturel, l'analyse de l'occupation du sol et la connaissance du territoire par les naturalistes. Il s'agit d'espaces verts, de parcs urbains ou de zones de friches généralement anthropisées mais présentant des potentialités d'accueil pour une faune protégée voire patrimoniale.

La pression de prospection opérée sur les secteurs d'aménagement du projet (ouvrage, gare, SMR, SMI) est dépendante des enjeux écologiques pressentis. Une distinction a été faite entre des expertises naturalistes spécifiques pour un groupe d'espèce ciblé et des expertises de potentialité suite à un simple passage d'écologue. Le choix de cette distinction se base notamment sur les inventaires réalisés depuis 2011, sur l'analyse de la bibliographie des territoires communaux concernés par le fuseau et sur de la photo-interprétation.

Les sites d'expertise naturaliste se sont focalisés sur les sites présentant un intérêt potentiel pour la flore ou la faune. Les sites ne présentant pas d'enjeu faune flore ont fait l'objet d'une visite de terrain par un écologue afin de confirmer cette hypothèse. Des compléments d'expertises ont fait suite sur des secteurs d'aménagement à enjeux de manière à adapter la pression de prospection aux enjeux écologiques : c'est le cas pour les secteurs d'aménagement de la gare de Villejuif, de la gare de Noisy-Champs, de la Friche Arrighi Vitry, de la base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny et du SMR.

Les secteurs d'aménagement prospectés sont localisés sur la carte en page suivante.

Chaque élément du projet (ouvrage, gare, SMR, SMI) de la Ligne 15 Sud a fait l'objet d'un passage d'un écologue ou d'expertises naturalistes.

2.11.4.1 Sites ayant fait l'objet d'expertises naturalistes

Une première analyse des potentialités écologiques a été réalisée en 2011. Suite à ce passage, plus de quarante jours de terrain ont été réalisés entre 2013 et 2014.

Les sites expertisés, les dates de passage sont présentées dans le tableau suivant :

Sites inventoriés, dates et météorologie

Date	Météorologie	Secteur d'aménagement	Groupes expertisés
Passage d'un botaniste sur l'ensemble des secteurs d'aménagement du projet			
02 et 03 /10/2014	T° 15 à 23°C Temps stable	Ave Mederic Noisy Le Grand Rue Mozart Sentier Des Marins Rue Du General Leclerc Ave Maurice Thorez Clos Du Pré De L'Etang Rp Du Colonel Grancey Champigny Av Roger Salengro Champigny Ave Charles Floquet Gare Saint Maur Créteil Rue Du Port Créteil Ave Ceinture Gare Créteil L'Echat Université Créteil Rue De Rome SMI Vitry	Flore / habitats naturels (passage d'écologue)
		Gare Des Ardoines Centre Technique Municipal Vitry Rue Gabriel Péri Gare Villejuif Louis Aragon Rue Jules Joffrin Gare Chatillon Montrouge Gare D'Issy RER Place de la résistance ZAC SAEM	
Flore et habitats			
03/07/2013	-	OA Blvd de Champs Nesles Champs sur Marne Gare de Noisy-Champs OA Blvd du Ru de Nesles Noisy de Grand Parc de la Butte verte	Flore / habitats naturels
26/09/2013 au 29/09/2013	Ensoleillé	SMR Champigny	Flore / habitats naturels
17/06/2014	Beau temps	OA Ile de Monsieur Gare de Pont de Sèvres	Flore / habitats naturels
18/06/2014	Beau temps	Gare de Bagneux OA Parc Henri Barbusse OA Fort de Vanves / J. Mermoz (Cimetière Parisien) OA Pierre Plate	Flore / habitats naturels
19/06/2014	Beau temps	Gare de Villejuif IGR - Parc départemental des Hautes Bruyeres	Flore / habitats naturels
24/06/2014	Beau temps	OA Blvd de Champs Nesles Champs sur Marne Gare de Noisy-Champs OA Blvd du Ru de Nesles Noisy de Grand Gare de Bry-Villiers-Champigny Gare de Champigny Centre Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny OA Ave Henri Dunant OA Place des Yvris SMR Champigny Puits d'entrée du Tunnelier (Parc du Plateau) OA Rue du Ballon Boisement au nord Butte Verte	Flore / habitats naturels
25/06/2014	Beau temps	Gare Le vert de Maisons Gare Vitry Centre (parc du Coteau) OA Entrée rue Louis Marchandise et Ave. Albert Thomas Vitry	Flore / habitats naturels
26/06/2014	Beau temps	OA Parc Robespierre	Flore / habitats naturels
02/07/2014	Beau temps	Parc de la Butte Verte	Flore / habitats naturels
03/07/2014	Beau temps	Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart OA Square Malleret Joinville	Flore / habitats naturels
07/07/2014	Nuageux	Friche Arrighi Vitry	Flore / habitats naturels
09/07/2014	Nuageux	Gare Arcueil-Cachan OA Square G de Gaulle (Parc Raspail) OA Jardin panoramique	Flore / habitats naturels
09/09/2014	-	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Flore / habitats naturels

Date	Météorologie	Secteur d'aménagement	Groupes expertisés
Faune			
01/12/2011	-	Friche Arrighi Vitry Ile Saint Germain Parc Municipal Frédéric Juliot Curie Abbaye Saint Maur Ile de Monsieur	Potentialité toute faune
24/04/2013	Temps doux et humide T>10°C la nuit	Gare de Noisy-Champs Parc de la Butte Verte	Amphibiens
01/05/2013	Très beau temps T>20°C	Gare de Noisy-Champs Parc de la Butte Verte	Insectes
04/03/2014	Ciel clair, vent nul, 5 à 11°C	Parc des Hautes-Bruyères	Amphibiens
11/04/2014	Ciel clair, vent nul, 9 à 18°C	Parc des Hautes-Bruyères	Amphibiens
14/05/2014	Temps ensoleillé, 8 à 20°C	Gare de Noisy-Champs Parc de la Butte Verte	Amphibiens
23/05/2014	Beau temps avec passages nuageux ; températures comprises entre 15 et 17°C ; vent faible de secteur sud	SMR Champigny Parc de la Butte Verte	Oiseaux nicheurs
05/06/2014 et 06/06/2014	Ensoleillé, 22 à 25 °C	Ile de Monsieur Gare Pont de Sèvres	Potentialités frayères
06/06/2014	Ensoleillé, 22 à 25 °C	Friche Arrighi Vitry Impasse de l'Abbaye	Potentialités frayères
10/06/2014	Temps un peu nuageux puis couvert, puis pluie Pas de vent T=25°C Quelques éclaircies en fin de journée	Ile de Monsieur Gare Pont de Sèvres Cimetière Parisien Gare Fort D'Issy/Vanves/Clamart Fort de Vanves Square Malleret Joinville Parc Henri Barbusse	Avifaune
11/06/2014	Un peu nuageux Pas de vent T=23°C	Gare Arcueil-Cachan Jardin Panoramique Square Charles de Gaulle – Parc Raspail Parc Robespierre OA Pierre Plate Gare de Villejuif Rue Louis marchandise et avenue Albert Thomas Vitry (anciennement Avenue Youri Gargarine) OA rue du Génie (anciennement rue Camélinat) Gare de Vitry Centre Friche Arrighi Vitry	Avifaune
12/06/2014	-	Gare Vert de Maison Impasse de l'Abbaye Gare de Bry / Villiers / Champigny Gare de Champigny Centre SMR Champigny OA Rue Gustave Eiffel	Avifaune
13/06/2014	Beau temps Vent ouest faible T=26°C	Friche Arrighi Vitry OA Henri Dunant Place des Yvris OA Rue des Ballons Boisement au nord de Noisy-Champs Gare de Noisy-Champs Parc de la Butte Verte	Avifaune
17/06/2014	-	Boisement au nord de Noisy-Champs	Chiroptères
07/07/2014	Dégagé puis couvert, doux, vent faible	Friche Arrighi Vitry Rue Louis marchandise et avenue Albert Thomas Vitry (anciennement Avenue Youri Gargarine) Vitry Centre OA rue du Génie (anciennement rue Camélinat) Gare de Villejuif IGR	Insectes / Reptiles
08/07/2014	Couvert, doux, vent faible	Friche Arrighi Vitry	Avifaune / Amphibiens / Potentialité Chiroptères / Potentialité Mammifères
08/07/2014	Couvert puis averses, doux, vent faible	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny Champigny Centre Impasse de l'Abbaye Rue Gustave Eiffel Gare Vert de Maisons SMR Champigny	Insectes / Reptiles
09/07/2014	Couvert puis averses, doux, vent faible	Boisement au nord de Noisy-Champs Rue du Ballon Place des Yvris Avenue Henri-Dunant Gare de Bry / Villiers / Champigny Gare de Noisy-Champs Parc de la Butte Verte	Insectes / Reptiles
15/07/2014	Dégagé, chaud, vent faible	Jardin Panoramique Square G. de Gaulle – Parc Raspail Gare Arcueil-Cachan Parc Robespierre Pierre Plate Fort de Vanves Square Malleret-Joinville Fort d'Issy / Vanves / Clamart	Insectes / Reptiles
16/07/2014	Dégagé, doux, vent faible	Parc Henri Barbusse Gare Pont-de-Sèvres Ile de Monsieur	Insectes / Reptiles
21/08/2014	Ensoleillé avec passages nuageux, vent faible, 19°C	Friche Arrighi Vitry Gare de Villejuif IGR	Insectes
09/09/2014	-	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Insectes
06/05/5015	Temps couvert, rares averses, 11 à 18°C	Gare de Noisy-Champs Parc de la Butte Verte	Amphibiens

Date	Météorologie	Secteur d'aménagement	Groupes expertisés
Site inaccessible (en totalité ou en partie)			
OA Jules Joffrin OA Impasse de l'Abbaye Abbaye Saint-Maur Boisement de Bry-Villiers-Champigny Boisement et une mare de Noisy-Champs Boisement de Fort d'Issy Vanves Clamart			

2.11.4.2 Rappel méthodologique relatif au diagnostic écologique

Le diagnostic écologique se base sur l'analyse des habitats naturels, de la flore et de la faune (oiseaux, amphibiens, insectes, reptiles, mammifères, chiroptères, poissons).

Pour chaque groupe, une première partie présente les espèces patrimoniales et protégées potentielles au regard de la bibliographie. Une espèce est alors qualifiée de « potentielle » lorsque :

- il est fait mention de sa présence dans une source bibliographique fiable et récente ;
- l'espèce est connue sur des territoires géographiques proches ;
- l'aire d'étude dispose de milieux adaptés à son écologie.

Une espèce potentielle est donc une espèce non inventoriée dont il n'est pas possible d'écarter définitivement l'absence.

Une deuxième partie expose les résultats des expertises menées par la SGP depuis 2011. Des précisions sont apportées sur les espèces recensées, leurs bioévaluations, leurs habitats et la fonctionnalité du site pour le groupe.

Chaque résultat d'expertise fait l'objet d'une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur le fuseau d'étude. Ce niveau d'enjeu se définit pour chaque élément (espèce, habitat, cortège d'espèce) au regard de l'enjeu de conservation qui lui est associé. Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids du fuseau d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). La méthodologie est détaillée en page suivante.

Sont présentées dans la bioévaluation l'ensemble des espèces dites remarquables du fuseau d'étude. Les espèces patrimoniales sont celles qui portent un enjeu de conservation est supérieur à faible.

Pour le traitement des impacts sur cette thématique en pièce B3, les espèces suivantes sont traitées :

- Les espèces avérées et observées lors des prospections spécifiques menées par la SGP,
- Les espèces potentielles ubiquistes et peu exigeantes présentes sur des milieux non perturbés (urbanisation, dégradation par la présence de gens du voyage, dégradation par des éléments physiques extérieurs : météorologie, etc.). De manière générale, il s'agit de cortège d'oiseaux des milieux anthropiques et d'espèces comme le Lézard des Murailles et le Hérisson d'Europe.

  De manière générale, les espèces identifiées dans la bibliographie et non revue récemment sur le terrain ne sont pas considérées comme présentes au regard des perturbations régulières sur les milieux semi-naturels en contexte urbain. Elles ne sont donc pas traitées dans le rapport dédié à l'analyse des impacts.

Les impacts sur l'ensemble des espèces répondant aux critères présentés ci-dessus sont évalués. Une analyse plus approfondie est réalisée sur les espèces patrimoniales (i.e. les espèces présentées dans les tableaux de bioévaluation et dont l'enjeu est au moins modéré).

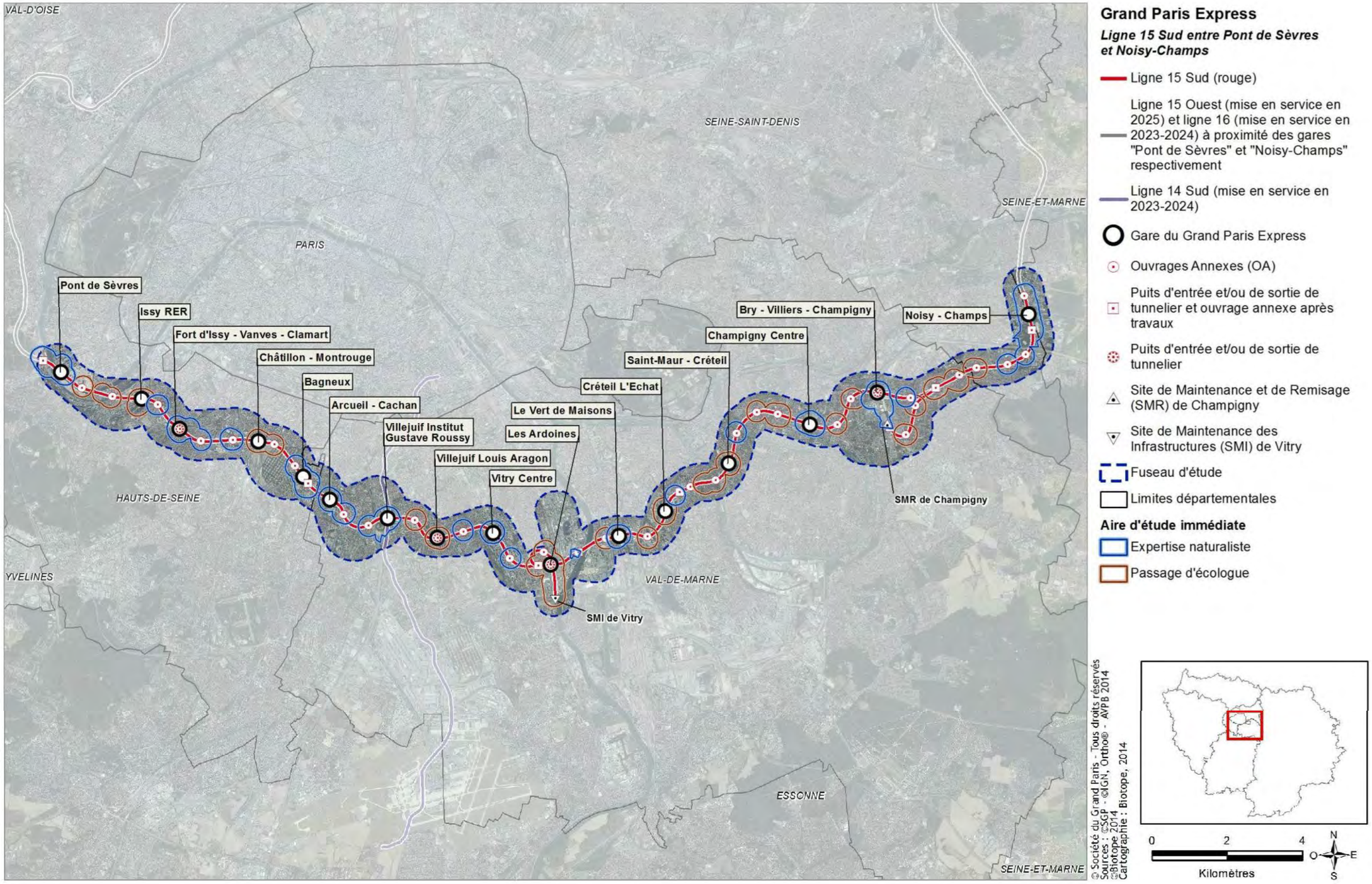
Les listes présentant la rareté des espèces à l'échelle régionale peuvent toutefois être inexistantes ou anciennes pour certain groupe de faune. Ponctuellement, les enjeux ont donc été évalués à dire d'expert. Lorsque cela est le cas, une mention spécifique est indiquée dans le tableau de bioévaluation du groupe concerné.

Critère de la bioévaluation Faune-Flore

Niveau d'enjeu	Commentaire
TRES FORT De portée nationale à supra-nationale voir mondiale	Espèces de faune Présence d'au moins une espèce très rare et/ou très menacée de faune (= liste rouge UICN régionale ou nationale : CR, EN et RR à RRR). Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré.
	Habitats et flore indigène Habitat (semi-)naturel très rare et menacé en France et dans la région administrative du site d'étude. Habitat d'intérêt communautaire au titre de la directive Habitat en bon état de conservation. Présence d'au moins une espèce très menacée de flore (= liste rouge UICN régionale ou nationale : EN, CR et/ou RRR).
FORT Enjeu de portée régionale à supra-régionale	Espèces de faune Présence d'au moins une espèce rare et/ou menacée (= liste rouge UICN régionale ou nationale : EN, CR, R). Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré
	Habitats et flore indigène Habitat (semi-)naturel rare et menacé dans la région administrative du site d'étude en bon état de conservation. Présence d'au moins une espèce menacée de flore (= liste rouge UICN régionale ou nationale : NT, VU).
MODERE Enjeu de portée départementale à supra-départementale	Espèces de faune Cortège(s) associé(s) principalement constitué(s) d'espèces communes, présence de quelques espèces moins fréquentes (= liste rouge UICN régionale ou nationale : NT, VU, AR, R, RR). Espèces communes (TC, C, AC, PC) non concernées. Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés).
	Habitats et flore indigène Habitat (semi-)naturel fréquent mais menacé OU habitat rare mais non menacé dans la région administrative du fuseau d'étude en bon état de conservation. Présence d'au moins une espèce rare mais non menacée de flore (= liste rouge UICN régionale ou nationale : LC, R) ou présence d'une espèce déterminante de ZNIEFF.
FAIBLE Enjeu de portée locale, à l'échelle d'un ensemble cohérent du paysage écologique (vallée, massif forestier, etc.)	Espèces de faune Cortège(s) associé(s) constitué(s) d'espèces communes (= liste rouge UICN régionale ou nationale : LC , TC, C, AC, PC). Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur occupé par une mosaïque de milieux naturels et de milieux artificiels).
	Habitats et flore indigène Habitat (semi-)naturel rudéralisé dont la flore est rendue banale et commune OU habitat fréquent et non menacé en France et dans la région administrative du fuseau d'étude. Présence d'espèces de flore communes à assez rares mais non menacées.
NEGLIGEABLE Enjeu de portée locale, à l'échelle de la seule entité (parc, square, etc.)	Espèces de faune Absence de milieu favorable au groupe biologique considéré, qui est donc présumé absent du fuseau d'étude (secteur dominé par une occupation du sol urbaine ou industrielle) Habitats et flore indigène Milieu très artificialisé (route, parking goudronné…) peu favorable à la biodiversité. La distinction entre les enjeux faibles et négligeables permet de distinguer les espaces verts ponctuels qui présentent un intérêt négligeable, mais non nul au regard du contexte très urbain du fuseau d'étude.
NUL Absence d'enjeu (taxons exotiques notamment)	

Légende :
CR : En danger critique d'extinction, EN : En danger, VU : Vulnérable, NT : Quasi-menacé, LC : Préoccupation mineure, TC : Très commun, C : Commun, AC : Assez commun, PC : Peu commun, AR : Assez rare, R : Rare, RR : Très rare, RRR : Extrêmement rare

Sites expertisés en 2011, 2013 et 2014 à l'échelle du fuseau d'étude (source : Biotope, 2014)



2.11.5 Habitats naturels et semi-naturels

2.11.5.1 Occupation du sol par approche cartographique (atlas cartographique en Ile-de-France : MOS/ECOMOS)

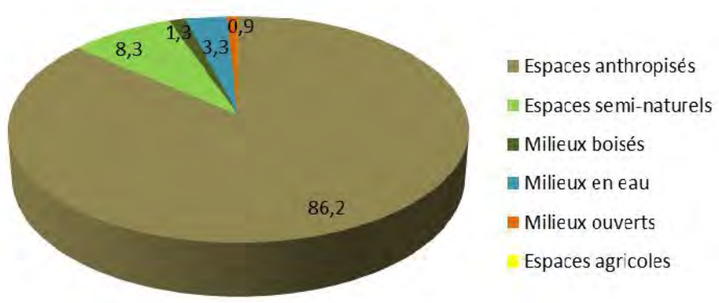
La carte en page suivante permet de visualiser la répartition des habitats naturels et semi-naturels dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

L'analyse de l'occupation du sol de la zone d'étude met clairement en avant le contexte urbanisé dominant puisque les zones urbanisées (habitats, zones d'activités…) représentent plus de 86 % de l'occupation du sol et les parcs urbains 8.3 %. Les espaces « naturels » regroupant des milieux boisés, humides et ouverts occupent à peine 5,5 % du fuseau d'étude, soit environ 371 hectares, et de manière disséminés.

Occupation du sol simplifiée du fuseau d'étude

Types	Surfaces (ha)	pourcentage
Espaces anthropisées	5840	86,2
Espaces semi-naturels (Parcs urbains et jardins)	561	8,3
Milieux boisés	85	1,3
Milieux en eau	223	3,3
Milieux ouverts	63	0,9
Espaces agricoles	2	0,02
Total	6774	100

La zone d'étude se situe dans un milieu fortement urbanisé. Cependant, des milieux naturels ou semi-naturels sont rencontrés ponctuellement. La bibliographie disponible a été complétée par des prospections de terrain en 2013 et 2014.



2.11.5.2 Occupation du sol à travers la planification territoriale

La planification territoriale s'inscrit dans les documents d'urbanisme intercommunaux (Scot, PLUi) ou communaux (PLU). Les PLU sont des documents qui définissent des règles relatives à l'occupation du sol et sa destination future. Chaque commune y expose son plan d'aménagement et de développement durable ainsi que les intentions d'évolutions souhaitées pour les années à venir.

a. Les zones Naturelles et forestières (N)

Des zonages spécifiques attribuent à chaque parcelle un règlement spécifique. Ainsi, les zones « N », dites zones naturelles et forestières, peuvent être classées ainsi selon la qualité du site, des milieux et des paysages, entre autres.

A l'échelle du fuseau d'étude et selon les zonages des PLU de 2012, plus de 180 hectares sont approximativement identifiés en zones N, correspondant à environ 2% du fuseau d'étude.

a. Zoom sur les Espaces Boisés Classés (EBC)

Selon l'article L. 130-1 du Code de l'urbanisme : « Les plans locaux d'urbanisme peuvent classer comme espaces boisés, les bois, forêts, parcs à conserver, à protéger ou à créer, qu'ils relèvent ou non du régime forestier, enclos ou non, attenant ou non à des habitations. Ce classement peut s'appliquer également à des arbres isolés, des haies ou réseaux de haies, des plantations d'alignements. Le classement interdit tout changement d'affectation ou tout mode d'occupation du sol de nature à compromettre la conservation, la protection ou la création des boisements.»

A l'échelle du fuseau d'étude, environ 11 hectares sont classés en EBC et sont ainsi soumis au respect de l'article L130-1 du Code de l'Urbanisme cité précédemment.

Les autres EBC sont répartis principalement au niveau de square urbain et n'entrent pas en conjonction avec la zone de passage de la Ligne 15 Sud excepté au niveau du secteur d'aménagement de la gare Châtillon-Montrouge.

Toutefois, la mise en compatibilité des document d'urbanisme (MECDU) se réalise au même moment que la Déclaration d'Utilité Publique (DUP). Ainsi, les documents de planification des communes concernés par le projet seront donc, à terme, mis en compatibilité avec le projet de métro de la Ligne 15 Sud.

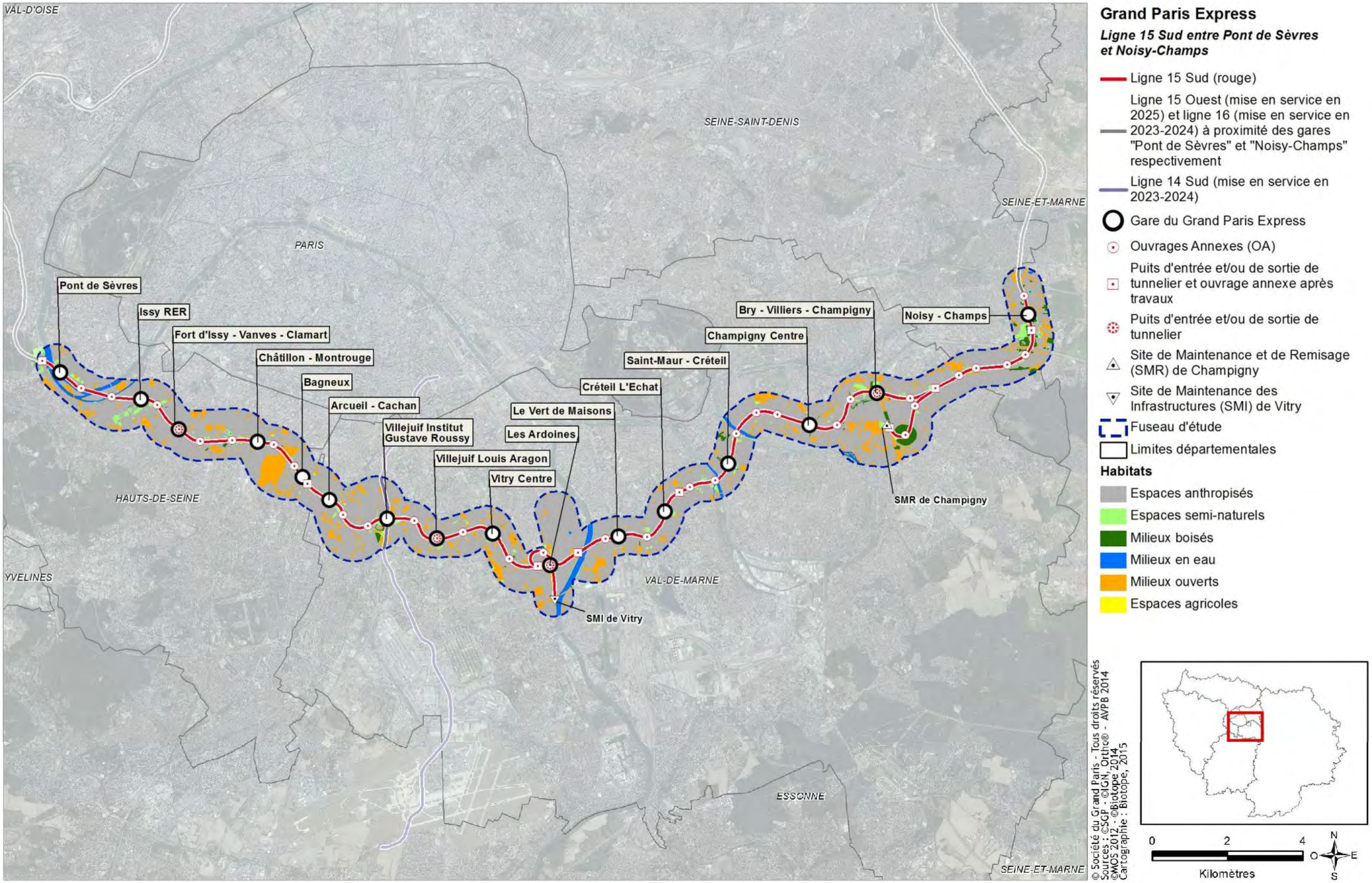
2.11.5.3 Précisions apportées par les expertises de terrain

La bibliographie sur l'occupation du sol donne une indication sur le type de milieu rencontré. Les expertises terrain viennent préciser les habitats, leur dynamique végétale ainsi que leur vulnérabilité.

Les habitats présents au sein du fuseau sont décrits dans le tableau qui suit la carte en page suivante.

Les sites les plus intéressants pour leur habitat à l'échelle du fuseau d'étude ont ensuite été détaillés.

Cartographie des habitats naturels et semi-naturels identifiés au sein du fuseau d'étude – hors zones humides (source : MOS, 2008, ECOMOS, 2000)



Habitat	Code Corine Biotope	Description de l'habitat	Enjeu de conservation	Illustration
Prairies mésophiles	38.2	Les prairies mésophiles sont des formations végétales herbacées installées sur des sols relativement fertiles et bien drainés. Elles sont entretenues par fauche régulière. Cet habitat est en régression à l'échelle régionale. Les prairies mésophiles sont présentes dans le fuseau d'étude uniquement dans le Parc départemental des Hautes Bruyères.	Modéré	 Prairie mésophile - Site Parc des Hautes Bruyères © SGP - Biotope 2014
Roselières et végétations aquatiques	53.1 et 22.4	Cet habitat est constituée par la ceinture de végétation entourant les mares avec des espèces telles que le Jonc des chaisiers (Schoenoplectus lacustris), le Rubanier dressé (Sparganium erectum), le Rorippe amphibie (Rorippa amphibia), l'Iris des marais (Iris pseudacorus), la Salicaire (Lythrum salicaria)… Les végétations aquatiques sont localisées dans les eaux stagnantes et les eaux courantes sous forme d'herbiers.	Modéré	 Parc de la Butte Verte - © SGP - Biotope 2014
Colonies d'Utriculaires	22.4311	Il s'agit d'un habitat constitué d'une population importante et monospécifique d'Utriculaire citrine (Utricularia australis), espèce protégée au niveau régional. Cet habitat est situé uniquement dans une mare du Parc de la Butte Verte	Modéré	 Parc de la Butte Verte - © SGP - Biotope 2014

Habitat	Code Corine Biotope	Description de l'habitat	Enjeu de conservation	Illustration
Friches prairiales et friches	87.1 et 87.1 x 38.2	L'habitat de friche se retrouve sur les zones perturbées, parfois en cours de fermeture il est alors en mosaïque avec des fourrés ou des boisements pionniers. Ils sont colonisés par de nombreuses plantes pionnières introduites ou nitrophiles.	Faible	 Friche du parc départemental des Hautes Bruyères - © SGP - Biotope 2014
Parcs et espaces verts / pelouses	85.1 et 85.2	Il s'agit généralement de grands parcs arborés, plantés d'essences diverses (indigènes et non indigènes), avec des pelouses tondues régulièrement. Cet habitat recouvre également les petits squares citadins et les espaces verts communs en pied d'immeuble.	Faible	 Parc Raspail - © SGP - Biotope 2014
Fourrés	31.8	Il s'agit du premier stade de recolonisation arbustive des friches herbacées où s'observe principalement des Ronciers. Cet habitat se retrouve régulièrement sur le fuseau d'étude au niveau de talus ferrovaire, de délaissés urbains ou encore dans certains espaces verts relictuels peu entretenus.	Faible	

Habitat	Code Corine Biotope	Description de l'habitat	Enjeu de conservation	Illustration
Boisements neutrophile / chênaie – charmaie	41.2	Il s'agit d'un faciès de dégradation de la Chênaie-charmaie. La strate arborée est dominée par le Chêne sessile (Quercus petraea), le Chêne pédonculé (Quercus robur) et le Frêne (Fraxinus excelsior) ; en strate arbustive se développe l'Aubépine (Crataegus monogyna), la Ronce ou le Noisetier (Corylus avellana) ; la strate herbacée est pauvre et surtout constituée de Lierre.	Faible	 Noisy-Champs - © SGP - Biotope 2014
Boisements rudéral	84.3	Il s'agit de boisements nitrophiles pionniers dont la strate arborée est le plus souvent dominée par le Robinier (Robinia pseudoacacia), l'Ailanthe (Ailanthus altissima) ou l'Erable sycomore (Acer pseudoplatanus). La strate herbacée est peu présente et dominée par des espèces nitrophiles comme l'Ortie, tandis que la strate arbustive assez pauvre est souvent réduite à la Ronce (Rubus spp).	Faible	 Parc des Hautes Bruyères - © SGP - Biotope 2014
Alignement d'arbres	84.1	Cet habitat artificiel est présent en ville ou dans les parcs. Il se retrouve communément en bord d'avenue. Il se compose généralement d'une seule essence d'arbres parfois taillées. Cet habitat n'a pas d'intérêt floristique dans la mesure où il ne laisse pas de place à la végétation spontanée.	Négligeable	

a. Ile Saint Germain / Ile de Monsieur

Le parc de l'île Saint-Germain est essentiellement constitué de friches prairiales et de fourrés avec des zones de pelouses et de boisements rudéraux. Ce parc est en partie géré de façon différenciée. Certaines zones sont clôturées et l'entretien y est limité. L'intérêt floristique est actuellement faible même si la gestion mise en place devrait favoriser le retour d'une diversité spécifique plus riche de ces milieux.

La présence de deux mares permet à une végétation spécifique de se développer. Elles offrent en outre aux amphibiens et aux odonates un écosystème favorable pour leur développement.

A noter que sur le site de l'Ile de Monsieur, une petite zone rassemble des espèces de mégaphorbiaie à Reine-des-prés. Toutefois, cette zone est trop réduite pour être considéré comme un habitat d'intérêt communautaire.

La majorité de la berge située en rive gauche de la Seine se caractérise par des structures bétonnées raides ou en pente forte, couplées ponctuellement à des palplanches métalliques ou des enrochements liés. Ce type de berge permet le support pour des algues et des mousses. Les herbiers aquatiques sont présents sur presque l'ensemble du linéaire de berge concerné coté Ile de Monsieur. Les espèces observées sont variées (potamot, myriophylle, nénuphars, rubanier).



Racines d'Aulnes en eau© SGP - Biotope 2014



Berge bétonnée en amont du pont de l'Ile de Monsieur© SGP - Biotope 2014



Berge en enrochement liés en aval du pont de l'Ile de Monsieur© SGP - Biotope 2014

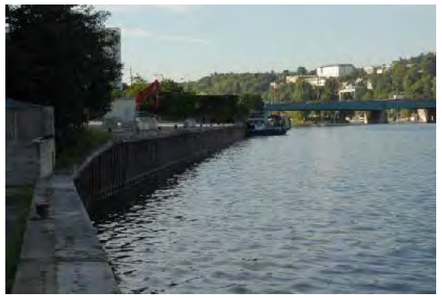
b. Berges de la Seine - Pont de Sèvres

Sur ce secteur, la majorité de la berge située au droit du secteur d'aménagement du Pont de Sèvres se caractérise par des palplanches métalliques, en sous-berges bétonnées. Le manque de rugosité de ces aménagements limite l'installation d'une végétation aquatique.

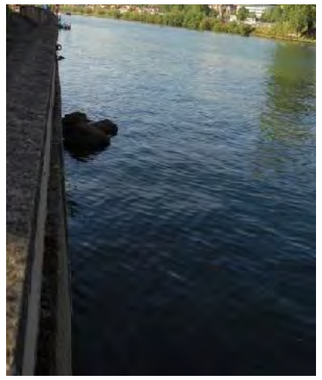
En amont et en aval immédiat du Pont de Sèvres, la berge se caractérise par des structures bétonnées raides ou en pente forte, couplées ponctuellement à des palplanches métalliques ou des enrochements liés. Ce type de berge permet le support pour des algues et des mousses.

Ponctuellement au droit du secteur d'aménagement et en amont, les berges maçonnées ont été recolonisées par des arbres qui affleurent en Seine.

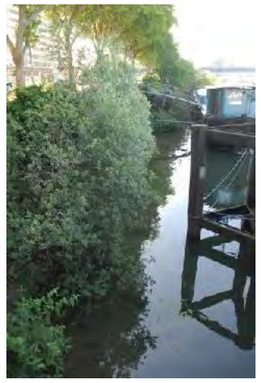
Les herbiers aquatiques de surface sont plus ou moins importants sur l'ensemble du linéaire de berge concerné. Les espèces observées sont variées (Potamot, myriophylle, rubanier).



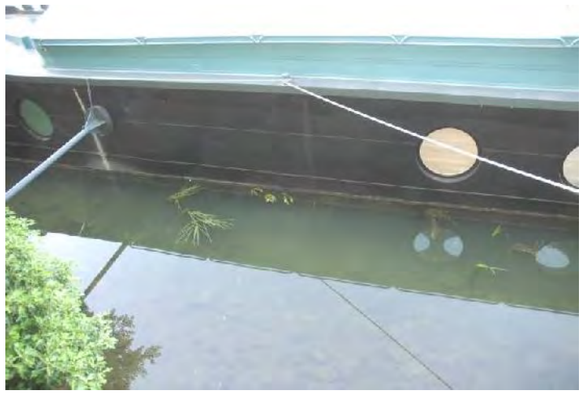
Palplanches métalliques© SGP - Biotope 2014



Berge bétonnée en amont du Pont de Sèvres© SGP - Biotope 2014



Arbres affleurants en Seine, avec blocs et herbiers clairsemés© SGP - Biotope 2014





Surface composée d'herbiers aquatiques en amont et en aval du secteur d'aménagement © SGP - Biotope 2014

c. Parc départemental des Hautes Bruyères

Ce parc appartient et est géré par le Conseil départemental du Val-de-Marne (94). Il présente des prairies mésophiles constituées par du Fromental élevé (Arrhenatherum elatius), des Dicotylédones à floraison colorée comme la Mauve musquée (Malva moschata) ou le Trèfle des prés (Trifolium pratense), des orchidées comme l'Orchis bouc (Himantoglossum hircinum)… Au vu de l'état de conservation et de gestion du site, ce milieu n'est pas suffisamment développé en termes de dynamique végétale et d'espèces caractéristiques pour être d'intérêt communautaire[41].

Des friches prairiales sont également présentes. Elles sont dominées par les Graminées (le Fromental élevé, le Dactyle aggloméré, le Calamagrostis commun…) avec des espèces telles que la Coronille bigarrée (Securigera varia), la Carotte sauvage (Daucus carota), le Salsifis des prés (Tragopogon pratensis)…. Des mares s'insèrent dans cet habitat.

Le parc comprend également un boisement rudéral en partie clos en son centre. Cet habitat est intéressant vis-à-vis de son potentiel d'accueil pour la faune et notamment les amphibiens qui se reproduisent sur un réseau de mares au sud du parc. Ce type de boisement représente un habitat terrestre potentiel pour le Crapaud Calamite et l'Alyte Accoucheur.





Réseau de mares situées au sud du parc des Hautes-bruyères © SGP - Biotope 2014

d. Friche Arrighi

La friche Arrighi, au niveau de Vitry-sur-Seine, est une friche industrielle, qui était en activité il y a une quinzaine d'années. Ce site présente des friches sèches qui constituent un milieu particulier sur sol très mince. Elle se situe en limite d'une voie ferrée désaffectée où quelques espèces remarquables, principalement thermophiles, ont été identifiées comme le Crépis fétide (Crepis foetida), la Chondrille à feuilles de joncs (Chondrilla juncea), l' Œillet prolifère (Petrorhagia prolifera), la Vulpie ciliée (Vulpia ciliata), le Salsifis douteux (Tragopogon dubius) ou encore le Séneçon visqueux (Senecio viscosus).

La majorité des berges au droit du secteur d'aménagement de la Friche Arrighi se caractérise par des structures bétonnées raides, couplées à des palplanches métalliques par endroits. Le manque de rugosité de ce type de structure limite l'installation d'une végétation aquatique. Ponctuellement au droit du secteur d'aménagement, les berges maçonnées ont été recolonisées par de la végétation qui affleure en Seine. Cette végétation est principalement herbacée et ponctuellement arbustive. Les secteurs d'herbiers aquatiques moyennement denses à clairsemés sont ponctuels et localisés en aval des pontons d'accostage. Les espèces observées sont variées (Myriophylle, nénuphars, rubanier).

[41] Au sens de Natura 2000, il s'agit d'un habitat mentionné à l'annexe I de la directive « Habitats »



Berge et pilier d'accostage bétonnés avec palplanche métallique © SGP - Biotope 2014



Berge bétonnée et végétation affleurante © SGP - Biotope 2014

e. Friche de la « Bonne eau »

La friche de la « Bonne eau », ZNIEFF de type 1, présente une végétation fortement influencée par les activités humaines présentes et passées. Ce sont les parties centrales et Est de la ZNIEFF qui présentent le plus d'intérêt. Il y subsiste une flore prairiale, enrichie parfois de plantes plus spécifiques d'une « végétation des hautes friches héliophiles à composées épineuses » tel que le Mélilot blanc. Ces végétations couvrent des surfaces relativement vastes. Plusieurs secteurs sont couverts par la ronce ou par une végétation nitrophile et rudérale, sur des surfaces parfois importantes. Ces entités sont parsemées d'arbres et arbustes. Les habitats remarquables de cette ZNIEFF étaient en régression en 2009, à cause de l'expansion du Robinier faux-acacia, espèce invasive, et de la ronce. L'intérêt floristique de ce secteur semble limité avec une seule espèce patrimoniale recensée : le Lotier à feuilles étroites (Lotus glaber).

f. Parc de la Butte Verte

Le parc présente principalement un faciès de dégradation de la Chênaie-charmaie, avec un appauvrissement en espèces. La qualité du boisement est dégradée par de nombreuses atteintes telles que des dépôts de déchets, des campements sauvages. Une parcelle boisée est également concernée par de nombreux trous réguliers qui affectent la qualité du sous-bois.

Un boisement mâture de chênes est recensé au niveau de la ZNIEFF de type 1 « mares et boisements de la butte verte ». Il ne présente pas un intérêt floristique particulier en raison de son entretien et de son origine anthropique.

Les boisements qui entourent les mares du Parc de la Butte Verte ne sont pas gérés de la même manière : au nord, la gestion ne permet pas à la végétation herbacée de sous-bois de se développer, ce qui limite son intérêt floristique ; au sud, le boisement est dense et une flore caractéristique des milieux forestiers s'y développe. Cet habitat n'est pas commun en contexte urbain dense mais présente un enjeu faible au regard de la détérioration du boisement.

Le Parc de la Butte Verte présente deux mares. Ces mares sont constituées d'une ceinture discontinue de Roselière avec des espèces telles que le Jonc des chaisiers (Schoenoplectus lacustris), le Rubanier dressé (Sparganium erectum), le Rorippe amphibie (Rorippa amphibia), l'Iris des marais (Iris pseudacorus), la Salicaire (Lythrum salicaria)… Sur ces mares se développe également une végétation flottante. La mare située la plus au Sud apparaît plus « naturelle » avec une végétation rivulaire de quelques Saules blancs (Salix alba) et une végétation herbacée plus fournie. Dans la mare au Nord une population importante et monospécifique d'Utriculaire citrine (Utricularia australis) s'est constituée, espèce protégée au niveau régional.



Mare en eau située au nord de la ZNIEFF de type 1 « Mares et boisements de la butte verte » © SGP - Biotope 2011.



Mare à sec située au sud de la ZNIEFF de type 1 « Mares et boisements de la butte verte » © SGP - Biotope 2011.

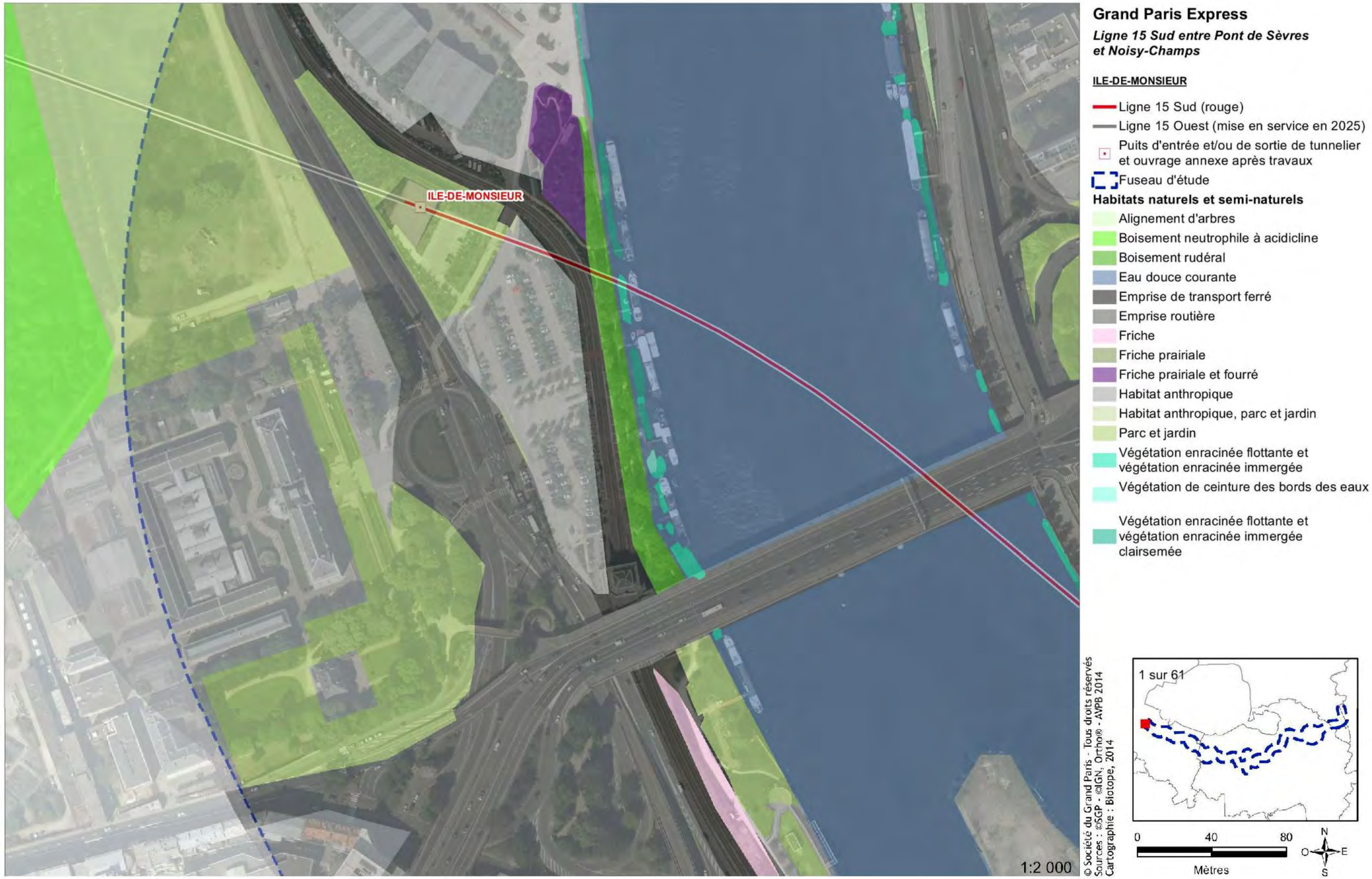
2.11.5.4 Les sites à enjeux concernant les « habitats naturels »

L'inventaire des habitats a mis en évidence la présence de 9 habitats naturels ou semi-naturels qui présentent pour la plupart de faibles enjeux de conservation.

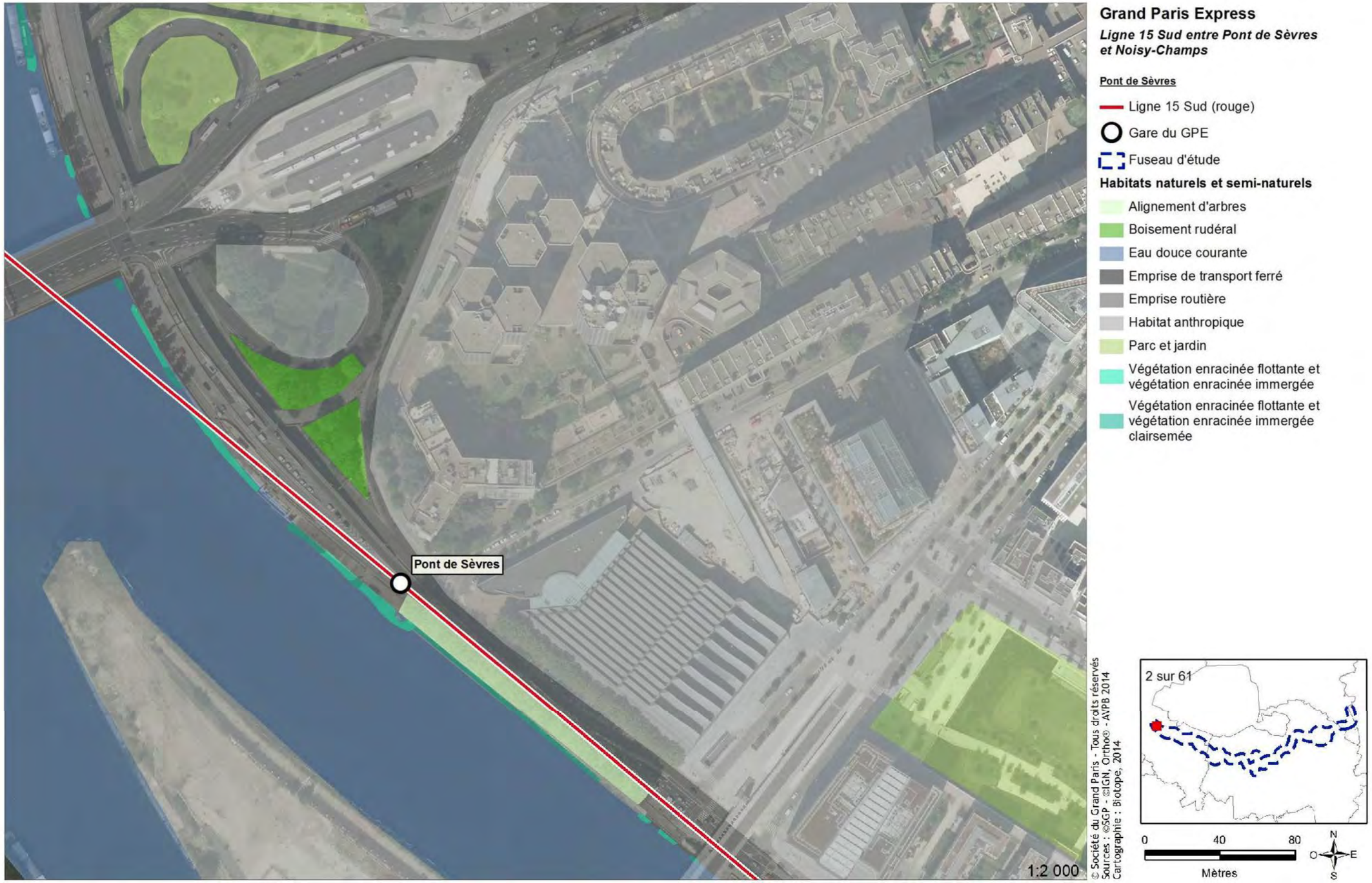
3 habitats présentent un enjeu de conservation modéré :

- les prairies mesophiles : cet habitat est présent uniquement dans le Parc départemental des Hautes Bruyères ;
- les colonies d'Utriculaires : cet habitat est localisé dans le Parc de la Butte Verte au niveau d'une mare ;
- les végétations aquatiques : cet habitat est présent dans la Seine au niveau du Pont de Sèvre, de la Friche Arrighi et de l'Ile-Saint-Germain/Ile-Monsieur ainsi que sur certaines mares situées dans le Parc de la Butte Verte et sur l'Ile Saint-Germain/Ile de Monsieur.

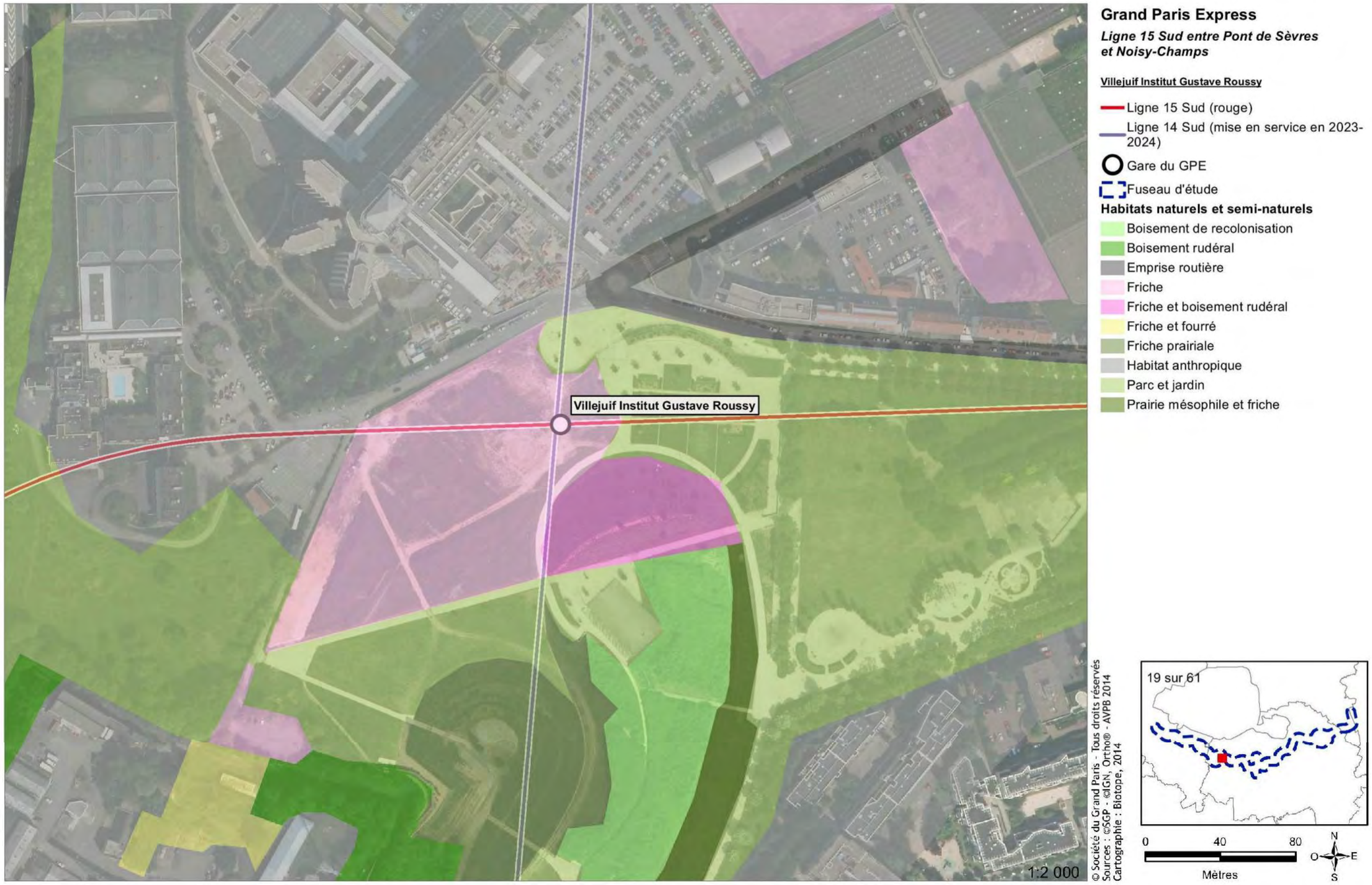
Habitats terrestres et rivulaires recensés le long des berges de la Seine au niveau de l'Ile de Monsieur



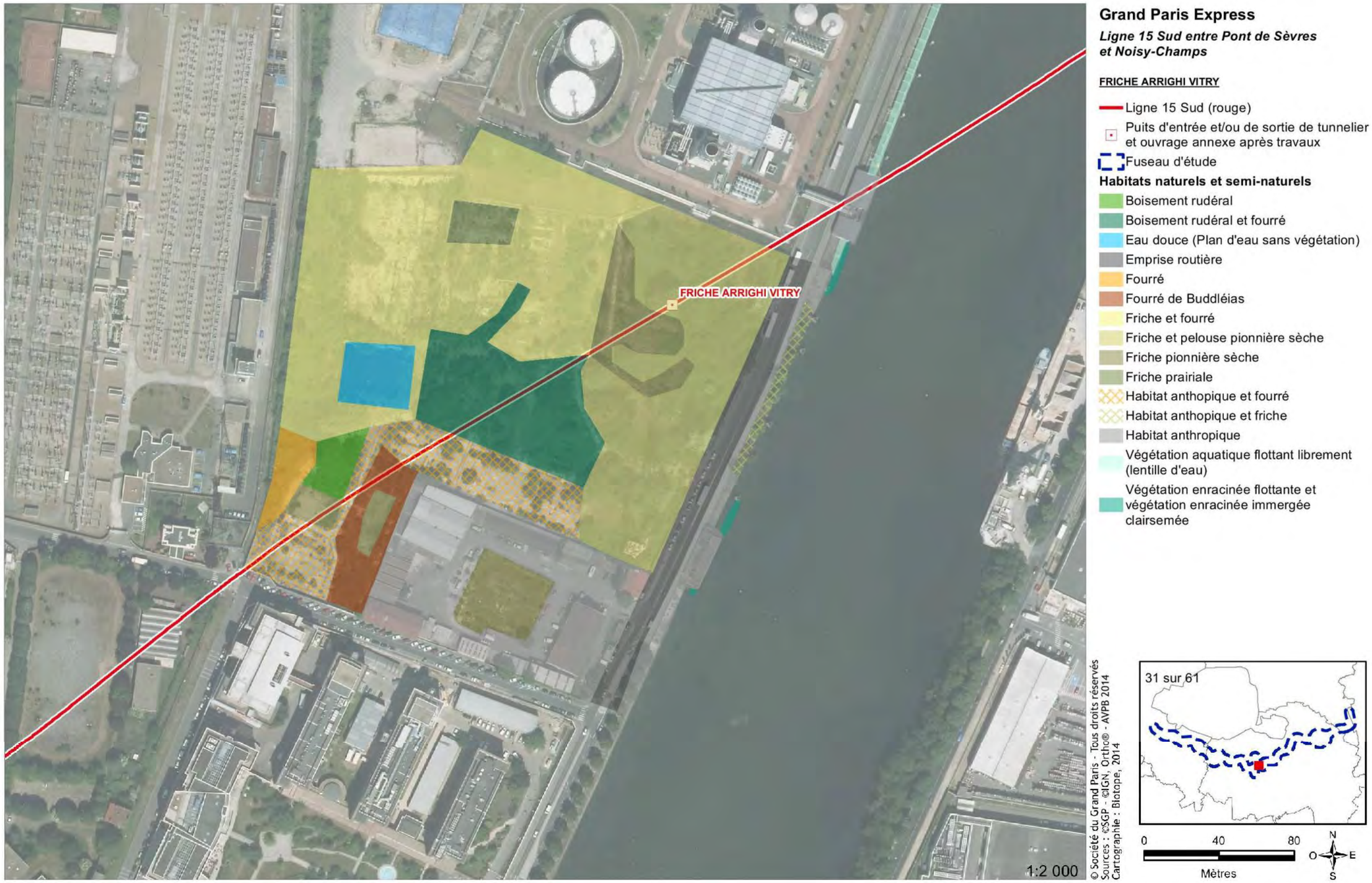
Habitats terrestres et rivulaires recensés le long des berges de la Seine au niveau de Pont de Sèvres



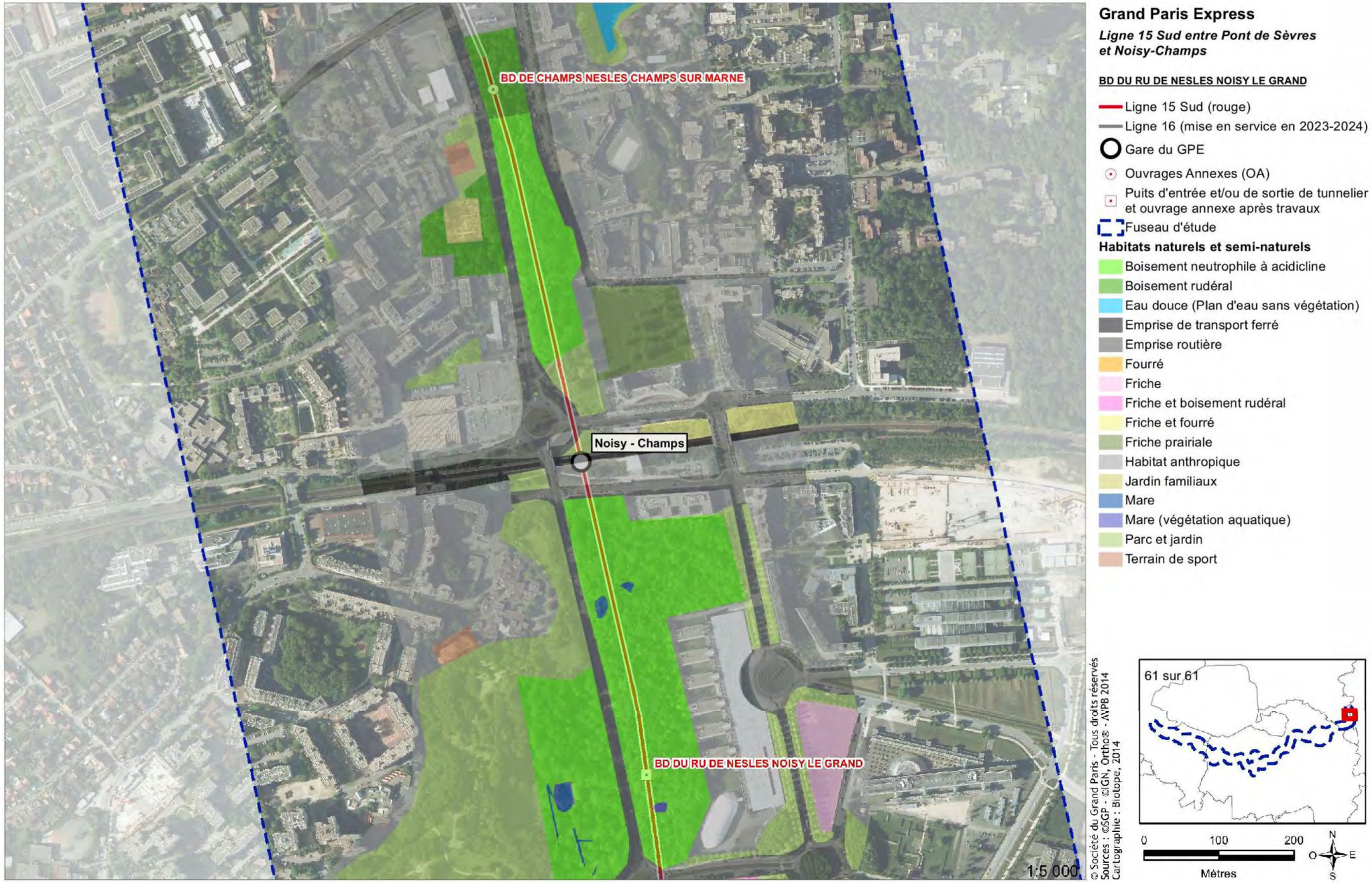
Habitats recensés sur le nord du Parc des Hautes Bruyères



Habitats recensés au niveau de la Friche Arrighi



Habitats recensés au niveau de la gare de Noisy-Champs



2.11.6 Flore

2.11.6.1 Espèces végétales patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

Malgré le contexte urbain dominant, 10 espèces végétales patrimoniales sont signalées par le Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien (CBNBP).

Espèces végétales patrimoniales et/ou protégées potentielles sur le fuseau d'étude (source : CBNBP - données mises à jour 2015)

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires	Localisation
Coincya cheiranthos (Vill.) subsp. cheiranthos	Fausse Giroflée	Rareté régionale : RRR LR régionale : EN	-	L'Haÿ-les-Roses, Villejuif (2004)
Jacobaea paludosa	Séneçon des marais	Rareté régionale : RR LR régionale : EN	-	Champigny (2007)
Cuscuta europaea	Cuscute d'Europe	Rareté régionale : RR LR régionale : VU	PR	Champigny (2007)
Falcaria vulgaris	Falcaire commune	Rareté régionale : RR LR régionale : VU	PR	Cachan (2003)
Galium parisiense	Gaillet de Paris	Rareté régionale : RR LR régionale : VU	-	Alfortville (2006)
Thlaspi arvense	Tabouret des champs	Rareté régionale : RR LR régionale : VU	-	Cachan (2003)
Thelypteris palustris	Fougère des marais	Rareté régionale : R LR régionale : LC	PR	Champigny (2005-2006)
Utricularia australis	Utriculaire citrine	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : R LR régionale : LC	PN	Noisy-le-Grand (2010)
Cardamine impatiens	Cardamine impatiente	Rareté régionale : AR LR régionale :LC	PR	Sèvres (2003), Issy-les-Moulineaux (2009), Champigny (2007), Vitry (2006)
Tulipa sylvestris L. subsp. sylvestris[42]	Tulipe des bois	Rareté régionale : RR LR régionale : DD	PN	Sèvres, Saint-Cloud (2007)

Légende : L'ensemble des données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de la base de données Flora CBNBP-MNHN (extrait janvier 2015)
PR : Protection régionale ; PN : Protection nationale
Rareté : AC : Assez Commun, AR : Assez Rare, R : Rare, RR : Très Rare, RRR : Extrêmement rare ; Espèce protégée : P
Menace : CR : en danger critique d'extinction, EN : en danger d'extinction, VU : vulnérable, NT : quasi-menacé, LC : préoccupation mineure, DD : données insuffisantes

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :			
Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

Précisions sur les données bibliographiques
D'après l'Atlas de la flore sauvage du département du Val-de-Marne, la Falcaire commune (Falcaria vulgaris Bernh) a été observée pour la dernière fois en 2003 à Cachan, sur un talus, le long d'une voie ferrée. Un défrichage a eu lieu peu de temps après. La plante n'a pas été revue depuis.

[42] Enjeu non évalué du fait de son statut DD dans la liste rouge régionale

2.11.6.2 Résultats des expertises de terrain à l'échelle du fuseau d'étude

A l'issu des expertises de terrain, 12 espèces végétales patrimoniales dont une protégée ont été identifiées à l'échelle du fuseau d'étude. L'espèce protégée est inféodée aux milieux aquatiques. Il s'agit de l'Utriculaire Citrine qui se situe au niveau d'une mare de la Butte verte. Les espèces patrimoniales présentées dans ce tableau (i.e. dont l'enjeu est au moins modéré) font l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

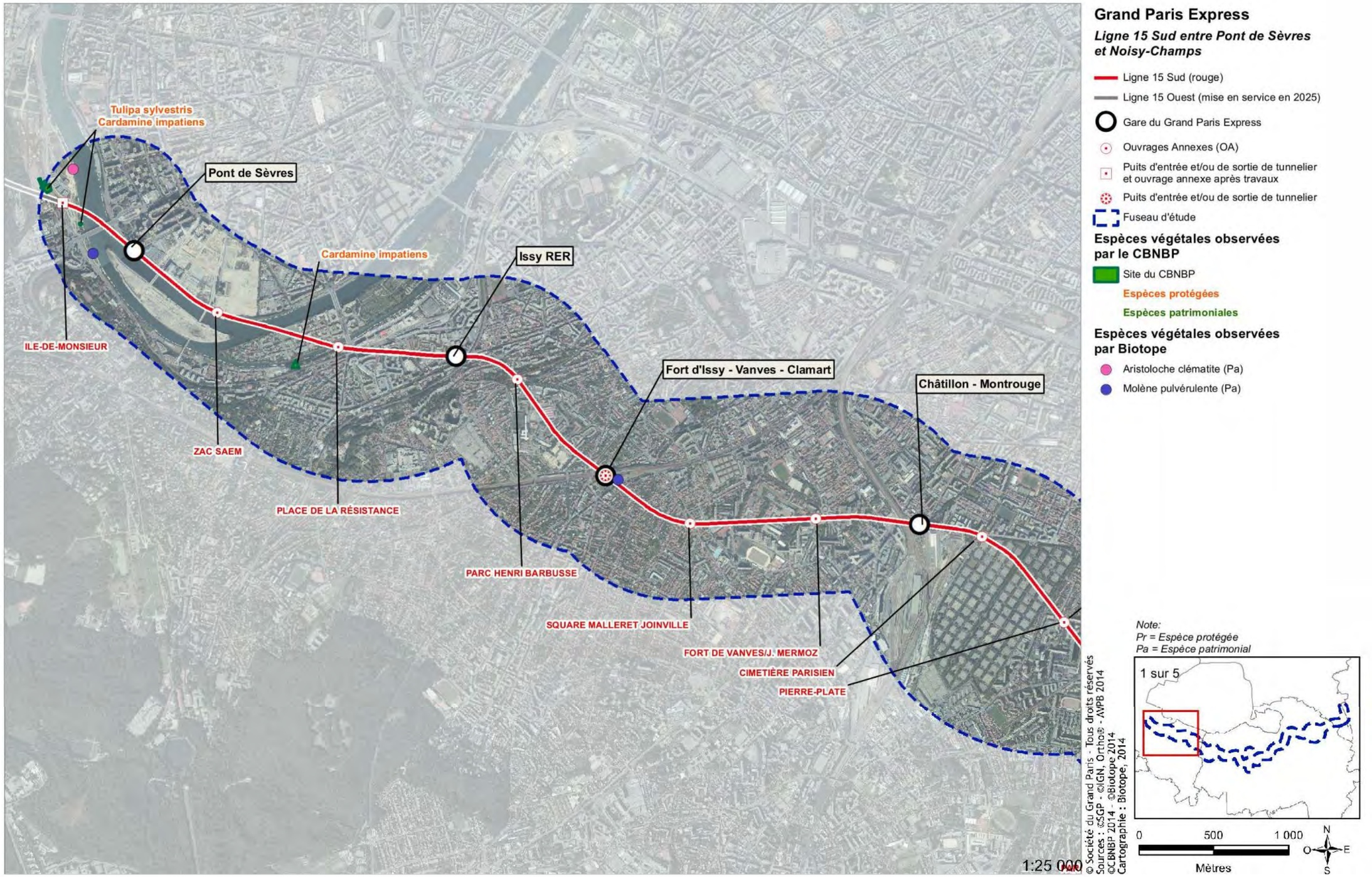
Espèces végétales remarquables recensées sur la zone d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté IDF 2003, liste rouge)	Contraintes réglementaires	Localisation
Crepis foetida	Crépis fétide	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : RRR LR régionale : CR	-	Friche Arrighi
Galium parisiense	Gaillet de Paris	Rareté régionale : RR LR régionale : VU	-	Place des Yvris, Gare de Noisy-Champ
Lathyrus nissolia	Gesse de Nissole	Rareté régionale : RR LR régionale : VU	-	Parc des Hautes Bruyères
Verbascum pulverulentum	Molène pulvérulente	Rareté régionale : R LR régionale : LC	-	Ile de Monsieur, Gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart
Carduus tenuiflorus	Chardon à petits capitules	Rareté régionale : RR LR régionale : LC	-	Parc des Hautes Bruyères
Lepidium ruderale	Passerage des décombres	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : RR LR régionale : LC	-	Parc du Coteau
Chondrilla juncea	Chondrille à feuilles de joncs	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : R LR régionale : LC	-	Friche Arrighi
Petrorhagia prolifera	Œillet prolifère	Rareté régionale : R LR régionale : LC	-	Friche Arrighi
Vulpia ciliata	Vulpie ciliée	Rareté régionale : R LR régionale : LC	-	Friche Arrighi
Tragopogon dubius	Salsifis douteux	Rareté régionale : R LR régionale : LC	-	Friche Arrighi
Lotus glaber	Lotier à feuilles étroites	Rareté régionale : R LR régionale : LC	-	Base ferroviaire de Bry Villiers Champigny (friche de la « Bonne Eau »)
Utricularia australis	Utriculaire citrine	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : R LR régionale : LC	PN	Parc de la Butte Verte
Aristolochia clematitis	Aristoloche clématite	Rareté régionale : AR LR régionale : LC	-	Ile de Monsieur
Torilis nodosa	Torilis à glomérules	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : AR LR régionale : LC	-	Square G. de Gaulle – Parc Raspail , Place des Yvris
Senecio viscosus	Séneçon visqueux	Rareté régionale : AR LR régionale : LC	-	Friche Arrighi

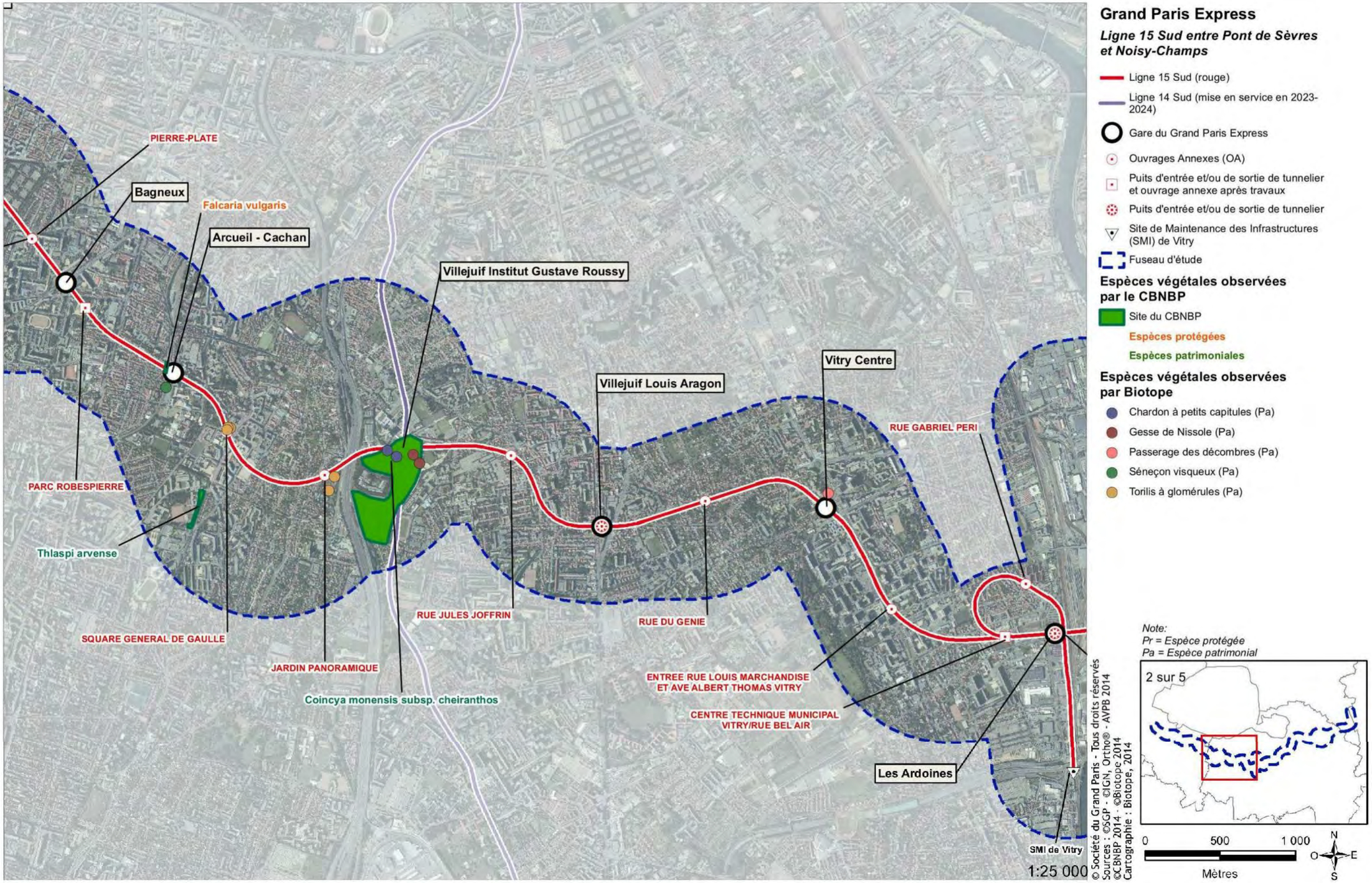
Légende : L'ensemble des données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de la base de données Flora CBNBP-MNHN 2013.
PR : Protection régionale ; PN : Protection nationale
Rareté : AC : Assez Commun, AR : Assez Rare, R : Rare, RR : Très Rare, RRR : Extrêmement rare ; Espèce protégée : P
Menace : CR : en danger critique d'extinction, EN : en danger d'extinction, VU : vulnérable, NT : quasi-menacé, LC : préoccupation mineure, DD : données insuffisantes

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :			
Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

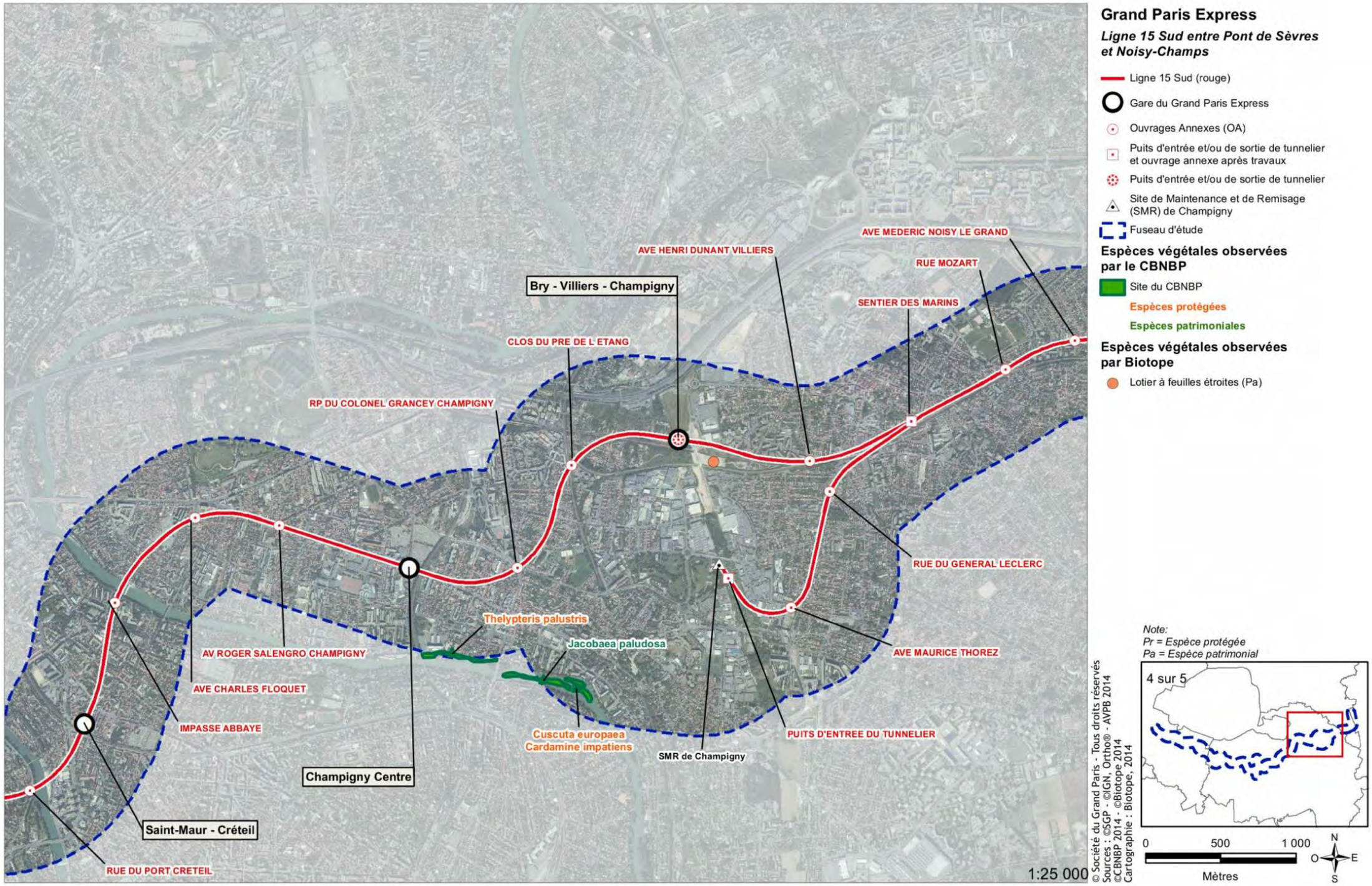
Localisation de la flore protégée et remarquable issue de la bibliographie (sources : Base de donnée FLORA –CBNBP, 2015) et des expertises menées par la SGP



Localisation de la flore protégée et remarquable issue de la bibliographie (sources : Base de donnée FLORA –CBNBP, 2015) et des expertises menées par la SGP



Localisation de la flore protégée et remarquable issue de la bibliographie (sources : Base de donnée FLORA –CBNBP, 2015) et des expertises menées par la SGP



2.11.6.3 Caractéristiques des sites à enjeux pour la flore

- Ile de Monsieur

Le site présente une mosaïque de milieux aquatiques, friches priariales à tendance humide et friches sèches. Le site héberge 1 espèce patrimoniale : la Molène pulvérulente.

La Molène pulvérulente est une espèce davantage thermophile, elle est présente en bord de voie de tram au sud du Pont-de-Sèvres.

- Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart

Cette friche ferroviaire accueille la Molène pulvérulente, espèce patrimoniale rare en Ile-de-France. Cette espèce de friches thermophiles est présente sur la zone de friche au sud de la Gare.

- Parc départemental des Hautes Bruyères

Le parc présente une mosaïque de milieu intéressante pour la flore et la faune. Plusieurs stations d'espèces très rares en Ile-de-France s'observent au nord du parc.

Plusieurs stations de Gesse de Nissole (Lathyrus nissolia), très rare en Ile de France et extrêmement rare dans le Val-de-Marne s'observent au niveau des friches mésophiles.

Le Chardon à petits capitules (Carduus tenuiflorus), espèce lié aux friches thermophiles est quant à elle présente au nord-ouest du parc sur un habitat de friche.

- Gare de Vitry Centre

La Gare se situe en contexte urbain aux abords du parc du Coteaux. En bord de voirie, une station de Passerage des décombres (Lepidium ruderale) a été observée. Bien que identifiée comme très rare en Ile-de-France, cette espèce est en expansion dans la région et s'adapte bien au contexte parisien en s'installant sur des trottoirs, quais minéralisés, friches urbaines, etc.

- Friche Arrighi

Cette friche close et gérée par EDF représente le site le plus intéressant pour la flore à l'échelle du fuseau d'étude. La présence de friche sèche et d'une possible relique de terrasse alluviale de la Seine est favorable aux espèces de friche xérophiles.

Le Crépis fétide (Crepis foetida) est présente au niveau de la dalle béton près de l'entrée sud-ouest de la friche Arrighi. Il s'agit d'une espèce annuelle en forte régression et en danger critique d'extinction en Ile de France qui se retrouve sur des alluvions sec ou encore des friches ouvertes thermophiles. Le maintien de cette friche représente donc un enjeu de conservation fort pour la flore.

4 autres espèces liées aux friches xérophiles se concentrent sur les zones de friches pionnières sèches au niveau de l'entrée sud-ouest et au nord-est du site.

Trois stations de Chondrille à feuilles de joncs (Chondrilla juncea) sont identifiées sur site. Cette espèce se maintient bien dans les friches ferroviaires et urbaines comme la friche Arrighi.

L'Œillet prolifère (Petrorhagia prolifera) est en régression en Ile-de-France en raison de la raréfaction des pelouses ouvertes et se maintient donc sur des zones de friches caillouteuses ouvertes, friche ferroviaire ou interstices de pavé. La friche Arrighi représente donc un habitat de support qui tend à se raréfier pour cette espèce.

La Vulpie ciliée (Vulpia ciliata) se concentre sur la partie sud-ouest en entrée de site. Elle s'établit généralement sur des pelouses sur alluvions ou sablosilicieuses. Deux stations ont été observées sur site.

Deux stations de Salsifis douteux (Tragopogon dubius) sont présentes au niveau des friches sèches du site. A l'échelle régionale, cette espèce se retrouve principalement au sein de l'agglomération parisienne dans les espaces rudéralisés.

- Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny

Le Lotier à feuilles étroites (Lotus glaber) a été observé en bord de chemin d'une friche sèche sur le côté ouest de la Znieff de la « Bonne Eau ». Cette espèce est généralement retrouvée sur des substrats plus humides et riches en nutriments comme des prairies herbacées à engorgement hivernal.

- Place des Yvris

Une station de Gaillet de Paris (Galium parisiense) a été observée sur cette place conduite en square urbain. En légère régression en Ile-de-France, le Gaillet de Paris s'installe et s'adapte facilement aux habitats anthropiques comme la place des Yvris.

- Gare de Noisy-Champs

Une autre station de Gaillet de Paris a été localisée à l'est de la future gare, avenue Ampère. S'adaptant bien au contexte urbain, l'espèce s'est développée sur un bloc de meulière en bord de trottoir.

- Parc de la Butte Verte

Ce site accueille une espèce protégée, rare en Ile de France qui se développe sur les eaux stagnantes assez riches en éléments nutritifs : l'Utriculaire citrine (Utricularia australis). L'espèce est connue du site depuis 2005 sur le site d'après l'INPN[43]. En revanche, le Sison amone, espèce protégée identifiée comme présente en 2004 par l'INPN n'a pas été retrouvé sur site en 2014.

2.11.6.4 Bilan des enjeux pour la flore

A l'issue des expertises de terrain, 12 espèces végétales patrimoniales ont été recensées au sein du fuseau d'étude, parmi lesquelles, une est protégée à l'échelle régionale au niveau du parc de la Butte Verte, l'Utriculaire citrine (Utricularia australis) qui présente par ailleurs un enjeu de conservation modéré. En raison de la protection de l'Utriculaire citrine, la végétation peut constituer une contrainte réglementaire pour le projet.

Par ailleurs, la flore constitue un enjeu de conservation globalement moyen à l'échelle du fuseau d'étude, en raison de la présence de plusieurs espèces végétales patrimoniales. Trois espèces présentent un enjeu de conservation fort à très fort, elles se trouvent au niveau du parc des Hautes Bruyères, de la friche Arrighi, de la place des Yvris et de la gare de Noisy-Champs. Il s'agit du Crépis fétide, du Gaillet de Paris et de la Gesse de Nissole.

[43] Inventaire National du Patrimoine Naturel

2.11.7 Oiseaux

2.11.7.1 Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

Les données bibliographiques présentées dans le tableau ci-dessous sont issues des fiches descriptives des différents zonages existants sur le fuseau d'étude ainsi que des plans de gestions associés. 3 espèces patrimoniales sont mentionnées sur le fuseau d'étude. Pour rappel, les espèces patrimoniales sont celles dont l'enjeu de conservation est supérieur à faible.

Liste des espèces potentielles d'oiseaux nicheurs remarquables sur le fuseau d'étude au vu des habitats recensés

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Localisation
Espèces patrimoniales nichant sur le fuseau d'étude			
Alcedo atthis	Martin-pêcheur d'Europe	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : R	Iles de la Marne
Motacilla cinerea	Bergeronnette des ruisseaux	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Iles de la Marne, berges de la Seine à Vitry-sur-Seine
Carduelis cannabina	Linotte mélodieuse	LR nationale nicheurs : VU LR régionale nicheurs : NT Rareté régionale : C	Parc départemental des Lilas, Friche Arrighi
Emberiza cirlus	Bruant zizi	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Parc départemental des Lilas
Sylvia curruca	Fauvette babillarde	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Parc départemental des Lilas
Sylvia communis	Fauvette grisette	LR nationale nicheurs : NT LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : TC	Parc départemental des Lilas
Muscicapa striata	Gobemouche gris	LR nationale nicheurs : VU LR régionale nicheurs : NT Rareté régionale : C	Parc municipal Frédéric Joliot-Curie
Saxicola torquata	Tarier pâtre	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Parc départemental des Lilas

Légende : L'ensemble des données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de fiches ZNIEFF.
Liste Rouge (LR) VU : vulnérable, NT : quasi-menacé, LC : Non menacé ; Statut en Ile-de-France TC : Très Commun, C : Commun, PC : Peu Commun, R : Rare ; Espèce protégée : P

La Bergeronette des ruisseaux et la Linotte mélodieuse présentent, à dire d'expert, un enjeu modéré bien que leur statut concorde avec un statut faible (Cf. Rappel méthodologique relatif au diagnostic écologique).

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :			
Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

2.11.7.2 Précisions apportées par les expertises de terrain

A l'issue des prospections de terrain, 52 espèces d'oiseaux ont été identifiées en période de reproduction, parmi lesquelles, 36 sont protégées et 3 sont considérées comme patrimoniales en raison de leur statut à l'échelle régionale ou nationale et de leur caractère nicheur sur l'aire d'étude. 1 espèce présente un enjeu considéré comme fort : le Faucon hobereau. Les espèces patrimoniales sont présentées dans le tableau ci-dessous. Il est important de noter que les espèces à enjeux faibles (non patrimoniales) pourront cependant être une contrainte réglementaire pour le projet et qu'une demande de dérogation « espèces protégées » pourra être nécessaire.

Afin de faciliter la lecture et la compréhension de ce chapitre, l'avifaune nicheuse est traitée par cortège. Au vu des habitats présents sur le fuseau d'étude, les espèces d'oiseaux présentes se répartissent en six cortèges :

- Cortège des milieux anthropisés représenté par le Martinet noir, le Moineau domestique, l'Etourneau sansonnet… Ce cortège est nettement dominé par des espèces très liées à l'Homme ;

- Cortège des parcs et jardins représenté par le Grimpereau des jardins, la Mésange à longue queue, la Mésange bleue, la Mésange charbonnière… ;

- Cortège des fourrés et buissons représenté notamment par l'Accentueur mouchet, la fauvette à tête noire, la Fauvette des jardins, l'Hypolaïs polyglotte ou encore le Moineau friquet ;

- Cortège des milieux boisés comme le Rougegorge familier, le Pigeon ramier, le Pouillot véloce, le Troglodyte mignon la Fauvette à tête noire ;

- Cortège des milieux ouverts comme la Linotte mélodieuse ;

- Cortège des zones humides comme le Martin-pêcheur, le Héron cendré….



Faucon hobereau © Biotope



Linotte mélodieuse © Biotope



Bergeronnette des ruisseaux © Biotope

Liste des espèces d'oiseaux remarquables nicheuses présentes sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Statut (nicheur possible, probable, certain, en transit)	Localisation
Cortège des fourrés et buissons				
Sylvia communis	Fauvette grisette	LR nationale nicheurs : NT LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : TC	Nicheur possible	Parc des Hautes Bruyères, Gare de Bry Villiers Champigny, Parc du Plateau, SMR de Champigny
Pyrrhula pyrrhula	Bouvreuil pivoine	LR nationale nicheurs : VU LR régionale nicheurs : NT Rareté régionale : C	-	Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Emberiza cirlus	Bruant zizi	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	-	Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Passer montanus	Moineau friquet	LR nationale nicheurs : NT LR régionale nicheurs : NT Rareté régionale : PC	Nicheur probable	Parc départemental des Hautes Bruyères
Sylvia curruca	Fauvette babillarde	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	-	Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Cortège des milieux boisés				
Accipiter nisus	Epervier d'Europe	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Nicheur possible	Friche Arrighi, Parc de la Butte Verte
Falco subbuteo	Faucon hobereau	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : NT Rareté régionale : R	Nicheur possible	Friche Arrighi
Cortège des milieux ouverts				
Falco tinnunculus	Faucon crécerelle	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Nicheur probable Nicheur possible Nicheur possible	Gare de Bry Villiers Champigny Friche Arrighi, SMR de Champigny
Carduelis cannabina	Linotte mélodieuse	LR nationale nicheurs : VU LR régionale nicheurs : NT Rareté régionale : C	Nicheur certain Nicheur possible	Base ferroviaire de Bry Villiers Champigny (friche de la « Bonne Eau ») SMR Champigny
Cortège des milieux humides				
Motacilla cinerea	Bergeronnette des ruisseaux	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Nicheur certain	Berges de Seine à proximité de l'impasse de l'Abbaye (Saint-Maur)
Ardea cinerea	Héron cendré	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Nicheur possible	Friche Arrighi

Légende : Listes Rouges nicheurs : LC : préoccupation mineure, NT : quasi menacé, NA : non applicable ; VU : Vulnérable
Rareté régionale : A : abondant, C : commun, TC ; très commun, PC : peu commun, TR : très rare, O : occasionnel

La Bergeronette des ruisseaux et la Linotte mélodieuse présentent, à dire d'expert, un enjeu modéré bien que leur statut concorde avec un statut faible (Cf. Rappel méthodologique relatif au diagnostic écologique). Les espèces patrimoniales présentées dans ce tableau (i.e. dont l'enjeu est au moins modéré) font l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

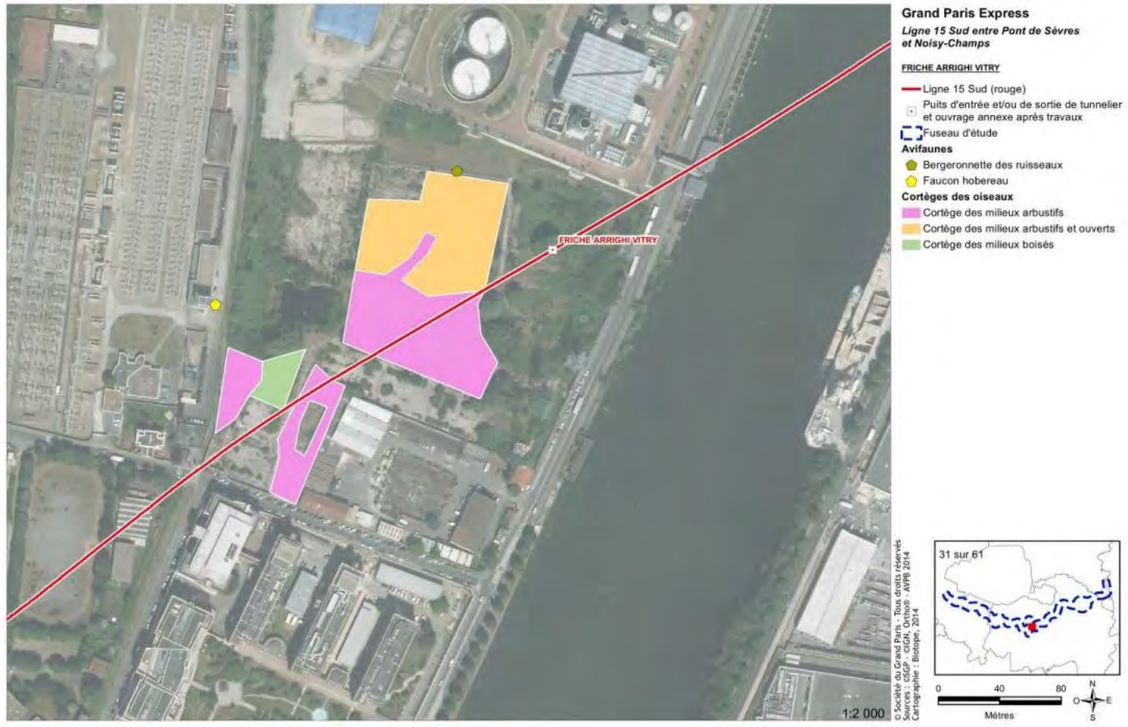
Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :			
Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

2.11.7.3 Sites remarquables et fonctionnalité des milieux pour l'avifaune sur le fuseau d'étude

a. Friche Arrighi

Ce secteur présente un enjeu pour l'avifaune nicheuse locale. La friche Arrighi constitue à la fois une zone de chasse et une zone de nidification selon les espèces considérées. Lors d'un inventaire réalisé au printemps 2010 dans le cadre du Diagnostic écologique de la ville de Vitry-sur-Seine, près de 30 espèces ont été observées. La diversité en oiseaux y est donc importante. A noter que cette friche peut potentiellement être une zone de chasse pour une espèce inscrite à l'annexe I de la directive Oiseaux : le Faucon pèlerin. Cette espèce a élu domicile sur la commune voisine d'Ivry-sur-Seine. Un couple s'est installé sur la cheminée de l'usine CPCU en 2010 et s'est reproduit en 2011. Il n'est donc pas impossible de l'observer en chasse.

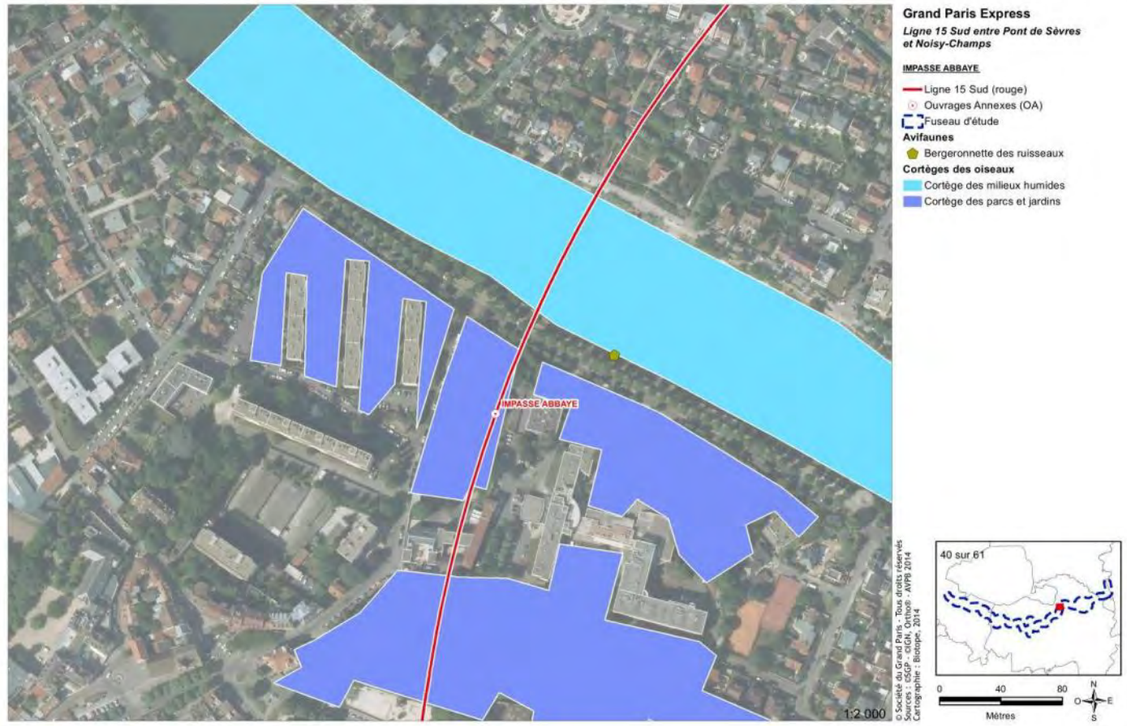
Les expertises de 2014 ont mis en avant dix-sept espèces protégées sur cette zone dont des nicheurs comme le Héron cendré et le Faucon crécerelle. Le Faucon hobereau est nicheur possible dans les zones arborées.



b. Bords de Marne / Impasse de l'Abbaye

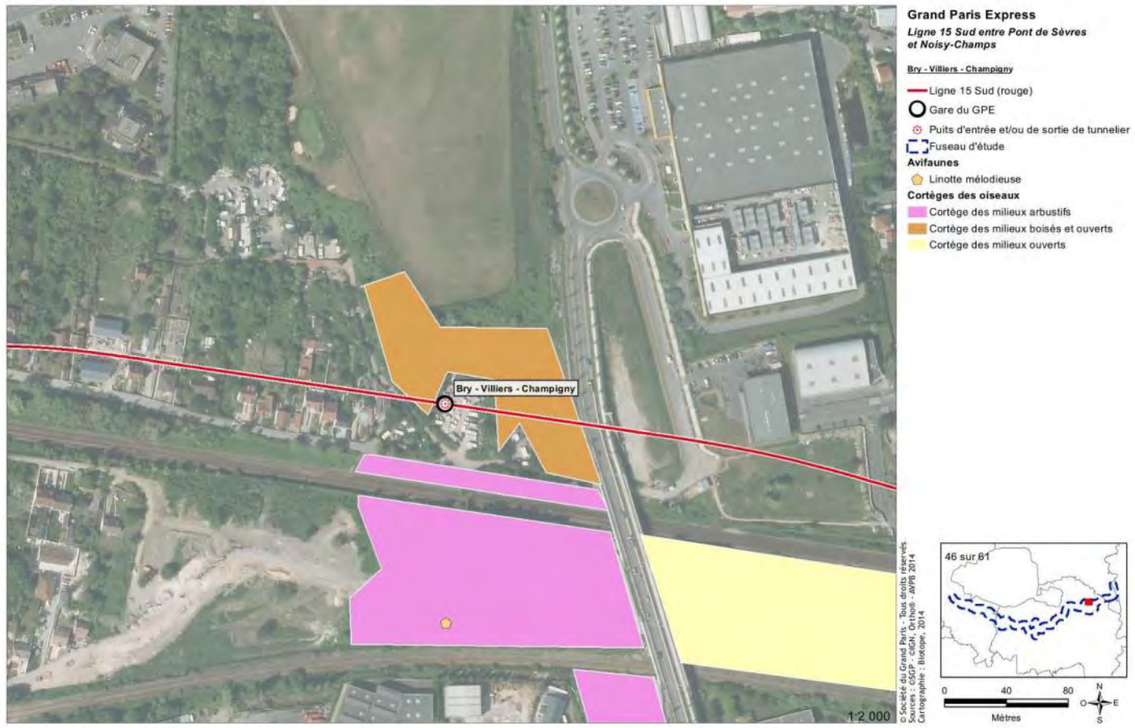
Ce site est l'un des plus riches et des plus diversifiés de tout le fuseau d'étude. Les espèces les mieux représentées sont le Pinson des arbres, le Troglodyte mignon et le Merle noir. Le cortège anthropique est bien présent et la Marne apporte son cortège d'oiseaux d'eau.

Ces zones humides servent de zone de chasse pour de nombreuses espèces remarquables pour la région Ile-de-France. La Sterne pierregarin et le Martin-pêcheur d'Europe tout deux inscrits à l'annexe I de la directive Oiseaux sont connus pour fréquenter le site. Elles n'ont toutefois pas été contactées lors des expertises de 2014. La zone permet également à des espèces comme la Bergeronnette des ruisseaux de trouver un habitat favorable à sa nidification.



c. Base ferroviaire de Bry Villiers Champigny et SMR de Champigny

C'est le secteur le plus riche mais aussi l'un des plus grand à l'échelle du fuseau d'étude. Les espèces les mieux représentées sont le Moineau domestique et la Fauvette à tête noire. Le cortège des buissons est bien représenté avec l'Hypolaïs polyglotte et la Fauvette grisette. C'est aussi le seul site où le cortège des milieux ouverts est présent avec notamment la Linotte mélodieuse, espèce classée comme « Vulnérable » dans la liste rouge nationale. Un Faucon crécerelle en chasse sur le site a été observé mais le site de nidification n'a pas été identifié.





d. Parc de la Butte-Verte et gare de Noisy-Champs

Ce site se caractérise par la présence d'une zone boisée assez étendue, parfois altérée par des campements de gens du voyage. Les espèces les mieux représentées sont la Fauvette à tête noire et le Troglodyte mignon. Parmi les autres espèces figurent la Mésange nonnette, le Geai des chênes et la Sittelle torchepot, toutes les trois typiquement forestières.

Le boisement mâture de chênes offre aux oiseaux forestiers et plus particulièrement cavernicoles un site idéal pour leur reproduction. Les cavités naturelles les plus grandes peuvent être utilisées par la Chouette hulotte (Strix aluco), les plus petites par les passereaux comme la Sittelle torchepot (Sitta europaea), le Grimpereau des jardins (Certhia familiaris) ou la Mésange nonnette (Parus palustris).

Le Pic épeiche ou le Pic vert ont également été contactés sur ce secteur. Il s'agit d'espèces peu exigeantes quant à l'étendue du massif et au nombre d'arbres âgés. En effet, les pics sont des oiseaux spécialisés dans le creusement des loges, rencontrés dans les milieux plutôt âgés car le bois est rendu tendre par l'action des champignons.

Une partie du boisement du parc de la Butte Verte, cité précédemment, s'étend jusqu'au boisement au nord de la future gare. Des espèces typiquement forestières y sont présentes : Mésange nonnette, le Geai des chênes et la Sittelle Torchepot.



e. Parc des Lilas

Malgré le contexte urbain, la faune et notamment l'avifaune garde un caractère champêtre sur ce parc. La bibliographie montre que le site abrite plusieurs espèces d'oiseaux qui ont disparu de Paris et de la proche banlieue. L'alternance des milieux ouverts et fermés, ainsi que l'hétérogénéité des strates arbustives et herbacées sont favorables à une diversité d'oiseaux importante. Des espèces comme la Caille des blés, le Bruant zizi, la Fauvette babillarde, la Fauvette grisette ou encore la Linotte mélodieuse peuvent s'observer sur cette zone.

f. Parcs et squares urbains divers

Le cortège d'espèces est essentiellement anthropiques avec quelques espèces de jardins comme l'Accenteur mouchet, le Troglodyte mignon, la Mésange charbonnière ou le Merle noir.

La présence de haies et de bosquets aux alentours de certains sites favorise la présence d'espèces à tendance forestière comme le Troglodyte mignon, le Pouillot véloce.

Les talus de chemins de fer constituent des refuges pour des espèces comme la Fauvette à tête noire ou le Troglodyte mignon.

2.11.7.4 Synthèse relative aux oiseaux

Les expertises relatives aux oiseaux nicheurs menées en 2011 et 2014 ont mis en évidence la présence de 52 espèces, parmi lesquelles 36 sont protégées et 3 sont considérées comme patrimoniales en raison de leur statut à l'échelle nationale ou locale et de leur caractère nicheur sur l'aire d'étude. Le Faucon hobereau constitue un enjeu fort sur la Friche Arrighi au vu de la présence d'habitats favorables à la réalisation de son cycle de vie.

En raison de la présence d'espèces protégées, l'avifaune nicheuse peut constituer une contrainte réglementaire pour le projet. Toutefois, l'enjeu de conservation associé à ce groupe est globalement faible, hormis pour les espèces patrimoniales identifiées.

2.11.8 Amphibiens

2.11.8.1 Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

La bibliographie est issue des fiches descriptives des différents zonages existants sur le fuseau d'étude et de leurs plans de gestions associés.

Liste des espèces d'amphibiens remarquables potentielles sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires	Localisation
Lissotriton helveticus	Triton palmé	AC	Espèce intégralement protégée en France (art. 3)	Mares de la Butte verte (Secteur d'aménagement de Noisy-Champs)
Rana kl. Esculenta Pelophylax lessonae	Complexe des Grenouilles vertes	C	Espèce inscrite à l'annexe V de la directive Habitats Espèce protégée en France (art. 5)	Îles de la Marne

Légende : Les données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de la fiche ZNIEFF « Mares de la Butte Verte », du Plan de gestion des îles de la Marne et d'une étude pour la valorisation du potentiel écologique du projet de coulée verte (2003).

Rareté régionale C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare

Au vu de la sensibilité des amphibiens, les enjeux pour ce groupe sont réévalués à dire d'expert. Les enjeux sont à minima modéré pour l'ensemble des espèces hormis le complexe des Grenouilles vertes.

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :			
Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

2.11.8.2 Précisions apportées par les expertises de terrain

Les expertises relatives aux amphibiens menées en 2013 et 2014 ont permis de mettre en évidence la présence de 8 espèces d'amphibiens, toutes protégées.

1. Bioévaluation des espèces

Liste des espèces d'amphibiens remarquables recensées sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires	Localisation
Bufo calamita	Crapaud calamite	R Déterminante de ZNIEFF	Espèce inscrite à l'annexe IV de la directive Habitats Espèce et habitats intégralement protégés en France (art. 2)	Parc des Hautes Bruyères
Alytes obstetricans	Alyte accoucheur	AR	Espèce inscrite à l'annexe IV de la directive Habitats Espèce et habitats intégralement protégés en France (art. 2)	Parc des Hautes Bruyères
Ichthyosaura alpestris	Triton alpestre	AR Déterminante de ZNIEFF	Espèce intégralement protégée (art. 3)	Parc de la Butte Verte et gare de Noisy-Champs
Rana dalmatina	Grenouille agile	AC	Espèce et habitats intégralement protégés (art. 2) Espèce inscrite à l'annexe IV de la directive Habitats)	Parc de la Butte Verte
Lissotriton vulgaris	Triton ponctué	PC	Espèce intégralement protégée en France (art. 3)	Parc des Hautes Bruyères Parc de la Butte Verte et gare de Noisy-Champs
Triturus cristatus	Triton crêté	PC	Espèce intérêt communautaire protégée en Europe (annexes II & IV de la Directive Habitats) Espèce et habitats intégralement protégés (art. 2)	Parc de la Butte Verte et gare de Noisy-Champs
Bufo bufo	Crapaud commun	AC	Espèce intégralement protégée en France (art. 3)	Parc de la Butte Verte
Pelophylax kl. esculentus	Complexe Des Grenouilles verte	C	Espèce inscrite à l'annexe V de la directive Habitats Espèce protégée en France (art. 5)	Parc des Hautes Bruyères Parc de la Butte verte et gare de Noisy-Champs

Légende : Statut en Ile-de-France C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare ;

Au vu de la sensibilité des amphibiens, les enjeux pour ce groupe sont réévalués à dire d'expert. Les enjeux sont à minima modéré pour l'ensemble des espèces hormis le complexe des Grenouilles vertes. Les espèces patrimoniales présentées dans ce tableau (i.e. dont l'enjeu est au moins modéré) font l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :	Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale



Crapaud calamite observé en chasse dans l'Espace d'aventures du parc départemental des Hautes Bruyères © SGP - Biotope 2014



Triton ponctué observé sur le parc de la Butte Verte / secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs © Biotope



Jeune crapaud commun observé dans le parc départemental des Hautes Bruyères © SGP - Biotope 2014



Triton alpestre observé sur le parc de la Butte Verte / secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs © Biotope

2. Description des milieux

Les habitats de reproduction recensés sur le fuseau d'étude sont typiquement des zones humides permanentes ou temporaires de type mares, plans d'eau, fossés humides, bassin ornemental, etc.

Les habitats terrestres (hivernage et chasse) favorables rencontrés sur le fuseau d'étude restent limités :

- aux zones boisées localisées à proximité des zones humides, utilisées également comme zones d'hivernage,
- aux friches et prairies, en particulier les plus humides d'entre-elles.

Les habitats sont hiérarchisés en fonction de leur capacité d'accueil des amphibiens. Les habitats terrestres et aquatiques identifiés sont plus favorables que les habitats potentiels.

2.11.8.3 Sites remarquables et fonctionnalité des milieux pour les amphibiens sur le fuseau d'étude

a. Parc de la Butte Verte et Gare de Noisy-Champs

Les amphibiens se reproduisent au niveau de points d'eau (mares, fossés) situés dans les secteurs nord et sud du parc ainsi que dans le boisement à l'est de la N370. Les habitats boisés servent quant à eux de milieux pour l'hivernage. L'ensemble des habitats nécessaires à la réalisation du cycle des amphibiens est présent sur le site. Aucun déplacement de population n'a été observé lors de la visite de terrain. Il est cependant probable que des individus traversent les voiries pour rallier les différents points d'eau.

En outre, les habitats aquatiques sont fortement menacés par l'urbanisation et l'occupation des boisements par les gens du voyage[44]. Ainsi, les mares du boisement à l'est de la N370 ont subi des dégradations plus ou moins importantes résultant de l'occupation de leurs abords par des campements, notamment au nord. Les mares ont certainement servi de point d'approvisionnement en eau et font l'objet de dégradations. La mare au sud, qui abrite une population de 3 espèces de tritons, est menacée d'atterrissement et est envahie par les lentilles d'eau.

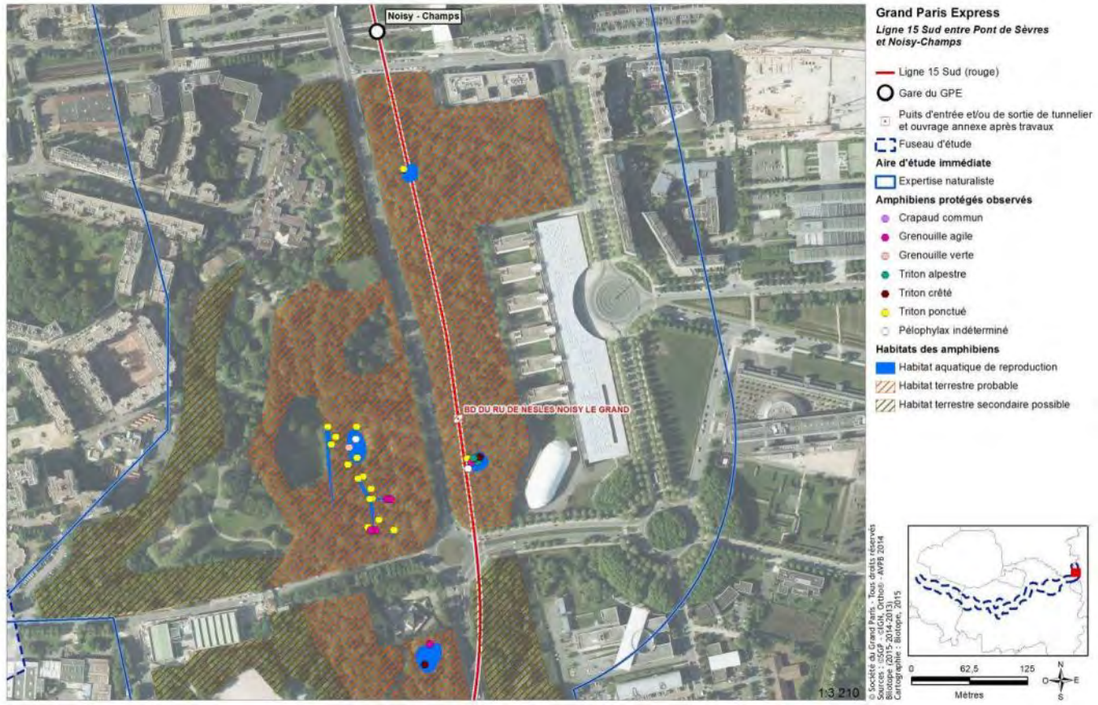
La mare dans le secteur nord du parc est empoissonnée et subit une pression forte de fréquentation détériorant les berges et perturbant le milieu (déchets). Les fossés font également l'objet de dégradations avec l'accumulation de bois mort.

Enfin, la mare du secteur sud du parc semble sensible à l'atterrissement voire aux ruissellements de la route adjacente.



Fossé inondé du parc de la Butte Verte et mare situé dans le boisement à l'est de la N370, envahie par les lentilles d'eau – © SGP – BIOTOPE, 2014

[44] A noter que le campement existant en 2014 a été délocalisé et n'était plus présent en mai 2015





Vue sur l'Espace d'aventures archéologiques. Au premier plan, la mare siège de la reproduction du Crapaud calamite sur le parc des Hautes Bruyères © SGP - Biotope 2014



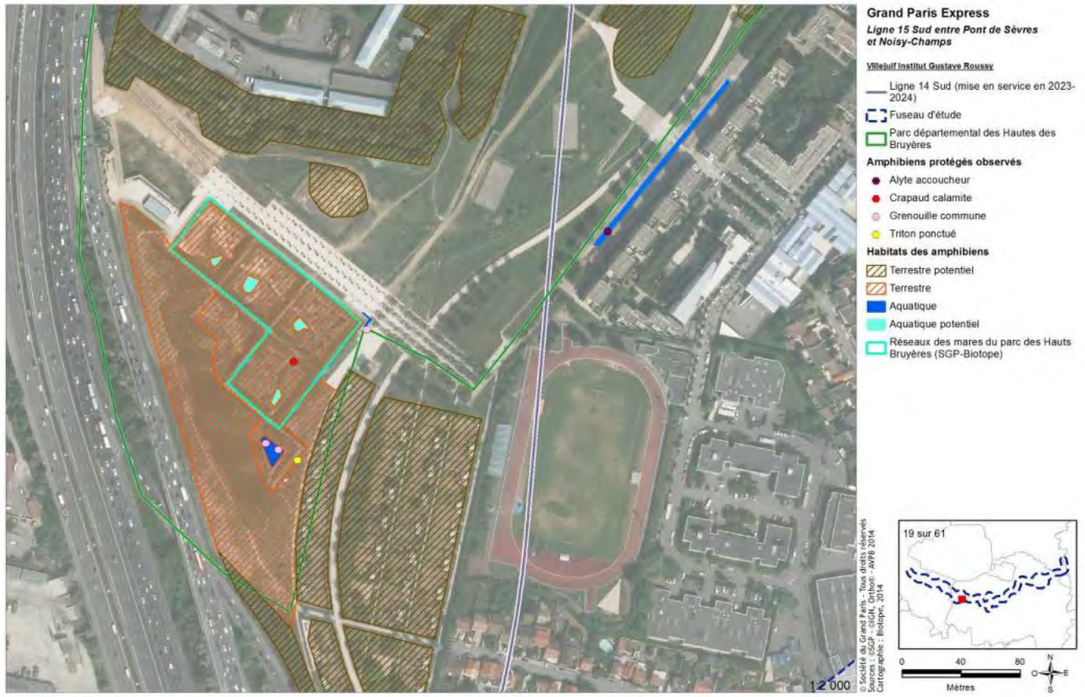
Mare inondée : site de reproduction du Crapaud calamite au parc des Hautes Bruyères © SGP - Biotope 2014

b. Parc départemental des Hautes Bruyères

Cinq mares ont été aménagées en réseau au sein de l'Espace d'aventures archéologiques au sud-ouest du parc Départemental des Hautes Bruyères. Actuellement, suite à un dysfonctionnement du système d'alimentation en eau (com. pers.), seule la mare située au point le plus bas (extrémité ouest) est inondée. Cette mare, équipée d'un exutoire et empoissonnée, constitue le seul habitat de reproduction du Crapaud calamite sur le site, malgré leur vulnérabilité face à la prédation. Elle abrite également le Triton ponctué et la Grenouille verte.

Au sud-est du parc des Départemental Hautes Bruyères, au niveau de la rigole de la redoute des Hautes Bruyères, nouvellement réaménagée, des têtards d'Alyte accoucheur ont été contactés lors des inventaires naturalistes. Espèce assez rare en Ile-de-France, elle constitue un enjeu fort sur le site tout comme le Crapaud Calamite.

En phase terrestre, les amphibiens trouvent certainement refuge dans le talus encadrant l'Espace d'aventure. Le Crapaud calamite est particulièrement adapté aux milieux ouverts, s'enfouit dans les sols meubles ou se cache sous des pierres ou autres structures bétonnées. Il s'agit d'une espèce pionnière susceptible d'effectuer des déplacements sur de longues distances. Il est donc présumé que l'espèce exploite l'ensemble du parc et ses environs.



2.11.8.4 Synthèse relative aux amphibiens

Les expertises relatives aux amphibiens menées en 2013 et 2014 ont mis en évidence la présence de 8 espèces protégées se répartissant sur les parcs de la Butte Verte, le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs et le parc des Hautes Bruyères. Parmi celles-ci, le Crapaud calamite (Bufo calamita), l'Alyte accoucheur (Alytes obstetricans) et le Triton alpestre présentent un fort enjeu de conservation.

Par ailleurs, en raison de la présence avérée de ces 8 espèces protégées, les amphibiens peuvent constituer une contrainte réglementaire pour le projet.

2.11.9 Reptiles

2.11.9.1 Précisions apportées par les expertises de terrain

Les inventaires naturalistes ont permis de contacter une espèce protégée en France, le Lézard des Murailles.

a. Bioévaluation de l'espèce recensée

Liste des espèces remarquables recensées sur la zone d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (Protection Nationale)	Localisation
Podarcis muralis	Lézard des murailles	C	P	Sentier des Marins Friche Arrighi Fort d'Issy / Vanves / Clamart Potentialité pour cette espèce sur l'ensemble du fuseau Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)

Légende : Espèce protégée : P ; Statut en Ile-de-France C : Commun

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :				
	Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

L'espèce présentée dans ce tableau fait l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

b. Description des milieux

Le Lézard des murailles est une espèce ubiquiste et thermophile. Il fréquente une grande variété de milieux ouverts bien exposés au soleil, avec des micro-habitats facilitant la thermorégulation (tas de bois, souches, pierres, constructions…). L'espèce se rencontre au niveau des berges bien exposées, des lisières, mais aussi les milieux anthropisés comme les voies ferrées, les habitations. Ce type d'habitat se retrouve sur l'ensemble du fuseau d'étude.



Lézard des murailles - © SGP - Biotope 2014

2.11.9.2 Enjeux relatifs aux reptiles

Les expertises relatives aux reptiles menées en 2014 ont mis en évidence la présence d'une espèce de reptile : le Lézard des murailles (Podarcis muralis). Bien que commune, cette espèce est protégée à l'échelle nationale et peut constituer une contrainte réglementaire pour le projet. Toutefois, elle présente un faible enjeu de conservation à l'échelle du fuseau d'étude.

2.11.10 Insectes

2.11.10.1 Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

La bibliographie est issue des différents zonages existants sur le fuseau d'étude et des prospections réalisées en 2011. Ces prospections sont intégrées en bibliographie concernant le secteur de la friche de la « Bonne eau ». En effet, ce site a fait l'objet de nombreuses modifications urbaines et a été construit en partie sur la partie ouest. Ainsi, les observations antérieures sont traitées comme des espèces potentiellement présentes.

Liste des espèces d'insectes remarquables potentielles sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (protection régionale)	Localisation	Source
Lépidoptères rhopalocères					
Carcharodus alceae	Hespérie de l'Alcée / Grisette	Déterminant ZNIEFF AR	-	Parc des Lilas Friche de la « Bonne eau »	Fiche ZNIEFF
Hesperia comma	La virgule	Déterminant ZNIEFF AR à R	-	Parc des Lilas	Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Melanargia galathea	Demi-Deuil	Déterminant ZNIEFF AC	-	Parc des Lilas	Fiche ZNIEFF
Zygènes et Hétérocères diurnes					
Zygaena filipendulae	Zygène de la Filipendule	Déterminant ZNIEFF C	-	Friche de la « Bonne eau »	Fiche ZNIEFF
Lépidoptères hétérocères					
Callimorpha quadripunctaria	Ecaille chinée	C	(Directive Habitats Annexe II)	Parc des Lilas	Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Orthoptères					
Chorthippus albomarginatus	Criquet marginé	Déterminant ZNIEFF Menacé	-	Parc des Lilas	Fiche ZNIEFF
Roeseliana roeselii	Decticelle bariolée	Déterminant ZNIEFF C	-	Parc des Lilas	Fiche ZNIEFF
Oecanthus pellucens	Grillon d'Italie	AC à C	P	Friche de la « Bonne eau »	Fiche ZNIEFF Prospections Biotope 2011
Œdipoda caerulescens	Œdipode turquoise	PC	P	Friche Arrighi	Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Phaneroptera nana	Phanéroptère méridional	Déterminant ZNIEFF PC à AR	-	Friche de la « Bonne eau »	Fiche ZNIEFF Prospections Biotope 2011
Platycleis tessellata	Decticelle carroyée	Déterminant ZNIEFF PC	-	Parc des Lilas Friche Arrighi	Fiche ZNIEFF Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Odonates					
Aeshna grandis	Grande Aeschne	Déterminant ZNIEFF Rareté : PC Liste rouge régionale : NT	P	Îles de la Marne	Plan de gestion des îles de la Marne
Erythromma lindenii	Agrion de Vander Linden	Déterminant ZNIEFF Rareté : AC Liste rouge régionale : LC	-	Îles de la Marne	Fiche ZNIEFF

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (protection régionale)	Localisation	Source
Sympetrum fonscolombii	Sympétrum de Fonscolombe	Rareté : AR Liste rouge régionale : LC	-	Friche de la « Bonne eau »	Fiche ZNIEFF Prospections Biotope 2011
Coléoptères					
Patrobus atrorufus		R	-	Îles de la Marne	Plan de gestion des îles de la Marne
Anchomenus dorsalis	Agone à tache dorsale	Déterminant ZNIEFF	-	Îles de la Marne	Fiche ZNIEFF
Dictyoptères					
Mantis religiosa	Mante religieuse	Déterminant ZNIEFF Vulnérable	P	Parc des Lilas Friche de la « Bonne eau »	Fiche ZNIEFF
Autres insectes					
Zygaena filipendulae	Zygène de la Filipendule	Déterminant ZNIEFF C	-	Friche de la « Bonne eau »	Prospections Biotope 2011

Légende: Statut en Ile-de-France C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare, TR : Très Rare ; Espèce protégée : P

Du fait de l'absence d'outils de bioévaluation récent (hormis pour les odonates), les enjeux relatifs aux insectes sont évalués à dire d'expert.

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :

Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

2.11.10.2 Précisions apportées par les expertises de terrain

Sur l'ensemble du fuseau d'étude, 40 espèces d'insectes ont été inventoriées dont 11 espèces d'orthoptères, 12 odonates, 16 rhopalocères et 4 autres espèces d'insectes.

4 espèces sont protégées et 7 sont considérées comme patrimoniales du fait de leur statut précaire et conformément aux inventaires et listes rouges qui ont été publiés à ce jour.

a. Bioévaluation des espèces recensées

Le tableau présenté en page suivante établie la liste des espèces d'insectes remarquables recensées sur le fuseau d'étude.



Lucane cerf-volant © SGP – Biotope, 2014



Mante religieuse © SGP - Biotope 2014



Azuré des Cytises © Biotope



Zygène des Lotiers© SGP – Biotope, 2014



Ecaille chinée © SGP - Biotope 2014



Conocéphale gracieux © SGP - Biotope 2014

b.

c. Description des milieux

Les insectes se retrouvent sur deux types de milieux à l'échelle du fuseau d'étude : les zones dites anthropisées et les zones ouvertes herbeuses de type friches et prairies.

Les zones anthropisées sont globalement peu favorables à l'accueil d'insectes mais peuvent abriter des espèces protégées et ou remarquables, notamment pour le groupe des Orthoptères qui regroupe de nombreuses espèces à la fois protégées et relativement communes en Île-de-France à l'instar du Conocéphale gracieux (Ruspolia nitidula), du Grillon d'Italie (Oecanthus pellucens) ou de l'Oedipode turquoise (Oedipoda caerulescens).

Les zones ouvertes herbeuses (friches, prairies) sont globalement favorables à l'ensemble des taxons entomologiques traités dans le cadre de cette étude, notamment pour le groupe des Orthoptères et celui des Lépidoptères. Ces secteurs sont également utilisés par les odonates en chasse, en transit ou en maturation.

Le cortège le plus diversifié est celui des Orthoptères liés à ces milieux le plus souvent thermophiles qui abritent tout un spectre d'espèces allant du très commun Criquet des pâtures (Chorthippus parallelus) à des espèces remarquables comme le Conocéphale gracieux (Ruspolia nitidula), le Caloptène italien (Calliptamus italicus) ou certaines Decticelles (Platycleis tessellata). Les secteurs mésohygrophiles à humides abritent les espèces les plus patrimoniales comme le criquet marginé (Chorthippus albomarginatus).

Un autre cortège bien présenté est celui des Lépidoptères liés à ces milieux le plus souvent thermophiles qui abritent tout un spectre d'espèces comme le très commun Azuré de la bugrane (Polyommatus icarus) jusqu'à des espèces moins communes comme le Souci (Colias crocea) ou la Grisette (Carcharodus alceae).

Liste des espèces d'insectes remarquables recensées sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires	Cortège	Localisation
Orthoptères					
Calliptamus italicus	Caloptène italien	R	-	Milieux xérothermophiles	SMR Champigny, Friche Arrighi
Sphingonotus caerulans	Oedipode aigue-marine	Déterminant ZNIEFF R	-		Friche Arrighi
Chorthippus albomarginatus	Criquet marginé	Menacé	-		Parc des Hautes Bruyères
Platycleis albopunctata	Decticelle chagrinée	PC	-	Milieux thermohygrophiles	SMR de Champigny, Friche Arrighi, Parc des Hautes Bruyères
Platycleis tessellata	Decticelle carroyée	Déterminant ZNIEFF PC	-	Milieux herbeux thermophiles	Friche Arrighi, Parc des Hautes Bruyères
Oedipoda caerulescens	Oedipode turquoise	PC	P	Milieux xérothermophiles	Base ferroviaire de Bry Villiers Champigny (friche de la « Bonne Eau »), Friche Arrighi
Ruspolia nitidula	Conocéphale gracieux	Déterminant ZNIEFF C à AC	P	Milieux herbeux thermophiles	SMR de Champigny, Parc des Hautes Bruyères, Friche Arrighi
Roeseliana roeselii	Decticelle bariolée	Déterminant ZNIEFF C à AC	-	Ubiquiste	Pont de Sèvres Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Libellules					
Erythromma lindenii	Naïade aux yeux bleus / Agrion de Vander Linden	Déterminant ZNIEFF AC Liste rouge régionale : NT	-	Ubiquiste	Impasse de l'Abbaye, Pont de Sèvres, Ile de Monsieur, Friche Arrighi
Rhopalocères					
Glaucopsyche alexis	Azuré des Cytises	R	P	Milieux herbacés	SMR de Champigny Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Aglais urticae	Petite Tortue	AR	-	Lisières, bosquets et fruticées	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny
Carcharodus alceae	Hespérie de l'Alcée / Grisette	Déterminant ZNIEFF AR à R	-	Milieux herbacés	SMR de Champigny, Arcueil-Cachan, Cimetière Parisien, Fort de Vanves, Ile de Monsieur, Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Melanargia galathea	Demi-Deuil	Déterminant ZNIEFF AR	-		SMR de Champigny
Colias crocea	Souci	PC	-		Parc départemental des Hautes Bruyères (Urban Eco)
Autres insectes					
Mantis religiosa	Mante religieuse	Déterminant ZNIEFF Vulnérable	P	Milieux herbeux thermophiles	SMR de Champigny
Euplagia quadripunctaria	Écaille chinée	C	(Directive Habitats Annexe II)	Ubiquiste	Friche Arrighi, Arcueil Cachan, Square Malleret Joinville
Lucanus cervus	Lucane cerf-volant	-	(Directive Habitats Annexe II)	Boisements âgés	Cimetière parisien
Zygaena filipendulae	Zygène de la Filipendule	Déterminant ZNIEFF C	-	Milieux herbeux thermophiles	Pont de Sèvres

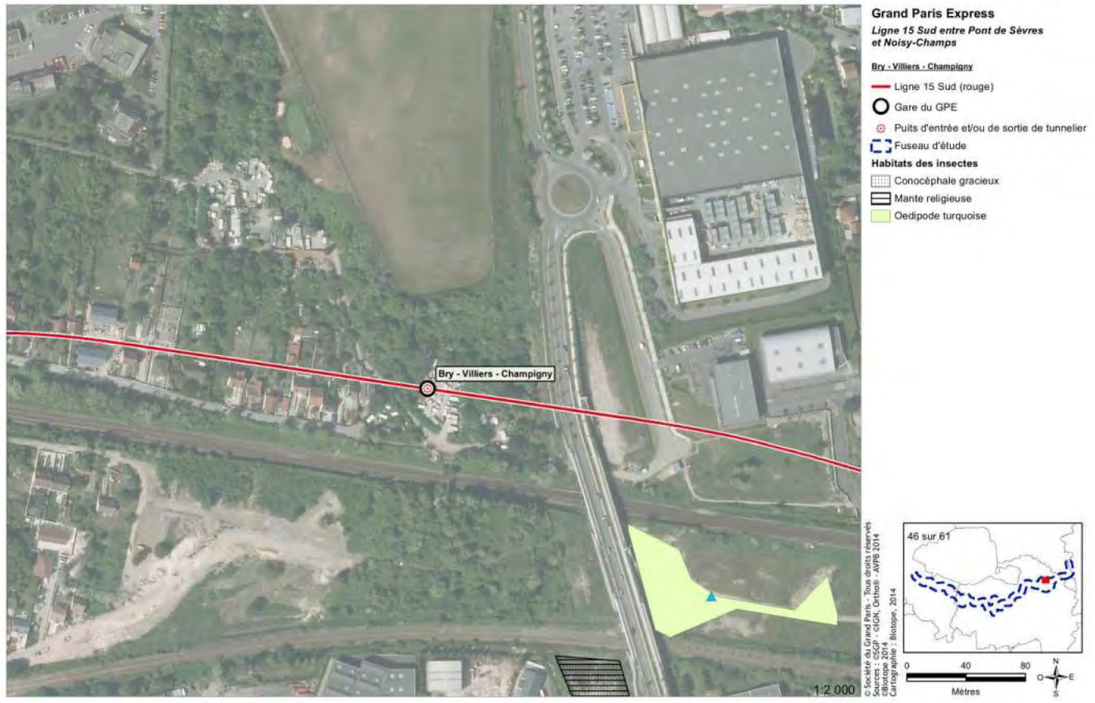
Légende: Statut en Ile-de-France C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare, TR : Très Rare ; Espèce protégée : P

Du fait de l'absence d'outils de bioévaluation récent (hormis pour les odonates), les enjeux relatifs aux insectes sont évalués à dire d'expert. Les espèces patrimoniales présentées dans ce tableau (i.e. dont l'enjeu est au moins modéré) font l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

2.11.10.3 Sites remarquables et fonctionnalité des milieux pour les insectes sur le fuseau d'étude

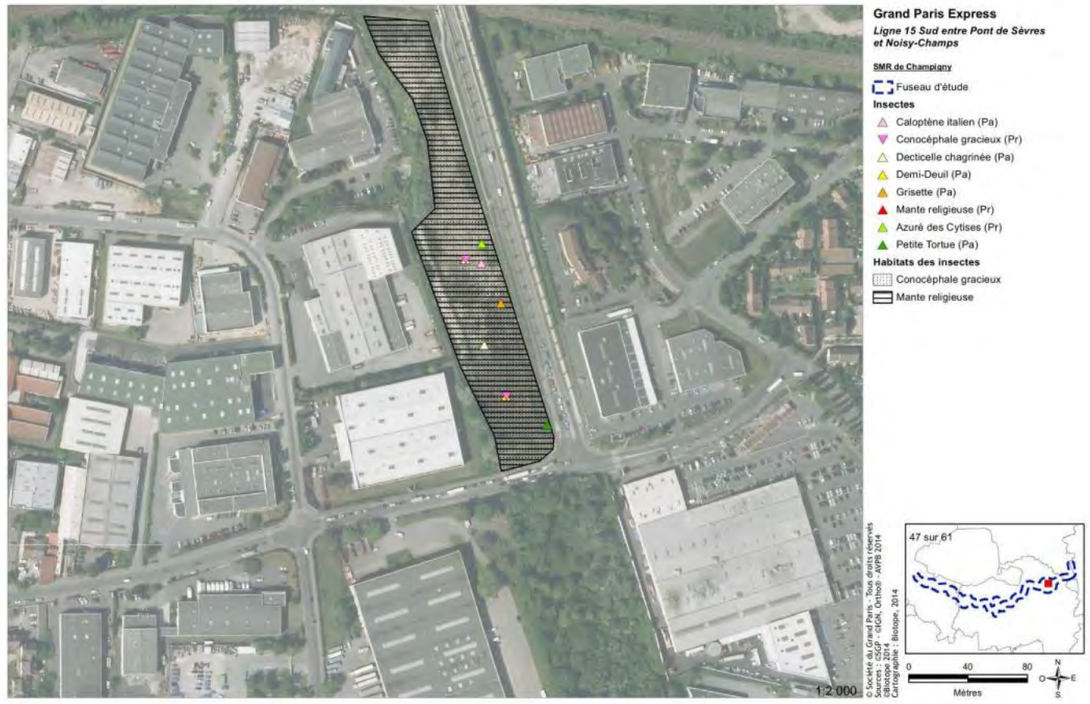
a. Base ferroviaire de Bry Villiers Champigny (friche de la « Bonne Eau »)

La friche située à l'ouest de la Znieff présente un intérêt entomologique important avec la présence potentielle de 6 espèces patrimoniales d'après les fiches INPN. Toutefois, aucune espèce patrimoniale n'a été identifiée lors des prospections. Seul l'Œdipode turquoise, espèce protégée, a été localisé à l'est de la Znieff sur une zone de friche sèche.



b. Secteur d'aménagement du SMR de Champigny

Ce secteur en friche est une zone de végétations prairiales qui hébergent de nombreux insectes au caractère champêtre, en particulier des lépidoptères et des orthoptères, dont certains remarquables. Il s'agit en particulier de la Mante religieuse (Mantis religiosa), protégée au niveau régional, abondant sur le site), du Grillon d'Italie (Oecanthus pellucens), de l'Azuré des Cytises (Glaucopsyche alexis) ou encore du Conocéphale gracieux (Ruspolia nitidula), protégés au niveau régional et d'espèces patrimoniales comme le Phanéroptère méridional (Phaneroptera nana) d'enjeu modéré, le Zygène de la Filipendule (Zygaena filipendulae) et l'Hespérie de l'alcée (Carcharodus alceae), toutes deux d'enjeu faible.



c. Bords de Marne, Impasse de l'Abbaye

Les bords de Marne accueillent une espèce patrimoniale relativement ubiquiste, la Naïade aux yeux bleus (Erythromma lindenii). Cette espèce est toutefois assez commune et généralement présente en milieu urbain. Ce site présente donc un enjeu de conservation faible pour ce groupe.

d. Friche Arrighi

Les milieux ouverts présentent un intérêt entomologique important pour les orthoptères principalement, de même que certaines zones non végétalisées qui accueillent l'Œdipode turquoise (Oedipoda caerulescens). Ce criquet tout comme le Criquet italien (Calliptamus italicus) ou l'Œdipode aigue-marine (Sphingonotus caerulans) sont inféodé aux zones xériques.



Friches et habitats rudéraux © SGP - Biotope 2014





e. Parc des Lilas

Les prairies du parc des Lilas et les zones buissonnantes permettent le développement d'une certaine diversité entomologique. Les prairies peu entretenues accueillent quelques espèces remarquables (Demi-deuil, Ecaille chinée, Decticelle carroyée, Criquet marginé…) et une espèce protégée : la Mante religieuse.

f. Parc départemental des Hautes Bruyères

Le site accueille deux espèces protégées : le Conocéphale gracieux et l'Azuré des Cytises. Ces deux espèces sont présentes sur le site dans des milieux qui leur sont favorable sur les zones de friches et friches prairiales (partie nord du Parc départemental des Hautes-Bruyères).

g. Ile de la Marne

Ces îles, dont les berges sont relativement naturelles, sont soumises aux crues annuelles. L'intérêt faunistique réside essentiellement dans le maintien, par secteurs, de lambeaux de forêts alluviales. Les grèves et les boisements alluviaux sont donc pour les insectes des milieux clés notamment pour certains coléoptères comme Anchomenus dorsalis. Une espèce protégée est présente : la Grande Aeshne.

2.11.10.4 Enjeux relatifs aux insectes

Les expertises relatives aux insectes menées en 2014 ont mis en évidence la présence de 40 espèces parmi lesquelles, 4 sont protégées (Conocéphale gracieux, Oedipode turquoise, Azuré des Cytises et Mante religieuse) et 7 présentent un intérêt patrimonial (Oedipode aigue-marine, Criquet marginé, Decticelle chagrinée, Decticelle carroyée, Azuré des Cytises, Mante religieuse).

Au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny, de la friche Arrighi et du parc départemental des Hautes Bruyères, 3 de ces espèces (Caloptène italien, Oedipode aigue-marine, Azuré des Cytises) présentent un fort enjeu de conservation. Par ailleurs, et en raison de la présence d'espèces protégées, les insectes constituent une contrainte réglementaire pour le projet.

2.11.11 Chauves-souris

2.11.11.1 Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

La bibliographie est issue des fiches descriptives des différents zonages existants sur le fuseau d'étude et de leurs plans de gestions associés.

Par ailleurs, le Plan régional d'action en faveur des chiroptères en Ile-de-France 2012-2016 dresse un état des connaissances des chauves-souris en Île-de-France : espèces présentes, leurs répartitions, leurs tendances évolutives, etc.

Ce plan indique la présence de 5 espèces potentielles : Le Murin de Daubenton, la Pipistrelle commune, la Pipistrelle de Nathusius, la Pipistrelle de Kuhl et le Murin de Natterer.

Liste des espèces de chauves-souris remarquables potentielles sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de menace)	Contraintes réglementaires (protection nationale)	Localisation	Source
Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	LR régionale : NT	P (Directive Habitats Annexe IV)	Îles de la Marne Vitry-sur-Seine	Fiche ZNIEFF Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Pipistrellus nathusii	Pipistrelle de Nathusius	DZ LR régionale : NT	P (Directive Habitats Annexe IV)	Bord de Seine sur Vitry-sur-Seine Parc Adolphe Chérioux et Joliot-Curie Iles de la Marne	Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine Plan de gestion des îles de la Marne
Pipistrellus kuhlii	Pipistrelle de Kuhl	DZ LR régionale : LC	P (Directive Habitats Annexe IV)	Bord de Seine sur Vitry-sur-Seine Parc Adolphe Chérioux et Joliot-Curie	Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Eptesicus serotinus	Sérotine commune	DZ LR régionale : VU	P (Directive Habitats Annexe IV)	Îles de la Marne Parc des Lilas	Fiche ZNIEFF Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Myotis daubentonii	Murin de Daubenton	DZ LR régionale : EN	P (Directive Habitats Annexe IV)	Îles de la Marne	Fiche ZNIEFF
Myotis mystacinus	Murin à moustache	DZ LR régionale : LC	P (Directive Habitats Annexe IV)	Îles de la Marne	Fiche ZNIEFF
Nyctalus leisleri	Noctule de Leisler	DZ LR régionale : LC	P (Directive Habitats Annexe IV)	Îles de la Marne Parc des Lilas	Fiche ZNIEFF Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine

Légende : DZ : Déterminant ZNIEFF ; Liste Rouge Nationale LC : Préoccupation mineure, NT : Quasi menacée ; Espèce protégée : P

2.11.11.2 Précisions apportées par les expertises de terrain

Suites aux expertises menées en 2014, deux espèces de chauves-souris protégées ont été identifiées sur le fuseau d'étude : la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl.

a. Bioévaluation des espèces recensées

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (Protection Régionale)	Localisation
Pipistrellus pipistrellus	Pipistrelle commune	Quasi-menacé en Ile-de-France	Directive Habitat - Annexes I et IV Protection nationale	Vitry-sur-Seine (plan régional d'action) Entrée de carrières : Sentier des Vaudenaires et près du cimetière de Bicêtre Sud du Parc départemental des Hautes Bruyères le long de l'A6
Pipistrellus kuhlii	Pipistrelle de Kuhl	Préoccupation mineure en Ile-de-France Déterminante Znieff	Directive Habitat - Annexes I et IV Protection nationale	Entrée de carrières : Sentier des Vaudenaires et près du cimetière de Bicêtre

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :			
Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

Les espèces patrimoniales présentées dans ce tableau (i.e. dont l'enjeu est au moins modéré) font l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

b. Description des milieux

Les différents parcs urbains au niveau du fuseau d'étude offrent une diversité d'habitats favorables à l'activité de chasse des chauves-souris : présence de haies, de jardins, de prairies, de bosquets d'arbres et d'arbustes.

Le fuseau d'étude comprend également d'anciennes carrières souterraines sur la commune de Villejuif qui peuvent constituer des zones potentielles de gîtes. La localisation de 3 entrées a permis de réaliser des écoutes à proximité.

Toutefois, le contexte fortement urbanisé autour de ces espaces semi-naturels limite fortement l'activité et la dispersion de chauve-souris sur le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

2.11.11.3 Sites remarquables et fonctionnalité des milieux pour les chiroptères sur le fuseau d'étude

a. Potentialités des carrières souterraines

Des prospections sur trois entrées de carrières près de Villejuif ont été menées et font l'objet d'une analyse complète :

- Entrée près du Sentier des vaudenaires : l'entrée de souterrain n'est pas accessible et se situe dans un contexte très anthropisé avec beaucoup d'éclairage et très peu d'habitats favorables à proximité. Seules la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl ont été contactées, deux espèces anthropiques, chassant habituellement dans les jardins. Les habitations représentent des gîtes potentiels pour ces espèces ubiquistes.

- Entrée près du CHU de Bicêtre : l'entrée au souterrain est grillagé en très fines mailles ne laissant pas la possibilité à une colonie d'y accéder. Le site, très défavorable aux chiroptères, n'a pas permis de contacter une espèce.

- Entrée près du cimetière Bicêtre : l'entrée exacte du souterrain n'a pas été identifiée malgré l'effort de prospection fournit. L'expertise s'est donc réalisée près de l'entrée du cimetière, zone fortement anthropisée avec beaucoup d'éclairage et quelques vieux platanes autour du cimetière qui pourraient accueillir des individus. Seules la Pipistrelle commune et la Pipistrelle de Kuhl ont été contactées, deux espèces anthropiques, chassant habituellement dans les jardins. Les habitations alentours et les vieux arbres représentent des gîtes potentiels pour ces espèces ubiquistes.



Pipistrelle commune © Biotope

Parc départemental des Hautes Bruyères

Le site est utilisé pour la chasse par la Pipistrelle commune. Elle gîte probablement dans les bâtiments alentours (derrière des volets ou dans les combles des maisons voisines) et notamment au niveau au niveau du fort des Hautes Bruyères d'après des expertises réalisées par Urban Eco dans le cadre de l'étude d'impact pour le projet « Campus Grand Parc ».

Néanmoins, le site est très fortement anthropisé et enclavé entre des axes routiers très importants, ce qui le rend défavorable aux espèces plus exigeantes que la pipistrelle commune.

Il semble peu probable qu'elle gîte dans les arbres du parc au vu de leur faible diamètre et l'absence de branches dépérissantes de tailles conséquentes.

b. Boisements de Noisy-Champs

Le site présente un intérêt faible pour les chiroptères. Il n'existe aucun point d'eau sur l'aire d'étude, les arbres sont peu favorables au gîte et la pollution sonore et lumineuse y est forte. De plus, la présence d'axes routiers de part et d'autre du bois crée une enclave ce qui rend le site défavorable aux chauves-souris.

Néanmoins, quelques espèces peu exigeantes et anthropophiles comme la Pipistrelle commune peuvent utiliser le boisement comme zone de chasse et/ou ponctuellement pour le gîte.

2.11.11.4 Enjeux relatifs aux chiroptères

A l'issu des inventaires, deux espèces de chauves-souris sont présentes dans le fuseau d'étude. Au vu du faible nombre de contacts enregistré à proximité des entrées de carrières étudiées, il parait peu probable que ces trois entrées soient utilisées par les chiroptères pour accéder aux carrières aux périodes d'hivernage.

Néanmoins, il ne peut être exclu que d'autres entrées, non connues à l'heure actuelle, puissent exister et être utilisées par les chauves-souris.

Les autres sites comme le parc départemental des Hautes Bruyères et les Boisements de Noisy-le-Grand présente un intérêt faible pour le groupe et accueille uniquement la Pipistrelle commune, peu exigeante en termes d'habitat écologique.

2.11.12 Mammifères (hors chauves-souris)

2.11.12.1 Espèces patrimoniales et/ou protégées issues de la bibliographie

Plusieurs espèces de mammifères terrestres sont signalées dans la bibliographie, à savoir : le Renard roux (Vulpes vulpes), la Fouine (Martes foina), le Blaireau d'Europe (Meles meles), le Campagnol des champs (Microtus arvalis), l'Ecureuil Roux (Sciurus vulgaris) et le Hérisson d'Europe (Erinaceus europaeus), ces deux dernières étant protégées à l'échelle nationale.

2.11.12.2 Précisions apportées par les expertises de terrain

a. Bioévaluation des espèces

La liste des mammifères remarquables à l'échelle du fuseau d'étude a pu être précisée après des expertises de terrain et au vu des habitats présents sur site. La présence de l'Ecureuil roux (Sciurus vulgaris) a été confirmée au niveau des boisements de la « Butte Verte ».

Liste des mammifères remarquables potentiels sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (protection nationale)	Localisation	Source
Meles meles	Blaireau	DZ	-	Parc des Lilas	Fiche ZNIEFF
Sciurus vulgaris	Ecureuil roux		P	Ensemble du fuseau	Parc de la Butte-verte Potentialité suite aux repérages de terrain
Erinaceus europaeus	Hérisson d'Europe		P	Ensemble du fuseau	Potentialité suite aux repérages de terrain

Légende : DZ : Déterminant ZNIEFF ; Espèce protégée : P

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :				
	Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

Les espèces protégées présentées dans ce tableau font l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'évaluation des impacts.

b. Description et fonctionnalité des milieux pour les mammifères sur le fuseau d'étude

Le Blaireau :

Cette espèce se trouve généralement dans des zones de falaise ou talus près desquelles elle peut effectuer son terrier. Le Blaireau affectionne la proximité avec des boisements et des buissons à baies. L'espèce n'est potentielle sur le fuseau d'étude qu'au niveau du parc des Lilas.

Le Hérisson d'Europe :

Les conditions requises pour qu'un habitat satisfasse les exigences d'un Hérisson sont assez limitées (Jourde, 2008). L'animal doit pouvoir s'abriter et se dissimuler durant la journée dans des terriers, des anfractuosités ou des zones de végétations dense. Le Hérisson peut s'adapter à des milieux très divers comme des forêts, des parcs, des terrains vagues et des lisières. Il est très rarement de le retrouver au cœur des grands massifs forestiers ou en altitude. Il est difficile de donner un estimatif précis des populations de Hérisson (mœurs discrètes) sur le fuseau d'étude mais quelques unités écologiques présentes lui sont favorables au niveau du parc départemental des Hautes Bruyères, les jardins familiaux ou encore les zones de lisières des boisements de la Butte verte.

L'Ecureuil roux :

Il habite les bois et les forêts de feuillus ou de résineux (peuplements partiellement formés d'arbres âgés), les parcs et les grands jardins boisés. Le nid est plus ou moins sphérique (environ 30 cm de diamètre) et se trouve généralement à plus de 6 m de haut dans un arbre. Les parois sont faites de branches feuillues, l'intérieur (de 12 à 16 cm de diamètre) est garni de mousse et d'herbes (rembourrage plus épais dans le nid servant à la mise-bas). Il est généralement placé contre le tronc dans le houppier ; il peut aussi se trouver dans un arbre creux ou un vieux nid de Corneille noire.

Cette espèce a été observée sur le secteur boisé de la Butte verte. Son habitat est présent de part et d'autres de la route départementale qui sépare les différentes entités boisées.

2.11.12.3 Enjeux relatifs aux mammifères

Les données bibliographiques consultées mettent en évidence la présence de 5 espèces de mammifères terrestres sur le fuseau d'étude, parmi lesquelles 2 sont protégées : le Hérisson d'Europe (Erinaceus europaeus) et l'Ecureuil roux (Sciurus vulgaris). Les prospections de terrain ont permis de mettre en évidence la présence de l'Ecureuil roux au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs. Au vu du caractère ubiquiste du Hérisson d'Europe, il est également considéré comme présent.

En raison de leur protection à l'échelle nationale, l'Ecureuil roux et le Hérisson d'Europe peuvent constituer une contrainte réglementaire pour le projet. Toutefois, ces espèces sont communes et présentent un faible enjeu de conservation.

2.11.13 Faune piscicole

2.11.13.1 Espèces patrimoniales et/ou protégées issues de la bibliographie

Les données bibliographiques ont permis de mettre en évidence 21 espèces de poissons sur la Seine en amont et en aval du secteur d'aménagement d l'Ile de Monsieur et Pont de Sèvres avec la domination d'espèces rhéophiles45 appartenant à la famille des cyprinidés. Sur le secteur de la friche Arrighi, 14 espèces de poissons sont mis en évidence par la bibliographie.

2.11.13.2 Précisions apportées par les expertises de terrain

a. Bioévaluation des espèces

Parmi les espèces inventoriées après analyse de la bibliographie et prospection de terrain, trois espèces sont protégées au niveau national (Bouvière, Brochet, Vandoise) et deux sont inscrites sur la liste rouge nationale (Anguille, Brochet). Deux espèces sont par ailleurs citées en annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore (Chabot et Bouvière).

A noter, que des alevins de cyprinidés ont été observés en effectifs importants au droit du secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur et de Pont-de-Sèvres.

Il faut noter que même si ces espèces sont présentes dans les cours d'eau de l'aire d'étude, aucune zone de reproduction (frayères) avérée n'a été recensée.

Enfin, l'Ecrevisse américaine, faisant partie de la liste ONEMA des espèces invasives et observée en amont du pont de Sèvres lors de la visite de terrain ne figure pas au sein de cette liste compte tenu de son statut d'invasive.

45 Organisme vivant dans un dans un hydrosystème courant.

Liste des espèces piscicoles patrimoniales potentiellement présentes sur le fuseau d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (protection nationale)	Enjeux	Localisation
Anguilla anguilla	Anguille	CR		Fort	Ile de Monsieur Pont de Sèvres Friche Arrighi Impasse de l'Abbaye
Esox lucius	Brochet	DZ, VU	P	Fort	Ile de Monsieur Pont de Sèvres Friche Arrighi Impasse de l'Abbaye
Rhodeus amarus	Bouvière	DZ, LC	P (Directive Habitats Annexe II)	Modéré	Ile de Monsieur Pont de Sèvres Impasse de l'Abbaye
Cottus gobio	Chabot	DD	(Directive Habitats Annexe II)	Modéré	Ile de Monsieur Pont de Sèvres Impasse de l'Abbaye
Salmo Truita Fario	Truite de rivière	DZ, LC	P	Faible	Ile de Monsieur Pont de Sèvres Impasse de l'Abbaye
Leusciscus leusciscus	Vandoise	DD	P	Faible	Friche Arrighi
	Autres espèces de poissons	LC		Faible	Ile de Monsieur Pont de Sèvres Friche Arrighi Impasse de l'Abbaye

Légende : Les données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de fiches ZNIEFF et de l'ONEMA

Légende : DZ : Déterminant ZNIEFF ; Liste Rouge Nationale DD : Données insuffisantes, LC : Préoccupation mineure, VU : Vulnérable, CR : En danger critique d'extinction ; Espèce protégée : P

Rappel de l'enjeu associé à l'espèce :				
	Enjeu TRES FORT : enjeu de portée nationale à supra-nationale	Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale	Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale	Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale

b. Fonctionnalité écologique des sites pour la faune piscicole sur le fuseau d'étude

La description des habitats aquatiques recensées sur site est précédemment décrite dans la partie « Habitat ».

Un peu moins de 75 % du peuplement piscicole est composé de cyprinidés accompagnés de percidés (Perche fluviatile) et d'Anguillidés (Anguille). Les cyprinidés, et en particulier les petites espèces (Gardon,…), jouent un rôle important dans la chaine trophique puisqu'ils constituent l'essentiel de l'alimentation des carnassiers.

Parmi les espèces identifiées dans la bibliographie, trois espèces sont protégées au niveau national (Bouvière, Brochet, Vandoise) et deux sont inscrites sur la liste rouge nationale (Anguille, Brochet). Deux espèces sont par ailleurs citées en annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore (Chabot et Bouvière).

Toutefois, même si ces espèces sont présentes dans la Seine à proximité de ce secteur d'aménagement, aucune observation n'a été faite en 2014 et aucune zone de reproduction (frayères) avérée n'a été recensée pour celles-ci.

Seule des espèces communes et principalement à affinités phytophiles (herbiers aquatiques) trouvent au droit de ces secteurs d'aménagements des zones de frayères limitées mais favorables à leur reproduction.

2.11.13.3 Enjeux relatifs aux poissons

Les berges de Seine à Pont-de-Sèvres et l'Ile de Monsieur sont anthropiques avec un fond formé de blocs et graviers éparses plus limité et combinés à la présence d'herbiers aquatiques formant des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants. Sur l'Ile de Monsieur, ces herbiers sont denses.

En revanche, le secteur de la friche Arrighi a des capacités limitées pour la ponte de l'ichntyofaune et la zone est principalement utilisée pour le déplacement des espèces piscicoles.

2.11.14 Espèces invasives

2.11.14.1 Flore

Plusieurs espèces végétales d'origine exotique ont été recensées sur le fuseau d'étude notamment au niveau des zones de friche. Certaines d'entre elles peuvent présenter un caractère envahissant et se substituer à la végétation originelle ; elles sont alors qualifiées d'invasives. Ces différentes espèces ont un pouvoir envahissant faible à forte sur le fuseau d'étude selon leur dynamique végétale évaluée par site.

Nom scientifique	Nom français	Dynamique végétale	Localisation avec enjeux (pouvoir envahissant)
Ailanthus altissima	Ailanthe	Forte	Friche Arrighi Bry-Villiers-Champigny Fort d'Issy / Vanves / Clamart Arcueil Cachan
Artemisia verlotiorum	Armoise des frères Verlot	Faible	Ile de Monsieur
Impatiens parviflora	Balsamine à petites fleurs	Potentielle	Sur le fuseau d'étude
Buddléia davidii	Buddléja de David	Forte Faible	Fort d'Issy / Vanves / Clamart Friche Arrighi Bry-Villiers-Champigny Le Vert de Maisons
Erigeron sumatrensis	Erigeron de Sumatra	Faible	Fort d'Issy / Vanves / Clamart
Reynoutria japoonica	Renouée du Japon	Forte	Arcueil-Cachan Boisement au nord de Noisy-Champs Noisy-Champs
Robinia pseudoacacia	Robinier	Forte Faible	Bry-Villiers-Champigny Parc Robespierre Arcueil-Cachan Parc des Hautes Bruyères Friche Arrighi Noisy-Champs Square Malleret Joinville SMR de Champigny Champigny Centre Parc de la Butte Verte
Senecio inaequidens	Séneçon du Cap	Forte Modérée	Parc des Hautes Bruyères Fort d'Issy / Vanves / Clamart Friche Arrighi
Solidago canadensis	Solidage du Canada	Modérée	Noisy-Champs
Parthenocissus inserta	Vigne-vierge	Modérée	Friche Arrighi

2.11.14.2 Faune

A l'échelle du fuseau d'étude, plusieurs espèces sont signalées comme pouvant entraîner des déséquilibres biologiques :

- Le Poisson chat (Ameiurus melas) ;
- Le Silure (Silurus glanis) : Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres, impasse de l'Abbaye ;
- La Perche soleil (Lepomis gibbosus) : Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres, Impasse de l'Abbaye ;
- L'Ecrevisse américaine (Orconectes limosus) : Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres, Impasse de l'Abbaye ;
- L'Ecrevisse de Louisiane (Procambarus clarkii) ;
- La Perruche à collier (Psittacula krameri).



Ecrevisse américaine - - © SGP - Biotope 2014

2.11.14.3 Enjeux relatifs aux espèces invasives

La faible exigence de qualité d'habitats de ces espèces les rend prolifiques. Elles peuvent concurrencer les espèces indigènes sur les ressources alimentaires et habitats de reproduction.

2.11.15 Fonctionnalité et continuités écologiques du fuseau d'étude

La carte en page suivante présente les fonctionnalités écologiques du secteur d'étude.

2.11.15.1 Concepts et définitions

La théorie de la biogéographie insulaire, la notion de métapopulation et l'écologie du paysage appuyées par l'observation in situ des mécanismes d'extinction démontrent la nécessité des continuités écologiques dans la conservation de la biodiversité. La circulation des espèces dépend de la qualité des paysages, et plus exactement de leur perméabilité liée principalement à leur structuration. Chaque espèce ayant des exigences écologiques et des capacités de dispersion propres, il existe en théorie autant de réseaux que d'espèces. Cependant, par commodité, il est légitime de regrouper dans un même cortège les espèces ayant des exigences proches.

De manière simplifiée, un réseau écologique est constitué de deux composantes principales :

- Les cœurs de nature (ou zones nodales ou réservoirs de biodiversité) qui sont de grands ensembles d'espaces naturels ou semi-naturels continus constituant des noyaux de biodiversité. Ces zones sont susceptibles de concentrer la plupart des espèces animales et végétales remarquables de l'aire d'étude et assurent le rôle de « réservoirs » pour la conservation des populations et pour la dispersion des individus vers les autres habitats,

- Les corridors écologiques sont des liaisons fonctionnelles permettant le déplacement des espèces entre cœurs de nature.

- A ces deux éléments s'ajoutent des habitats favorables qui sont des ensembles naturels de moindre qualité que les cœurs de nature mais qui contribuent au maillage écologique. Les continuums (ou continuités écologiques) représentent l'ensemble des éléments du paysage accessible à la faune. Ils sont constitués d'un ou plusieurs cœurs de nature, de zones relais et de corridors.

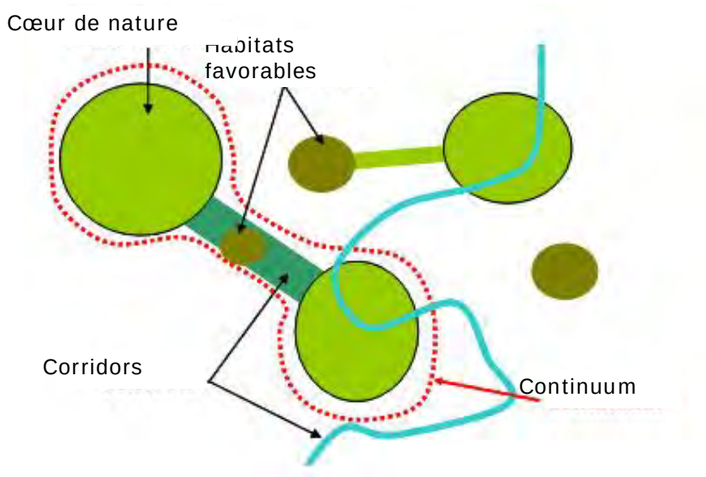


Schéma des éléments constitutifs d'un réseau écologique (Schéma simplifié BIOTOPE d'après un schéma source du CEMAGREF)

2.11.15.2 Analyse au niveau du fuseau d'étude

a. Analyse du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) d'Ile-de-France

L'analyse du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) d'Ile-de-France, adopté en 2013, permet d'établir la trame écologique dans un contexte plus global. Le SRCE Ile-de-France s'est attelé à définir des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques à l'échelle régionale. Toutefois, étant donné le contexte très urbain dans lequel s'insère ce schéma, des secteurs et liaisons d'intérêt écologique en contexte urbain ont été définis par ailleurs.

Le fuseau d'étude comprend 5 réservoirs de biodiversité (milieux dans lesquels la biodiversité est la plus riche et la mieux représentée) d'importance régionale :

- Le parc de la Butte Verte à moins de 100m du tracé de référence,
- Boisement au sud de la Butte Verte à moins de 100m du tracé de référence,
- Le bois de Saint Martin à moins de 500m du tracé de référence,
- Les îles de la Marne, à moins de 500m du tracé de référence,
- Le Parc des Lilas à moins de 500m du tracé de référence.

Le fuseau d'étude intersecte également des corridors écologiques :

- corridors arborés à fonctionnalité réduite entre les réservoirs au niveau de Noisy-Champs. Au sud du parc de la Butte Verte, les corridors se divisent en trois : un continue à l'ouest jusqu'au bois de Vincennes, un au nord-est qui s'étend au-delà du bois de Grâce et de la Grange et enfin, un au sud-est en direction du bois Saint-Martin.

Un corridor arboré fonctionnel est également identifié au sein du réservoir de biodiversité que constitue le parc de la Butte verte et les boisements alentours.

Ces corridors écologiques sont toutefois limités par le mitage de l'urbanisation et un point fragmentant est localisé au niveau de l'autoroute de l'Est A4 au sud de la Butte verte.

- corridors de la sous-trame bleue qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine et de la Marne, le ru du parc des Hautes Bruyères et un canal qui relie deux bassins près de l'allée Emile Roux à Champs sur Marne.

Le référentiel d'obstacle à l'écoulement identifie, sur ces continuités écologiques, des obstacles et des seuils à la marge du fuseau d'étude. Un obstacle est identifié au niveau de l'Abbaye de Saint-Maur.

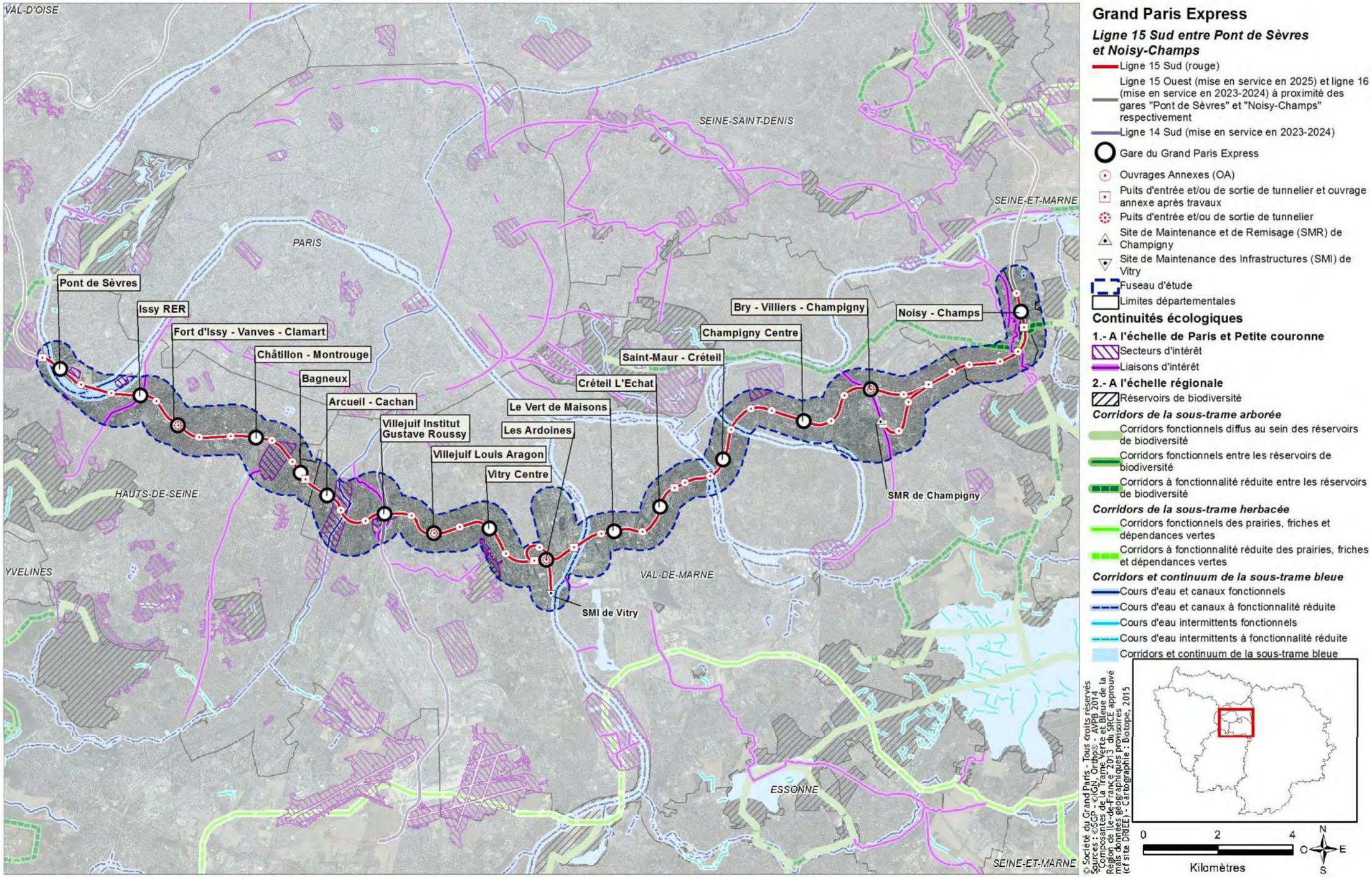
D'autres secteurs sont reconnus pour leur intérêt écologique en contexte urbain, explicité ci-après :

- le parc de Billancourt à Boulogne Billancourt,
- le boisement avenue de la Glacière à Meudon,
- le parc de l'île Saint-Germain,
- le cimetière Parisien de Bagneux,
- les ensembles verts de Arcueil Cachan : parc le Vallon, parc Raspail, etc.,
- Le parc des Hautes Bruyères à Villejuif,
- les abords du parc des Lilas,
- le Golf du parc du Tremblay,
- le boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand.

Le SRCE présente également au niveau du fuseau d'étude cinq liaisons reconnues pour leurs intérêts écologiques en contexte urbain :

- une coulée verte qui traverse le parc Rodin à Issy les Moulineaux,
- un continuum depuis le cimetière parisien qui descend vers le parc de Sceaux,
- une coulée verte Bièvre – Lilas, identifiée également par le Conseil départemental du Val-de-Marne,
- une liaison entre le Golf de Villiers sur Marne, Parc du Plateau, Place Patrick le Roux,
- une liaison entre le canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin.

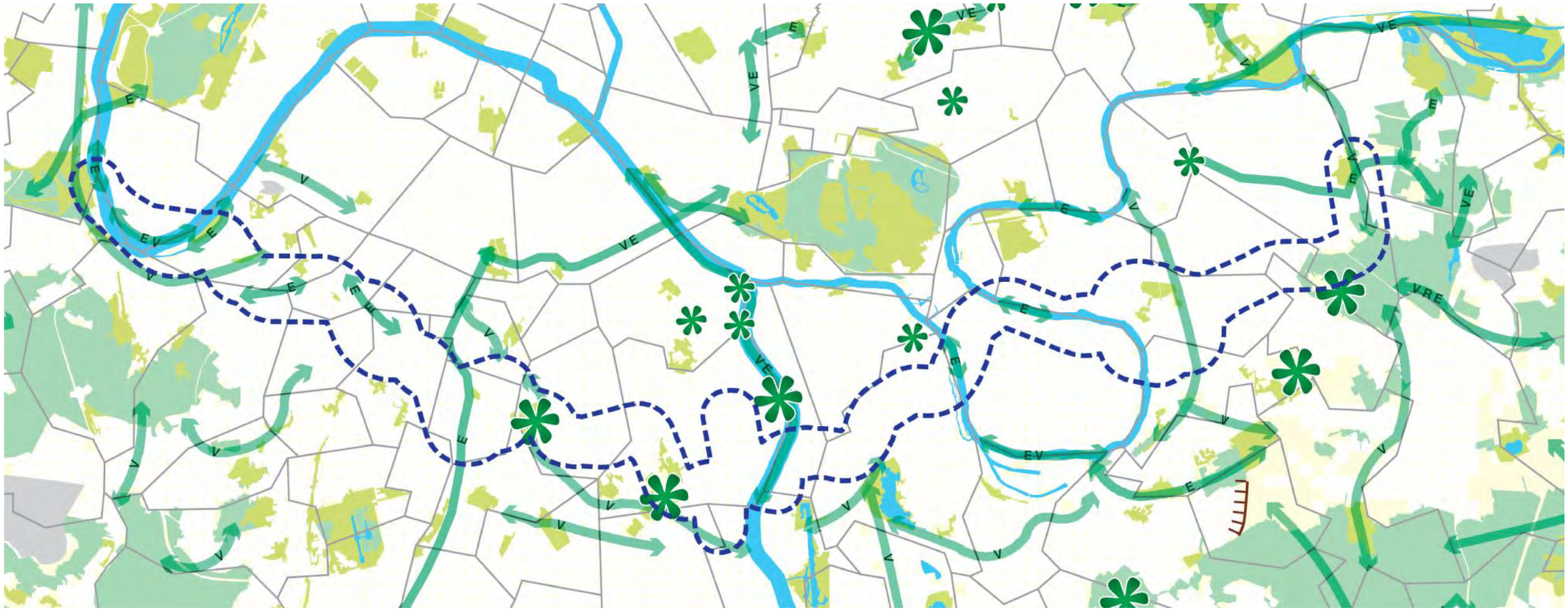
Continuités écologiques identifiées par le SRCE au niveau du fuseau d'étude (source : SRCE, DRIEE, 2013)



b. Approche régionale par le Schéma Directeur d'Ile-de-France

Le SDRIF, tout en respectant le SRCE, propose une cartographie des continuités écologiques à l'échelle de la région en intégrant les futurs projets d'aménagement. Ces continuités écologiques ont pour vocation à compléter la trame verte et bleue régionale par des entités semi-naturelles essentielles pour diverses vocations (loisirs, naturelles, forestières, agricoles, liaisons vertes, etc).

Carte de destination générale du SDRIF



Les espaces boisés et les espaces naturels

Les espaces verts et les espaces de loisirs

Les espaces verts et les espaces de loisirs d'intérêt régional à créer

Les continuités
Espace de respiration (R), liaison agricole et forestière (A), continuité écologique (E), liaison verte (V)

Le fleuve et les espaces en eau

Les continuités (espace de respiration, liaison agricole et forestière, continuité écologique ou encore liaison verte) à préserver et valoriser selon le SDRIF sont localisées au niveau de :

- La gare Issy RER avec une continuité le long de la Seine en passant par le domaine national de Saint-Cloud,
- La gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- La gare de Châtillon-Montrouge,
- La gare d'Arcueil / Cachan,
- La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy où est identifié comme un espace vert d'intérêt régional à créer,
- La gare de Bry-Villiers-Champigny,
- La gare de Noisy-Champ, espace relais entre le parc départemental de la Haute-Ile et le bois Saint-Martin.

Le SDRIF, à travers plusieurs orientations, vise à :

- maintenir ou créer les continuités sur les secteurs dont le développement urbain pourrait grever l'intérêt régional de préservation/valorisation des espaces ouverts et leur fonctionnement
- préserver voire améliorer le caractère multifonctionnelle des continuités en milieu urbain
- favoriser le rétablissement des continuités lors des opérations d'aménagement et de renouvellement urbain
- préciser le tracé et l'ampleur des continuités localement
- être particulièrement vigilant à éviter et le cas échéant réduire l'impact des infrastructures sur les réservoirs de biodiversité et les corridors.

Ce schéma directeur est donc un support pour un projet de territoire comme le programme du Grand Paris Express. Chaque orientation préconisée est analysée avec soin dans l'étude des impacts et la définition des mesures.

c. Approche départementale du Val-de-Marne

Le Conseil départemental a adopté un plan vert départemental valable sur la période de 2006 à 2016. Ce plan établit une carte de trame verte et bleue à l'échelle départementale basée sur la définition :

Des espaces verts accessibles au public : parc départementaux, communaux, forêts publiques, projet de parc ou opportunité de création d'espace vert,

Des espaces verts de perception : espaces agricoles et jardins collectifs, grands espaces verts privés.

La coulée verte Bièvre-Lilas fait également l'objet, à l'échelle départementale d'une identification particulière comme au titre d'un "projet de coulée verte et opportunité à étudier ». Il s'agit d'un projet de requalification à grande échelle pour mettre en valeur cette coulée verte.



Tracé de la Coulée verte Bièvre-Lilas dans son ensemble (source : CG94)

d. Approche départementale des Hauts-de-Seine

En 2009- 2010, le Conseil départemental des Hauts-de-Seine a lancé une étude visant à identifier et à caractériser les continuités écologiques du département. Cette étude propose ainsi une analyse plus fine de la fonctionnalité écologique du territoire du département des Hauts-de-Seine en partie concerné par le projet.

L'extrémité est du fuseau d'étude est concerné par ce réseau écologique départemental.

Le fuseau ne comprend pas de cœur de nature d'intérêt majeur ni de cœurs de nature d'intérêt moyen à l'échelle du département des Hauts-de-Seine.

Néanmoins, plusieurs corridors potentiels établissent des connexions entre différents cœurs de nature présents aux abords du fuseau d'étude.

La coulée verte du sud parisien est principalement constituée de milieux ouverts et s'étend sur les délaissés ferroviaires ou encore les parcs et squares urbains dont la fonctionnalité reste parfois à améliorer,

La continuité bleue est assurée par la Seine puisqu'elle est identifiée comme un corridor écologique d'importance nationale à la fois dans la trame aquatique et pour la trame humide. Elle joue un rôle de corridor écologique pour de nombreuses espèces animales et végétales liées ou non au milieu aquatique.

L'étude des continuités écologique fait également état de certains secteurs intéressants pour certains groupes à l'échelle du département :

La trame aquatique identifie des« ilots de survie » pour la faune piscicole à l'ouest de l'Ile Seguin.

Pour l'avifaune, les zones les plus favorables au sein du fuseau d'étude sont le cimetière de la Bièvre et le Parc de l'Ile Saint Germain.

e. Approche locale de l'EPA Marne

L'EPAMARNE/EPAFRANCE, consciente de ses enjeux écologiques et de la mutabilité de son territoire a souhaité engager une démarche Approche Environnementale de l'Urbanisme (AEU®) spécifique à la biodiversité. Cette démarche novatrice a reçu le soutien de l'ADEME qui a mise au point et développé cette approche avec pour vocation principale de l'assistance à maitrise d'ouvrage. Cette AEU est en cours d'élaboration.Le diagnostic a établit les caractéristiques des continuités écologiques, des grandes orientations, des pistes d'action à mener et à déployer pour construire le réseau écologique sur le territoire de l'EPAMARNE/EPAFRANCE.

A l'échelle du territoire de l'EPAMARNE/EPAFRANCE, l'identification des continuités écologiques s'est basée sur des supports bibliographiques et cartographiques comme le SRCE et le SDRIF.

Les continuités écologiques identifiées par l'EPAMARNE/EPAFRANCE ajoutent à ces données régionales de nombreux espaces relais dès lors que le sol est occupé par des milieux semi-naturels, friches, accotements de route, etc. De même que le SDRIF, l'AEU Biodiversité sur le territoire de l'EPAMARNE/ EPAFRANCE révèle des orientations à saisir, à différentes échelles, dans un projet de territoire.

L'approche du réseau écologique de l'EPA Marne identifie les zones boisées de Noisy-le-Grand comme des « éléments relais » du réseau écologique boisé.

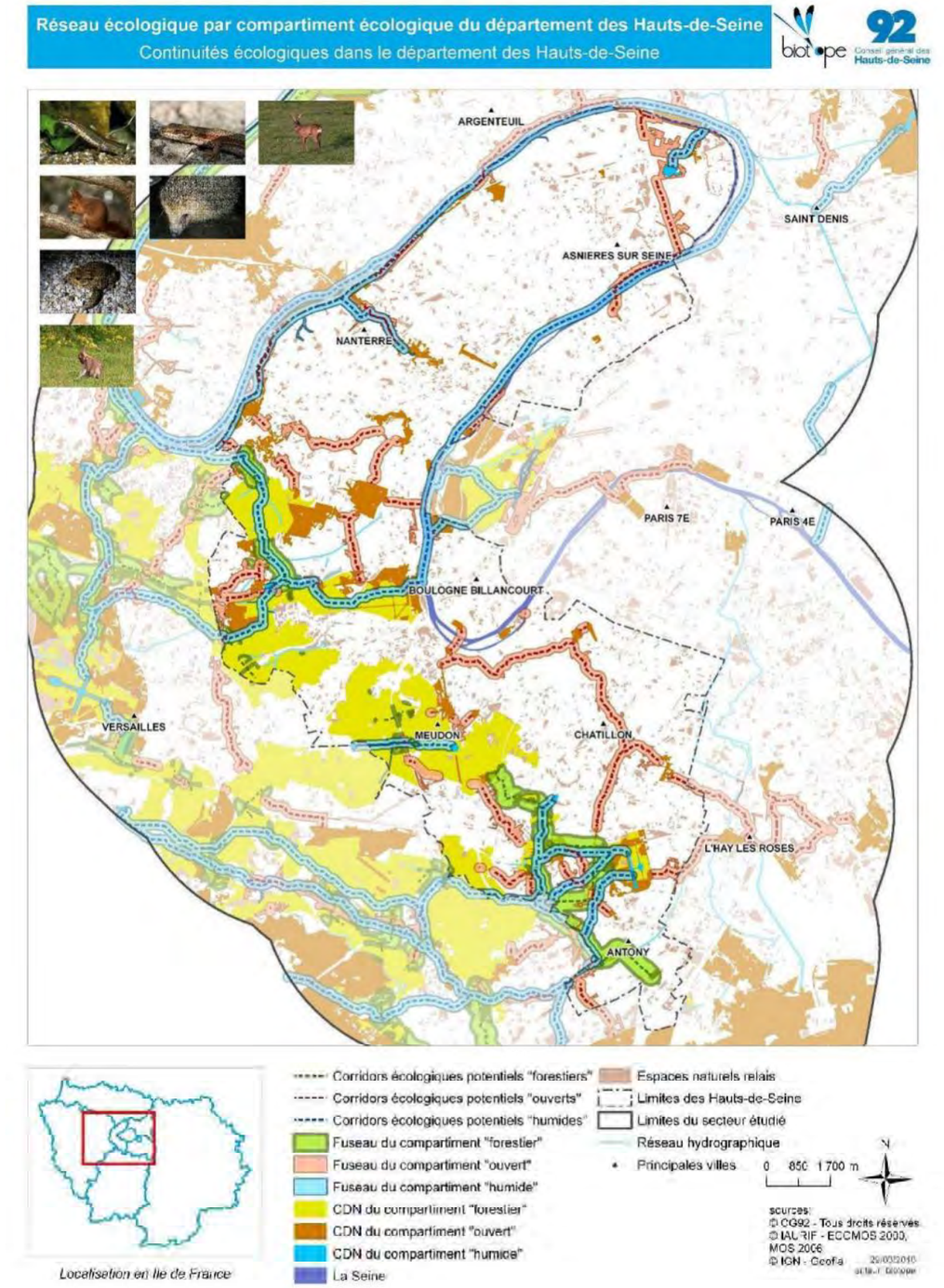
Cette démarche permet de souligner l'importance des boisements de Noisy-le-Grand et notamment du parc de la Butte verte au sein d'une continuité écologique boisée plus vaste allant du bois de Vincennes à la forêt de Maubué en passant notamment par le bois Saint-Martin et le bois de Célie.

2.11.15.1 Enjeux relatifs aux continuités écologiques

A l'échelle régionale, un corridor arboré traverse le fuseau d'étude au niveau de Noisy-le-Grand. Ce corridor à fonctionnalité réduite utilise pour support les différents boisements depuis le bois Saint-Martin jusqu'aux portes de Paris vers le bois de Vincennes en passant par le parc de la Butte verte.

A l'échelle de Paris et sa petite couronne, de nombreux parcs urbains sont supports pour des trames vertes et bleues plus locales. Les continuités existent en pas japonais et servent de support dans le déplacement des espèces.

Au regard du contexte très urbain du fuseau d'étude, les continuités écologiques représentent un enjeu conséquent dans la conservation d'une fonctionnalité locale et régionale qui tend à se miter avec l'urbanisation grandissante.



Identification du réseau écologique des Hauts-de-Seine

2.11.16 Synthèse des enjeux liés aux milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000

L'analyse de la bibliographie et les repérages de terrain ont permis d'identifier plusieurs secteurs très localisés présentant un enjeu écologique sur le fuseau d'étude.

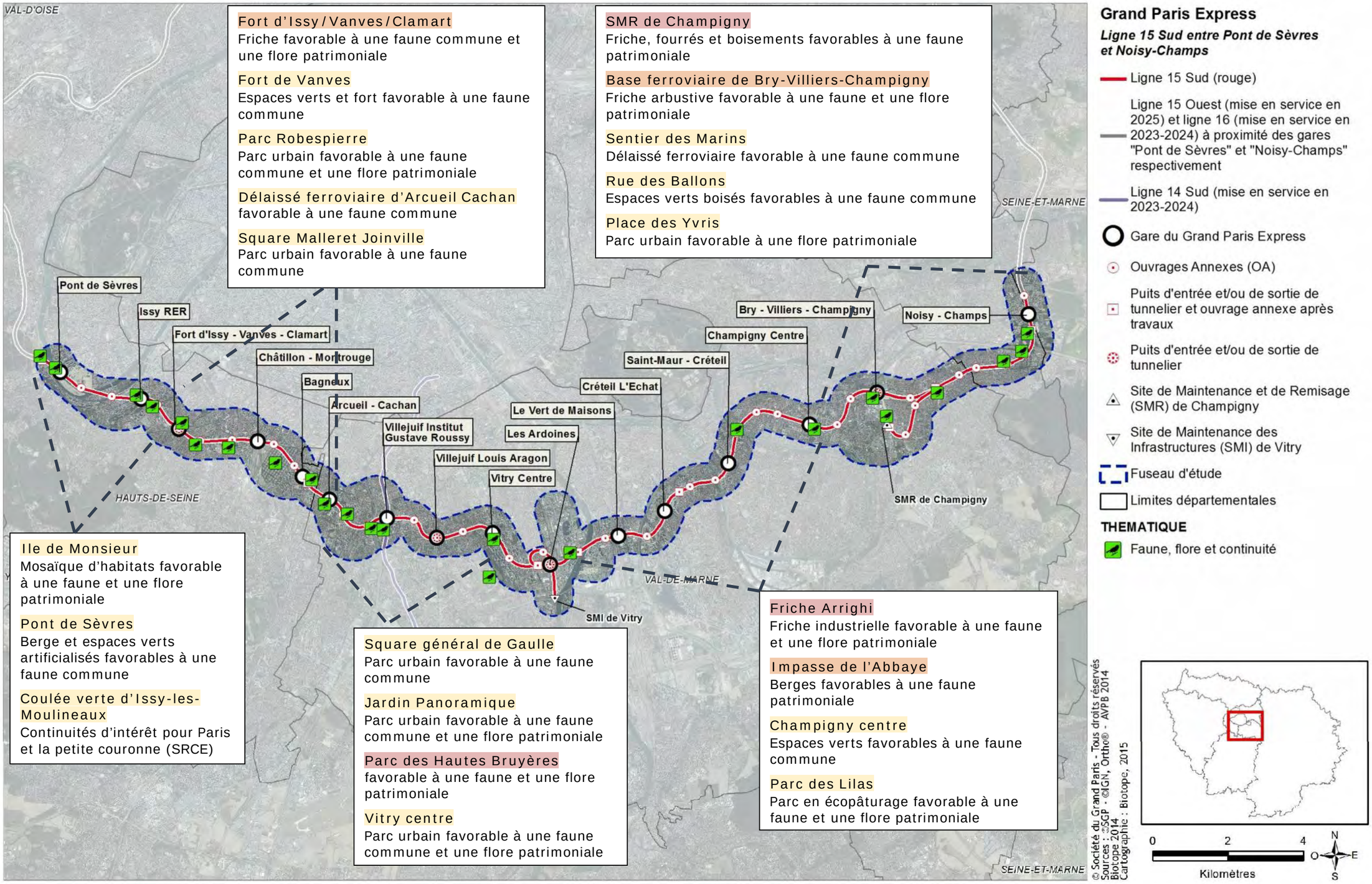
En ce qui concerne les zonages liés au patrimoine naturel, très peu sont localisés au sein du fuseau d'étude, ce qui s'explique notamment par le contexte urbain dense dans lequel s'inscrit le projet. Seuls 4 ENS et 2 ZNIEFF sont situées à proximité des secteurs d'aménagement liés au projet. En ce qui concerne les zonages réglementaire, seul un APPB intersecte le fuseau d'étude. Aucune entité de la Zone de Protection Spéciale (ZPS) de la Seine-Saint-Denis n'est située dans le fuseau d'étude. Le Parc départemental de la Haute Ile, entité la plus proche du fuseau est située à moins de 1km de celui-ci.

Hiérarchisation des enjeux liés aux milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000

Section	Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore	Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Ile de Monsieur : mosaïque d'habitat, de friches prairiales et à tendance humide avec la présence d'une espèce de flore patrimoniale à enjeu modéré : Molène pulvérulente.	Parc de Billancourt, parc de l'Ile Saint Germain et bois de Meudon : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Ile de Seguin : Corridor de milieux ouverts identifiés par le Conseil départemental 92 Coulée verte qui traverse le parc Rodin près d'ISSY RER : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Corridors de la sous-trame bleue qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine
	Autres espaces verts : Pont de Sèvres, Ile Seguin, Ile Saint-Germain présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune et la flore commune	
Issy RER à Arcueil Cachan	Gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart : friche qui accueille une espèce de flore patrimoniale : la Molène pulvérulente. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles.	Cimetière Parisien de Bagneux et les ensembles verts de Arcueil Cachan : parc le Vallon, parc Raspail, etc. : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Continuum depuis le cimetière parisien qui descend vers le parc de Sceaux : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne
	Autres espaces verts : Gare d'Arcueil Cachan, Parc Henri Barbusse, square Malleret Joinville, Fort de Vanves, cimetière parisien, parc Robespierre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Parc départemental des Hautes Bruyères qui présente une mosaïque d'habitat intéressante pour la flore (2 espèces patrimoniales) et la faune. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé comme le Lézard des murailles. Le site accueille plusieurs espèces d'insectes patrimoniales et protégées au niveau des zones de friches et de friches prairiales. Les mammifères et les chauves-souris sont également présents sur le site.	Abords du parc des Lilas : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Parc départemental des Hautes Bruyères : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne et continuum départemental pour le Val-de-Marne Le parc est également utilisé comme support dans la coulée verte Bièvre – Lilas, identifiée par le Conseil départemental du Val-de-Marne et le SRCE comme liaison d'intérêt pour Paris et sa Petite couronne.
	Carrières souterraines : Les inventaires montrent la présence de chauves-souris ubiquistes autour des entrées des carrières.	
	Gare de Vitry Centre : présence d'une espèce de flore patrimoniale en bordure de voirie : le Passerage des décombres	
	Autres espaces verts : Square Général de Gaulle / Parc Raspail, Jardin Panoramique Gare le Vert de Maison, friches ferroviaires (SMI Vitry) et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	

Section	Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore	Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques
Vitry Centre à Champigny Centre	Impasse de l'Abbaye et bords de Marne : présence d'une avifaune riche et d'habitats favorables de nidification et de chasse pour des espèces d'eau et notamment la Bergeronnette des ruisseaux. Les bords de Marne sont favorables aux insectes avec la présence d'une espèce patrimoniale relativement ubiquiste.	Golf du parc du Tremblay : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Liaison entre le Golf de Villiers sur Marne, Parc du Plateau, Place Patrick le Roux : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Corridors de la sous-trame bleue qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine et de la Marne
	Friche Arrighi constitué d'une friche sèche et xérique où s'établissent 5 espèces de flore patrimoniales. L'avifaune y est riche et le Faucon Hobereau, espèce patrimoniale y nicherait dans les zones arborées. Présence avérée du Lézard des murailles. Site le plus riche au niveau entomologique, la friche présente plusieurs espèces protégées et patrimoniales d'intérêt.	
	Autres espaces verts : Gare de Champigny Centre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Champigny-sur-Marne à Noisy-le-champs	Gare de Bry Villiers Champigny : zone boisée et friches buissonnantes accueillant une faune commune	Boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne Canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne
	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny : zone rudérale et dégradé où se développe une espèce de flore patrimoniale. L'intérêt entomologique est marqué par la présence d'une espèce protégée. Présence d'une espèce d'oiseau patrimoniale, la Linotte mélodieuse.	
	SMR de Champigny : zone de friche et de végétation prairiale qui hébergent de nombreux insectes patrimoniaux et protégés.	
	Sentier des marins : présence potentielle d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles	
	Place des Yvris : square urbain regroupant deux stations d'espèces de flore patrimoniales	
	Autres espaces verts : espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
	Gare de Noisy-Champs : boisement neutrophile où se localise en marge, le long d'un trottoir, une station de flore patrimoniale. Les boisements sont investis par une avifaune cavernicole et inféodée à ces milieux. Les amphibiens (dont des espèces présentant un enjeu de conservation) se reproduisent au niveau de deux mares et utilisent les bois comme habitats terrestres.	Corridor écologique arboré à fonctionnalité réduite au niveau du parc de la Butte verte et les boisements alentours
	Parc de la Butte verte : accueille une station de flore protégée connue depuis 2005 au niveau d'une mare. L'avifaune y est riche en espèces inféodées au milieu boisé et cavernicoles malgré le caractère altéré des boisements. Les amphibiens se reproduisent au niveau des mares et utilisent les bois comme habitats terrestre.	

Synthèse des enjeux liés aux milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques



Fort d'Issy/Vanves/Clamart
Friche favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Fort de Vanves
Espaces verts et fort favorable à une faune commune

Parc Robespierre
Parc urbain favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Délaissé ferroviaire d'Arcueil Cachan
favorable à une faune commune

Square Malleret Joinville
Parc urbain favorable à une faune commune

SMR de Champigny
Friche, fourrés et boisements favorables à une faune patrimoniale

Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny
Friche arbustive favorable à une faune et une flore patrimoniale

Sentier des Marins
Délaissé ferroviaire favorable à une faune commune

Rue des Ballons
Espaces verts boisés favorables à une faune commune

Place des Yvris
Parc urbain favorable à une flore patrimoniale

Ile de Monsieur
Mosaïque d'habitats favorable à une faune et une flore patrimoniale

Pont de Sèvres
Berge et espaces verts artificialisés favorables à une faune commune

Coulée verte d'Issy-les-Moulineaux
Continuités d'intérêt pour Paris et la petite couronne (SRCE)

Square général de Gaulle
Parc urbain favorable à une faune commune

Jardin Panoramique
Parc urbain favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Parc des Hautes Bruyères
favorable à une faune et une flore patrimoniale

Vitry centre
Parc urbain favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Friche Arrighi
Friche industrielle favorable à une faune et une flore patrimoniale

Impasse de l'Abbaye
Berges favorables à une faune patrimoniale

Champigny centre
Espaces verts favorables à une faune commune

Parc des Lilas
Parc en écopâturage favorable à une faune et une flore patrimoniale

Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Faune, flore et continuité

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2015

0 2 4 Kilomètres N O E S

2.12 Boisements au sens du Code forestier

2.12.1 Rappel méthodologique

La localisation et la caractérisation des boisements au sens du Code forestier ont été réalisées lors des expertises dédiées aux habitats et réalisées entre Juin et Octobre 2014.

Pour cela, l'ensemble des entités boisées situées sur et à proximité des ouvrages émergents du projet de la Ligne 15 Sud ont fait l'objet d'une expertise afin de répondre aux deux questions suivantes :

- L'entité boisée correspond-elle à un boisement au sens du Code forestier ?
- Si un boisement est identifié au sens du Code forestier, une demande d'autorisation de défrichement est-elle nécessaire ?

Afin de répondre à ces questions, plusieurs critères ont été étudiés. Ils sont synthétisés dans le schéma ci-contre. Ces critères sont établis sur la base des définitions présentées dans le Code forestier :

L'Article L341-1 du Nouveau Code Forestier définit l'état boisé d'un terrain « comme le caractère d'un sol occupé par des arbres et arbustes d'essences forestières, à condition que leur couvert (projection verticale des houppiers[46] sur le sol) occupe au moins 10% de la surface considérée. Lorsque la végétation forestière est constituée de jeunes plants ou de semis naturels, l'état boisé est caractérisé par la présence d'au moins 500 brins d'avenir bien répartis à l'hectare. La formation boisée doit occuper une superficie d'au moins 5 ares (bosquet) et la largeur moyenne en cime doit être au minimum de 15 m ».

L'Article L342-1 du Nouveau Code Forestier précise les cas pour lesquels l'autorisation de défrichement n'est pas requise :

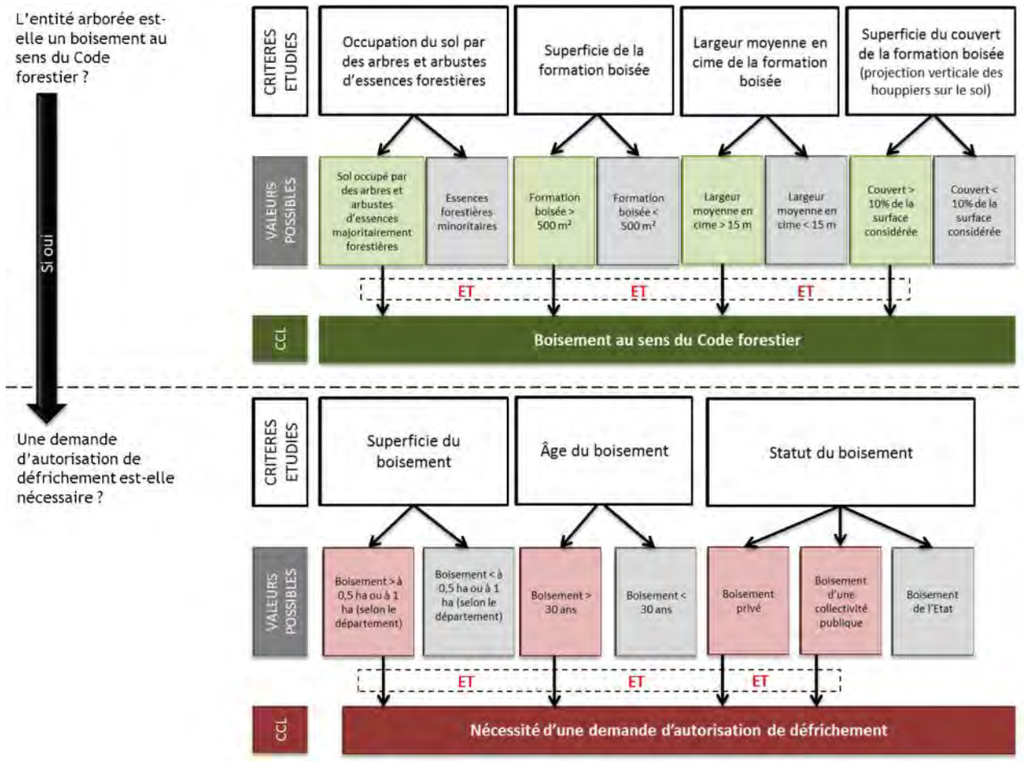
« 1° Dans les bois et forêts de superficie inférieure à un seuil compris entre 0,5 et 4 hectares, fixé par département ou partie de département par le représentant de l'Etat, sauf s'ils font partie d'un autre bois dont la superficie, ajoutée à la leur, atteint ou dépasse ce seuil ;

2° Dans les parcs ou jardins clos et attenants à une habitation principale, lorsque l'étendue close est inférieure à 10 hectares. Toutefois, lorsque les défrichements projetés dans ces parcs sont liés à la réalisation d'une opération d'aménagement prévue au titre Ier du livre III du code de l'urbanisme ou d'une opération de construction soumise à autorisation au titre de ce code, cette surface est abaissée à un seuil compris entre 0,5 et 4 hectares, fixé par département ou partie de département par le représentant de l'Etat ;

3° Dans les zones définies en application du 1° de l'article L. 126-1 du code rural et de la pêche maritime dans lesquelles la reconstitution des boisements après coupe rase est interdite ou réglementée, ou ayant pour but une mise en valeur agricole et pastorale de bois situés dans une zone agricole définie en application de l'article L. 123-21 du même code ;

4° Dans les jeunes bois de moins de trente ans sauf s'ils ont été conservés à titre de réserves boisées ou plantés à titre de compensation en application de l'article L. 341-6 ou bien exécutés dans le cadre de la restauration des terrains en montagne ou de la protection des dunes. »

[46] Ensemble des branches, des rameaux et du feuillage d'un arbre



2.12.2 Contexte forestier à l'échelle du fuseau d'étude

Le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud traverse trois régions forestières : le Pays des Yvelines, la Brie et la Vallée de la Seine.

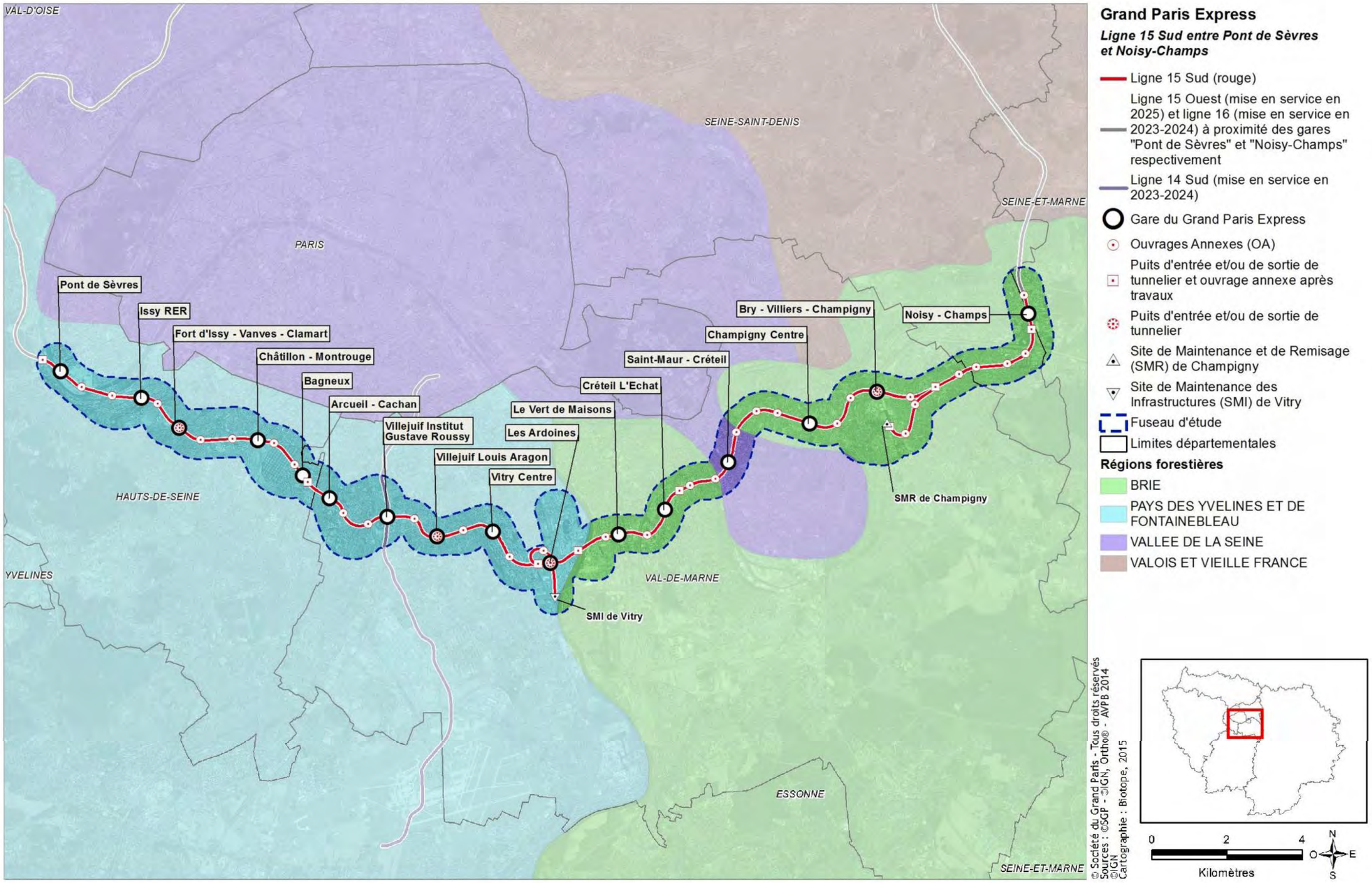
Longeant la vallée de la Seine vers l'Ouest, le Pays des Yvelines constitue la plus grande région forestière d'Ile-de-France, dont elle occupe 51 % du territoire. Elle abrite 63 % des forêts départementales avec un taux de boisement de 28,6 %.

La région forestière de la Brie s'étend sur quatre départements dont la Seine-et-Marne et un regroupement de départements, l'Ile-de-France Ouest. Elle forme un bas plateau entre la Seine et la Marne. Sur le territoire de Seine-et-Marne, elle constitue la plus grande région forestière, dont elle occupe 59 % du territoire. Sur le territoire Ile-de-France Ouest, elle constitue la région forestière la plus densément boisée. Elle présente un taux de boisement compris entre 29,2 (Ile-de-France Ouest) et 21,3 % (Seine-et-Marne).

La région forestière de la Vallée de la Seine constitue une région forestière de couloir alluvial. Elle présente un faible taux de boisement, à hauteur de 14 %. Seuls 68 % de la surface boisée de cette région forestière est une forêt de production en raison de son caractère très urbanisé.

A une échelle locale, les boisements constituent des entités restreintes et enclavées dans la trame urbaine dense de la Petite couronne parisienne.

Localisation du fuseau d'étude par rapport aux régions forestières (source : Cartes forestières départementales IFN à la précision du 25 000ème, 2003)



2.12.3 Localisation des boisements

Les cartes en pages suivantes localisent les quatre boisements identifiés à l'échelle du fuseau d'étude :

- Boisement du Fort de Vanves ;
- Boisement de Bry-Villiers-Champigny ;
- Boisement du SMR de Champigny ;
- Boisement de Noisy-Champs.

2.12.4 Types de peuplements forestiers

A l'échelle du fuseau d'étude, les expertises de terrain ont mis en évidence la présence de deux types de boisements :

- Des boisements neutrophiles de type Chênaie – Charmaie ;
- Des boisements nitrophiles pionniers.

Les boisements neutrophiles de type Chênaie – Charmaie sont principalement présents à Noisy-Champs. La strate arborée est dominée par le Chêne sessile (Quercus petraea), le Chêne pédonculé (Quercus robur) et le Frêne (Fraxinus excelsior). La strate arbustive est dominée par l'Aubépine (Crataegus monogyna), la Ronce (Rubus spp) ou le Noisetier (Corylus avellana). Enfin, la strate herbacée est pauvre et surtout constituée de Lierre avec le Brachypode des bois (Brachypodium sylvaticum) et la Laîche des bois (Carex sylvatica) ainsi que l'Epiaire des bois (Stachys sylvatica) dans les parties plus fraîches.

Les boisements nitrophiles pionniers sont les principaux boisements présents à l'échelle du fuseau d'étude. Il s'agit de boisements rudéraux dont la strate arborée est le plus souvent dominée par l'Erable sycomore (Acer pseudoplatanus). La strate arbustive, assez pauvre, est souvent réduite à la Ronce (Rubus spp) tandis que la strate herbacée est peu présente et dominée par des espèces nitrophiles comme l'Ortie.

2.12.5 Espèces forestières et fonctionnalité écologique

Les boisements constituent des habitats naturels dont les conditions écologiques particulières peuvent permettre à une flore et une faune spécifique de s'y développer. Selon les espèces, leur stade de développement ou encore la période de l'année, les boisements peuvent constituer des habitats de reproduction, de repos ou d'alimentation.

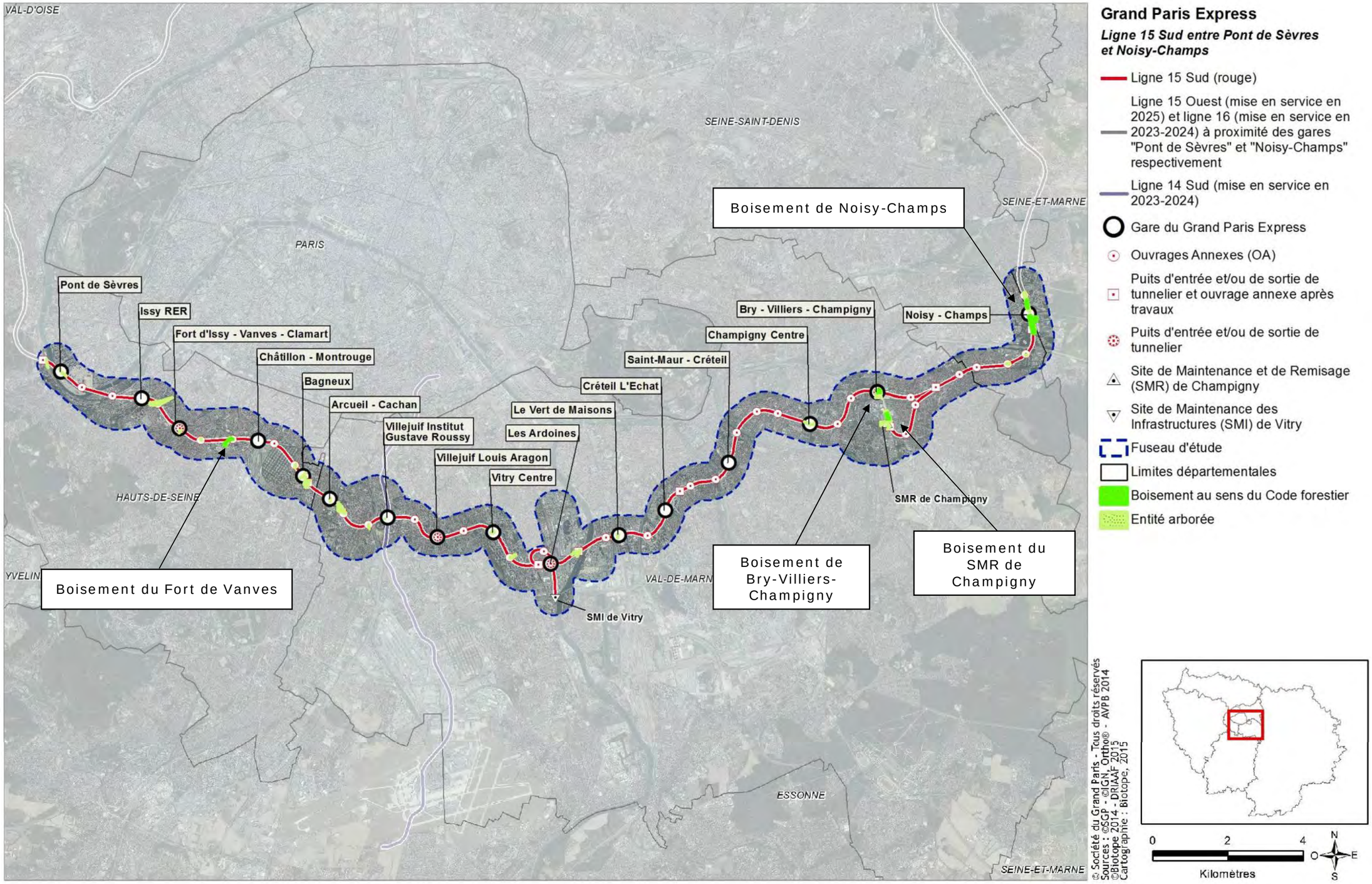
Sur le fuseau d'étude, les espèces inféodées aux milieux forestiers appartiennent principalement aux groupes faunistiques suivants :

- l'avifaune, principalement représentée par des espèces communes et non menacées qui nichent dans les boisements ;

- les amphibiens, tous protégés, parmi lesquels plusieurs espèces sont considérées comme patrimoniales en raison de leur rareté (Triton alpestre, Triton crêté, Triton ponctué, Crapaud calamite et Alyte accoucheur notamment). Ils utilisent principalement les boisements comme habitats terrestres en période hivernale.

Parmi les espèces végétales inféodées aux milieux forestiers, aucune n'est considérée comme patrimoniale et/ou protégée à l'échelle du fuseau d'étude.

Localisation des boisements à l'échelle du fuseau d'étude



Localisation du boisement du Fort de Vanves



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

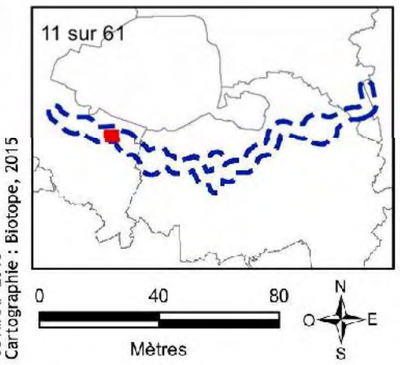
Ligne 15 Sud (rouge)

Ouvrages Annexes (OA)

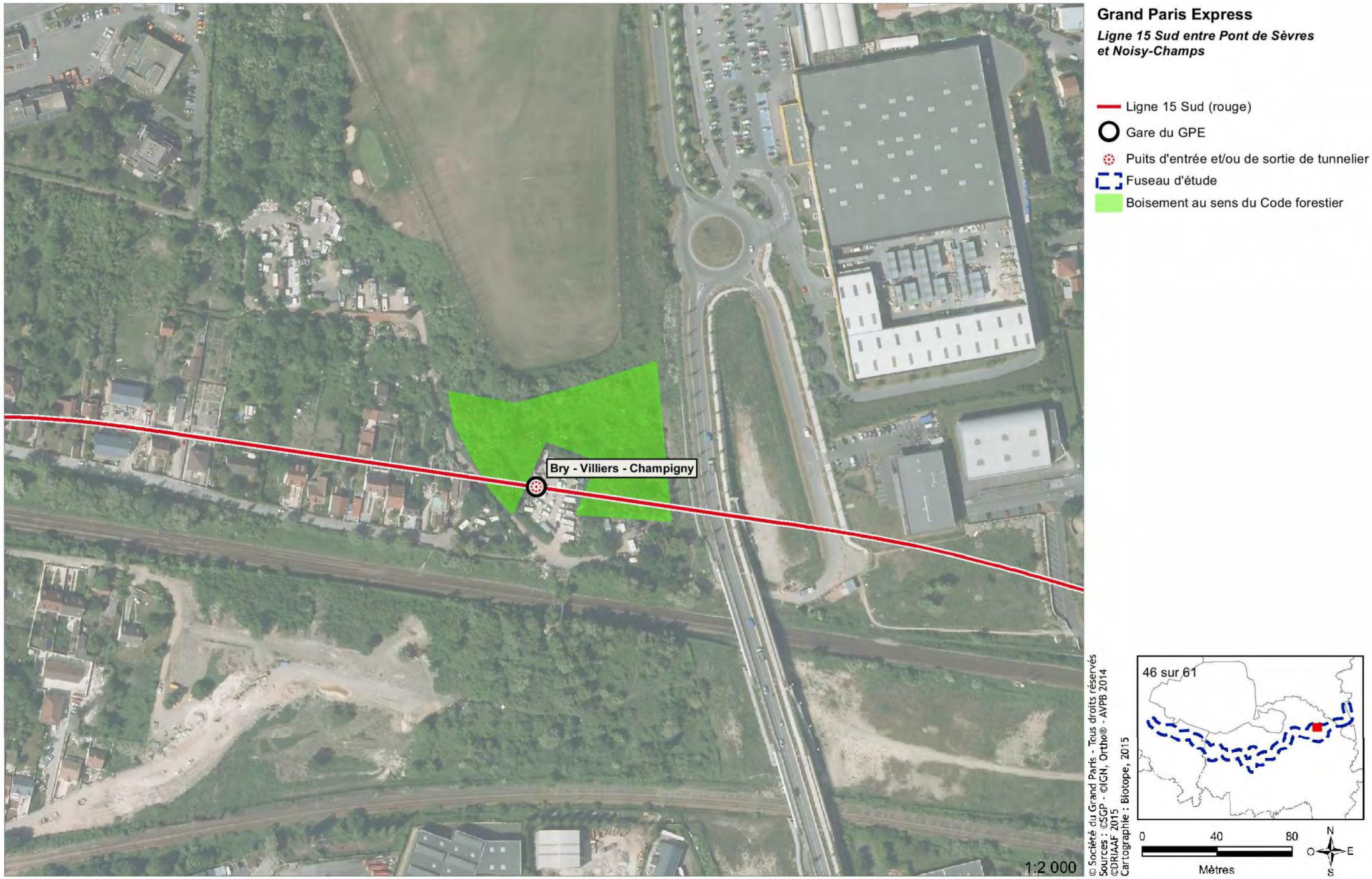
Fuseau d'étude

Boisement au sens du Code forestier

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
©DRIAAF 2015
Cartographie : Biotope, 2015



Localisation du boisement de Bry-Villiers-Champigny



Localisation du boisement du SMR de Champigny



Localisation du boisement de Noisy-Champs

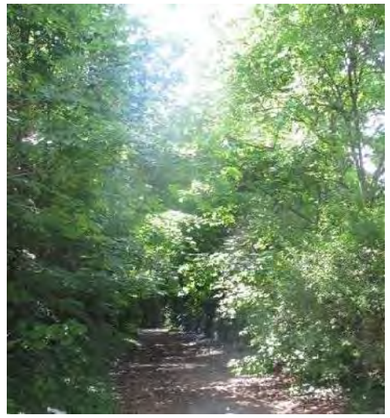


2.12.6 Caractérisation des boisements

2.12.6.1 Boisement du Fort de Vanves

Le boisement du Fort de Vanves est principalement délimité par la zone militaire.

Ce boisement correspond à un boisement nitrophile essentiellement composé d'essences forestières (Tilleul notamment). Aucun plan de gestion spécifique à ce boisement n'existe.



Photographie du boisement du Fort de Vanves – © Biotope

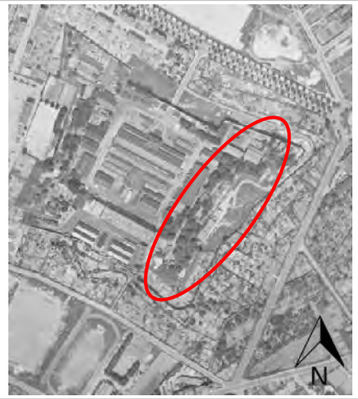
Résultats des expertises de terrain	
Méthodologie d'inventaire	
Dates de passage sur le terrain	18/06/2014 et 25/09/2014
Critères d'identification de l'état boisé selon le Code forestier	
Principales essences observées	Essences forestières : Tilleul, Frêne Essence non indigène : Erable sycomore
Superficie de la formation boisée	0,95 ha donc > 5 ares*
Largeur moyenne en cime	55 m (> 15 m*)
Couvert	90 % (> 10 % de la surface considérée*)
Conclusion sur l'état boisé	L'entité boisée du Fort de Vanves est un boisement au sens du Code forestier
Critères déclenchant l'autorisation ou l'exemption d'autorisation selon le Code forestier	
Superficie du boisement	0,95 ha donc > 0,5 ha **
Age du boisement	Entre 60 et 80 ans (> 30 ans***)
Conclusion sur la nécessité de demande d'autorisation	Le boisement du Fort de Vanves est soumis à demande d'autorisation de défrichement

* Seuils de définition d'un boisement au sens du Code forestier
** Seuil départemental déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement (Arrêté N° 2003-089 du 25 avril 2003)
*** Seuil déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement

➔ A l'issue de l'expertise de terrain, il s'avère que la formation considérée est un boisement au sens du Code forestier nécessitant une demande d'autorisation de défrichement.

Les cartes et photographies historiques du boisement du Fort de Vanves sont présentées ci-contre. La carte de Cassini, datant du XVIIIème siècle, met en évidence l'absence de boisement au droit de la formation considérée. Les photographies aériennes de 1933 mettent en évidence la présence d'une végétation arborée clairsemée, témoignant de la formation d'un boisement. En 1950, les photographies aériennes montrent un jeune boisement dont la configuration préfigure celle du boisement actuel. Ce boisement a donc plus de 30 ans.

Tableau de l'analyse historique du boisement du Fort de Vanves

Historique du boisement du Fort de Vanves		
Carte de Cassini (XVIIIème siècle) (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1933 (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1950 (Source : Géoportail)
		
Légende : Localisation actuelle du boisement du Fort de Vanves		

Le tableau ci-dessous présente les enjeux écologiques, sociaux et économiques portés par le boisement du Fort de Vanves.

Tableau des enjeux portés par le boisement du Fort de Vanves

Enjeux portés par le boisement du Fort de Vanves		
Type d'enjeu	Description	Niveau de l'enjeu
Enjeu écologique	Le boisement du Fort de Vanves ne s'inscrit pas dans les corridors d'intérêt régionaux (SRCE Ile-de-France). Son enclavement dans la trame urbaine annihile cette fonctionnalité. Par ailleurs, aucune espèce forestière patrimoniale ou protégée n'a été identifiée au sein de ce boisement. Seules des espèces animales et végétales communes sont présentes.	Faible
Enjeu social	Le boisement du Fort de Vanves, situé au sein d'une zone résidentielle, constitue une respiration urbaine. Toutefois, seule une partie de celui-ci, aménagée en espace vert public, est accessible. La majeure partie du boisement est clôturée et inaccessible. Aucune activité de chasse en lien avec le boisement du fort de Vanves n'est pratiquée.	Modéré
Enjeu économique	Le boisement du Fort de Vanves ne fait l'objet d'aucune activité sylvicole ni économique en lien avec des activités de tourisme.	Nul

Conclusion de la caractérisation du boisement du Fort de Vanves

Le boisement du Fort de Vanves représente un faible enjeu écologique notamment en raison de son anthropisation et de son enclavement au sein de la trame urbaine. Localisé au sein d'un quartier résidentiel, mais seulement partiellement accessible, ce boisement constitue une respiration urbaine et porte ainsi un enjeu social modéré. Aucune activité économique ne lui est associée.

2.12.6.2 Boisement de Bry-Villiers-Champigny

Localisé sur la commune de Villiers-sur-Marne et dans le département du Val-de-Marne, le boisement de Bry-Villiers-Champigny est situé entre le golf de Villiers-sur-Marne et les voies ferrées.

Ce boisement correspond à un boisement nitrophile essentiellement composé d'essences forestières (Frêne notamment). Aucun plan de gestion spécifique à ce boisement n'existe.



Photographie du boisement de Bry-Villiers-Champigny – © Biotope

Résultats des expertises de terrain	
Méthodologie d'inventaire	
Dates de passage sur le terrain	24/06/2014 et 25/09/2014
Critères d'identification de l'état boisé selon le Code forestier	
Principales essences observées	Essence forestière : Frêne Essences non indigènes : Robinier, Erable sycomore, Pin noir, Peuplier d'Italie, Ailanthe
Superficie de la formation boisée	0,57 ha donc > 5 ares*
Largeur moyenne en cime	35 m (> 15 m*)
Couvert	100 % (> 10 % de la surface considérée*)
Conclusion sur l'état boisé	L'entité boisée de Bry-Villiers-Champigny est un boisement au sens du Code forestier
Critères déclenchant l'autorisation ou l'exemption d'autorisation selon le Code forestier	
Superficie du boisement	0,57 ha donc > 0,5 ha **
Age du boisement	Entre 40 et 60 ans (> 30 ans***)
Conclusion sur la nécessité de demande d'autorisation	Le boisement de Bry-Villiers-Champigny est soumis à demande d'autorisation de défrichement

* Seuils de définition d'un boisement au sens du Code forestier
** Seuil départemental déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement (Arrêté N° 2003-1354 du 17 avril 2003)
*** Seuil déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement

→ A l'issue de l'expertise de terrain, il s'avère que la formation considérée est un boisement au sens du Code forestier nécessitant une demande d'autorisation de défrichement.

Les cartes et photographies historiques du boisement de Bry-Villiers-Champigny sont présentées ci-contre. La carte de Cassini, datant du XVIIIème siècle, met en évidence l'absence de boisement au droit de la formation considérée. Les photographies aériennes de 1962 mettent en évidence la présence d'une végétation arborée clairsemée, témoignant de la formation d'un boisement. En 1976, les photographies aériennes montrent un jeune boisement dont la configuration préfigure celle du boisement actuel. Ce boisement a donc plus de 30 ans.

Tableau de l'analyse historique du boisement de Bry-Villiers-Champigny

Historique du boisement de Bry-Villiers-Champigny		
Carte de Cassini (XVIIIème siècle) (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1962 (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1976 (Source : Géoportail)
		
Légende : Localisation actuelle du boisement de Bry-Villiers-Champigny		

Le tableau ci-dessous présente les enjeux écologiques, sociaux et économiques portés par le boisement de Bry-Villiers-Champigny.

Tableau des enjeux portés par le boisement de Bry-Villiers-Champigny

Enjeux portés par le boisement de Bry-Villiers-Champigny		
Type d'enjeu	Description	Niveau de l'enjeu
Enjeu écologique	Localisé en contexte urbain, le boisement de Bry-Villiers-Champigny ne constitue pas un corridor d'intérêt régional mais participe à une liaison d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite Couronne (SRCE Ile-de-France). Toutefois, aucune espèce forestière patrimoniale ou protégée n'a été identifiée au sein de ce boisement. Seules des espèces animales et végétales communes sont présentes.	Modéré
Enjeu social	Le boisement de Bry-Villiers-Champigny est actuellement occupé par des gens du voyage, le rendant ainsi inaccessible au public. Par ailleurs, au vu de son contexte et de la dégradation marquée de ce boisement, il ne constitue pas une respiration urbaine. Aucune activité de chasse en lien avec le boisement de Bry-Villiers-Champigny n'est pratiquée.	Faible
Enjeu économique	Le boisement de Bry-Villiers-Champigny ne fait l'objet d'aucune activité sylvicole ni économique en lien avec des activités de tourisme.	Nul

Conclusion de la caractérisation du boisement de Bry-Villiers-Champigny

Malgré le contexte urbain dans lequel se situe le boisement de Bry-Villiers-Champigny, il participe à une liaison d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite Couronne, à l'origine d'un enjeu écologique modéré. Toutefois, occupé par des gens du voyage, ce boisement constitue un faible enjeu social. Aucune activité économique ne lui est associée.

2.12.6.3 Boisement du SMR de Champigny

Localisé sur la commune de Champigny-sur-Marne et dans le département du Val-de-Marne, le boisement du SMR de Champigny est situé au nord du parc départemental du Plateau.

Ce boisement correspond à un boisement nitrophile essentiellement composé d'essences forestières (Frêne, Merisier notamment). Aucun plan de gestion spécifique à ce boisement n'existe.



Photographie du boisement du SMR de Champigny – © Biotope

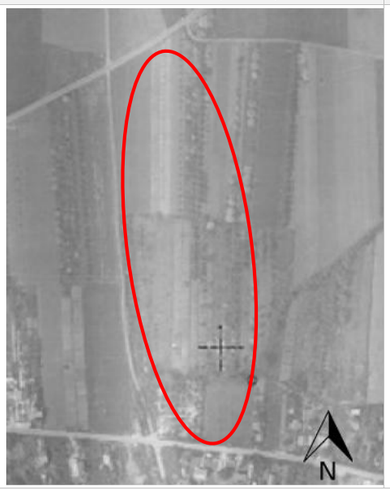
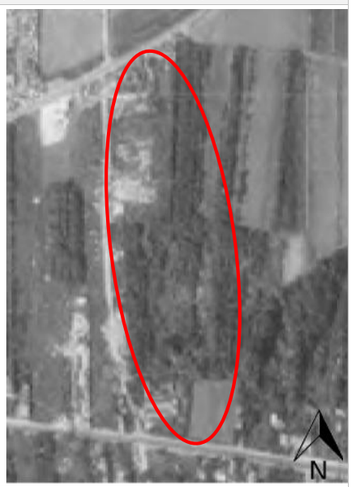
Résultats des expertises de terrain	
Méthodologie d'inventaire	
Dates de passage sur le terrain	24/06/2014 et 25/09/2014
Critères d'identification de l'état boisé selon le Code forestier	
Principales essences observées	Essences forestières : Frêne, Merisier, Orme Essence non indigène : Erable sycomore
Superficie de la formation boisée	1,04 ha donc > 5 ares*
Largeur moyenne en cime	85 m (> 15 m*)
Couvert	100 % (> 10 % de la surface considérée*)
Conclusion sur l'état boisé	L'entité boisée du SMR de Champigny est un boisement au sens du Code forestier
Critères déclenchant l'autorisation ou l'exemption d'autorisation selon le Code forestier	
Superficie du boisement	1,04 ha donc > 0,5 ha**
Age du boisement	Entre 40 et 60 ans (> 30 ans***)
Conclusion sur la nécessité de demande d'autorisation	Le boisement du SMR de Champigny est soumis à demande d'autorisation de défrichement

* Seuils de définition d'un boisement au sens du Code forestier
** Seuil départemental déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement (Arrêté N° 2003-1354 du 17 avril 2003)
*** Seuil déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement

➔ A l'issue de l'expertise de terrain, il s'avère que la formation considérée est un boisement au sens du Code forestier nécessitant une demande d'autorisation de défrichement.

Les cartes et photographies historiques du boisement du SMR de Champigny sont présentées ci-contre. La carte de Cassini, datant du XVIIIème siècle, met en évidence l'absence de boisement au droit de la formation considérée. Les photographies aériennes de 1956 mettent en évidence la présence d'une végétation arborée clairsemée, témoignant de la formation d'un boisement. En 1972, les photographies aériennes montrent un jeune boisement dont la configuration préfigure celle du boisement actuel. Ce boisement a donc plus de 30 ans.

Tableau de l'analyse historique du boisement du SMR de Champigny

Historique du boisement du SMR de Champigny		
Carte de Cassini (XVIIIème siècle) (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1956 (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1972 (Source : Géoportail)
		
Légende : Localisation actuelle du boisement du SMR de Champigny		

Le tableau ci-dessous présente les enjeux écologiques, sociaux et économiques portés par le boisement du SMR de Champigny.

Tableau des enjeux portés par le boisement du SMR de Champigny

Enjeux portés par le boisement du SMR de Champigny		
Type d'enjeu	Description	Niveau de l'enjeu
Enjeu écologique	Localisé en contexte urbain, le boisement du SMR de Champigny ne constitue pas un corridor d'intérêt régional mais participe à une liaison d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite Couronne (SRCE Ile-de-France). Toutefois, aucune espèce forestière patrimoniale ou protégée n'a été identifiée au sein de ce boisement. Seules des espèces animales et végétales communes sont présentes.	Modéré
Enjeu social	Le boisement du SMR de Champigny n'est pas accessible car clôturé. Situé dans un contexte urbain dense, il constitue toutefois une respiration urbaine. Aucune activité de chasse en lien avec le boisement du SMR de Champigny n'est pratiquée.	Modéré
Enjeu économique	Le boisement du SMR de Champigny ne fait l'objet d'aucune activité sylvicole ni économique en lien avec des activités de tourisme.	Nul

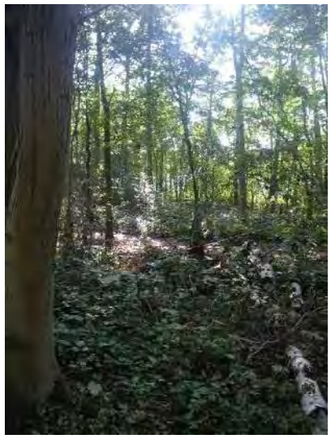
Conclusion de la caractérisation du boisement du SMR de Champigny

Malgré le contexte urbain dans lequel se situe le boisement du SMR de Champigny, il participe à une liaison d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite Couronne, à l'origine d'un enjeu écologique modéré. Ce boisement reste inaccessible au public car clôturé mais il constitue toutefois une respiration au sein d'une trame urbaine dense. Aucune activité économique ne lui est associée.

2.12.6.4 Boisement de Noisy-Champs

Localisé sur les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne et dans les départements de Seine-Saint-Denis et de Seine-et-Marne, le boisement de Noisy-Champs se situe le long de la route nationale 370, à l'est du parc de la Butte Verte.

Ce boisement correspond à un boisement neutrophile de type Chênaie-Charmaie essentiellement composé d'essences forestières (Bouleau, Frêne, Chêne sessile, Charme, Tilleul notamment). Aucun plan de gestion spécifique à ce boisement n'existe.



Photographie du boisement de Noisy-Champs – © Biotope

Résultats des expertises de terrain	
Méthodologie d'inventaire	
Dates de passage sur le terrain	24/06/2014 et 25/09/2014
Critères d'identification de l'état boisé selon le Code forestier	
Principales essences observées	Essences forestières : Bouleau, Frêne, Chêne sessile, Frêne, Charme, Tilleul, Noisetier, Erable champêtre, Chêne pédonculé, Merisier Essences non indigènes : Robinier, Erable plane, Erable sycomore
Superficie de la formation boisée	8,12 ha donc > 5 ares*
Largeur moyenne en cime	100 m (> 15 m*)
Couvert	90 % (> 10 % de la surface considérée*)
Conclusion sur l'état boisé	L'entité boisée de Noisy-Champs est un boisement au sens du Code forestier
Critères déclenchant l'autorisation ou l'exemption d'autorisation selon le Code forestier	
Superficie bu boisement	8,12 ha donc > 0,5 ha et 1 ha**
Age du boisement	Entre 80 et 100 ans au sud et environ 30 ans au nord (> 30 ans***)
Conclusion sur la nécessité de demande d'autorisation	Le boisement de Noisy-Champs est soumis à demande d'autorisation de défrichement

* Seuils de définition d'un boisement au sens du Code forestier
** Seuils départementaux déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement (Arrêté N°2003-3309 du 22 juillet 2003 et Arrêté N°2003/DDAF/SFEE/117 du 11 juin 2003)
*** Seuil déclenchant la nécessité d'une demande d'autorisation de défrichement

→ A l'issue de l'expertise de terrain, il s'avère que la formation considérée est un boisement au sens du Code forestier nécessitant une demande d'autorisation de défrichement.

Les cartes et photographies historiques du boisement de Noisy-Champs sont présentées ci-contre. La carte de Cassini, datant du XVIIIème siècle, met en évidence l'absence de boisement au droit de la formation actuelle.

Concernant la partie sud du boisement, les premières photographies aériennes disponibles au niveau de la formation considérée datent de 1923 et mettent en évidence des milieux arbustifs en court de colonisation. Dix ans plus tard, le boisement est constitué et les photographies aériennes montrent le boisement de Noisy-Champs dans sa configuration actuelle en 1981. Sur cette dernière photo, l'éclaircissement d'une partie de ce boisement, qui sera transformé en parc urbain, est visible. La partie sud de ce boisement a donc plus de 30 ans.

Tableau de l'analyse historique du boisement Noisy-Champs (partie sud)

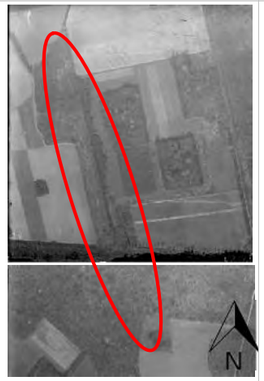
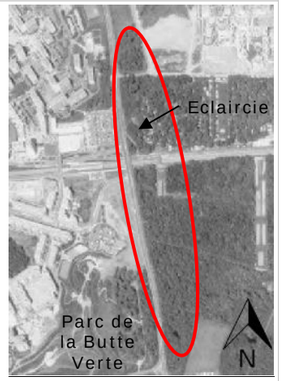
Historique du boisement de Noisy-Champs (partie sud)			
Carte de Cassini (XVIIIème siècle) (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1923 (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1933 (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1981 (Source : Géoportail)
			
Légende : Localisation actuelle du boisement de Noisy-Champs (partie sud)			

Tableau de l'analyse historique du boisement de Noisy-Champs (partie nord)

Historique du boisement de Noisy-Champs (partie nord)	
Photographie aérienne de 1986 (Source : Géoportail)	Photographie aérienne de 1994 (Source : Géoportail)
	
Légende : Localisation actuelle du boisement de Noisy-Champs (partie nord)	

Le tableau ci-dessous présente les enjeux écologiques, sociaux et économiques portés par le boisement de Noisy-Champs.

Tableaux des enjeux portés par le boisement de Noisy-Champs

Type d'enjeu	Description	Niveau de l'enjeu
Enjeu écologique	Le boisement de Noisy-Champs participe à la liaison d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et la Petite Couronne reliant le bois Saint Martin au Parc départemental de la Haute Ile. Il participe également à un corridor d'intérêt régional reliant les massifs boisés à proximité du parc de la Butte Verte (bois Saint Martin, bois de la Grange et bois de Grâce notamment) au bois de Vincennes (SRCE Ile-de-France). Ce boisement abrite deux mares forestières. L'une d'entre elles est occupée par quatre espèces d'amphibiens : Grenouille agile, Triton ponctué, Triton alpestre et Triton crêté, parmi lesquelles les deux dernières présentent un fort enjeu de conservation. La seconde, plus au nord, n'est occupée que par le Triton ponctué.	Fort
Enjeu social	Le boisement de Noisy-Champs a partiellement été occupé par des gens du voyage, le rendant ainsi inaccessible au public. Par ailleurs, au vu de son contexte et de la dégradation marquée de ce boisement, il ne constitue pas une respiration urbaine. Aucune activité de chasse en lien avec le boisement de Noisy-Champs n'est pratiquée.	Faible
Enjeu économique	Le boisement de Noisy-Champs ne fait l'objet d'aucune activité sylvicole ni économique en lien avec des activités de tourisme.	Nul

Conclusion de la caractérisation du boisement de Noisy-Champs

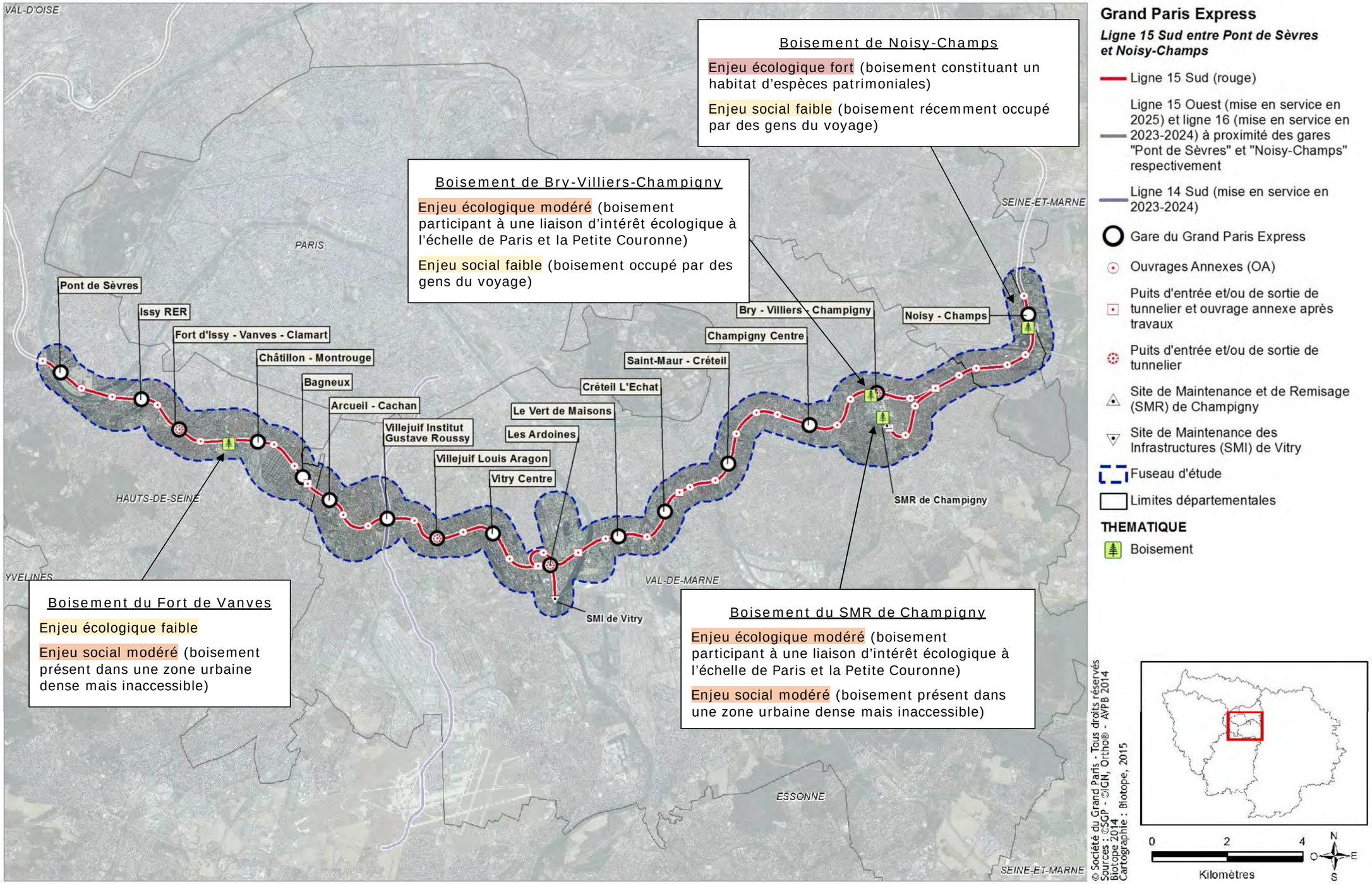
Le boisement de Noisy-champs représente un fort enjeu écologique en raison de sa participation à la trame verte et bleue régionale et à la présence de deux mares forestières abritant des populations d'amphibiens, dont plusieurs espèces patrimoniales. Toutefois, récemment occupé par des gens du voyage, ce boisement constitue un faible enjeu social. Aucune activité économique ne lui est associée.

2.12.7 Synthèse des enjeux liés aux boisements

A l'issue des expertises de terrain, quatre boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet ont été identifiés au sein du fuseau d'étude. Aucun de ces boisements ne fait l'objet d'activités sylvicoles ou économiques en lien avec des activités de tourisme. Ces boisements sont par ailleurs souvent dégradés et présentent des enjeux écologiques faibles à modérés à l'exception du boisement de Noisy-Champs qui présente un fort enjeu écologique notamment en raison des espèces présentes. Enfin, ces boisements constituent des respirations urbaines ou des espaces de détente notamment dans le contexte urbain du fuseau d'étude. Deux des boisements sont toutefois occupés par des gens du voyage.

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Aucun boisement au sens du Code forestier en interaction avec le projet.
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence du boisement du Fort de Vanves.
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier en interaction avec le projet.
Vitry Centre à Champigny Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier en interaction avec le projet.
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet (boisement de Bry-Villiers-Champigny, boisement du SMR de Champigny et boisement de Noisy-Champs).

Synthèse des enjeux liés aux boisements



2.13 Zones humides

2.13.1 Généralités

Les zones humides constituent des habitats particulièrement propices au développement d'une végétation hygrophile[47] et à l'accueil d'une faune inféodée aux milieux humides (amphibiens, oiseaux, flore spécifique). Ces milieux rendent par ailleurs des services d'épuration, d'écrêtement de crue et des services liés à des activités de loisirs et de découverte de la nature. Dans l'objectif de préserver ces milieux particuliers et fragiles, et dans le cadre de l'application de la Loi sur l'eau, une étude spécifique de délimitation réglementaire a été réalisée pour le projet de la ligne 15 Sud.

Cette étude s'inscrit dans le cadre des préconisations du SDAGE Seine Normandie, pour lequel la délimitation des zones humides revêt un caractère prioritaire.

L'état initial s'appuie sur l'analyse de la bibliographie existante et sur la réalisation d'inventaires de terrain (conduits de 2011 à 2015), coordonnés par la Société du Grand Paris.

Des organismes compétents en matière de faune/flore et milieux humides ont également été consultés et rencontrés pour certains :

- La Direction Régional et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (DRIEE),
- La Conseil départemental du Val-de-Marne,
- Le Conseil départemental des Hauts-de-Seine,
- La Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien (CBNBP),
- Le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre (SMBVB),
- Le Syndicat Marne Vive (SMV),
- L'Agence des Espaces Verts (AEV),
- L'Office National des Forêt (ONF),
- L'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA).

Des volets spécifiques et détaillés sont dédiés aux milieux naturels, à la flore et à la faune et aux boisements dans cette étude d'impact. Des résumés de ces thématiques sont intégrés à ce présent chapitre afin de permettre leur prise en compte et leur analyse en lien avec la réglementation sur les zones humides.

2.13.2 Cadrage réglementaire

2.13.2.1 Evolution législative

Définies par la convention de Ramsar en 1971, intégrées au droit français par la loi sur l'eau en 1992, les zones humides (ZH) sont définies par l'article L.211-1 du code de l'environnement comme « les terrains, exploités ou non, habituellement inondés ou gorgés d'eau douce, salée ou saumâtre de façon permanente ou temporaire ; la végétation, quand elle existe, y est dominée par des plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année ».

La préservation des écosystèmes aquatiques et des zones humides est l'un des objectifs principaux de la loi de 1992. Cette loi représente ainsi le point de départ de la prise en compte des zones humides dans la législation française à travers l'application de la nomenclature eau.

Cette nomenclature concerne une liste d'installations, d'ouvrages, de travaux et d'activités (IOTA) ayant une influence sur l'eau ou le fonctionnement des milieux aquatiques et qui sont soumis à deux régimes délivrés par la police de l'eau : autorisation et déclaration.

Cela permet à la police de l'eau d'imposer un certain nombre de règles devant être respectées. En ce qui concerne la préservation des zones humides, la loi soumet en particulier, l'assèchement, l'imperméabilisation, les remblaiements de zones humides et de marais à autorisation pour une surface supérieure ou égale à 1 hectare et à déclaration pour une surface comprise entre 0,1 et 1 hectare.

Cette loi introduit également un mode de gestion dite « équilibrée » de la ressource en eau. Cette gestion implique de veiller à la bonne répartition de la ressource entre les différents usages, mais aussi de s'assurer de sa préservation à long terme, qu'il s'agisse de l'eau à proprement parler ou des milieux aquatiques associés.

Pour cela, elle met en place deux nouveaux outils de planification de la ressource en eau : les Schémas Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE).

La Directive européenne Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 a été transposée en droit français le 21 avril 2004 et le 30 décembre 2006. La DCE fournit un cadre pour une politique européenne de l'eau et affiche un objectif de résultats à l'horizon 2015 : le bon état écologique des masses d'eaux superficielles et souterraines. Les dispositions de la DCE confortent l'objectif prioritaire de gestion équilibrée de la ressource en eau et renforcent les SDAGE en préconisant une gestion par bassin hydrographique. Les zones humides ne constituent pas des « masses d'eau » au sens de la DCE.

Cependant, les programmes de mesures et les plans de gestion les prennent en compte puisqu'elles contribuent à l'atteinte du bon état des eaux, et jouent un rôle essentiel dans la gestion équilibrée de la ressource en eau.

La transposition de la DCE en 2004, la loi Développement des Territoires Ruraux (DTR) de 2005 et la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) en 2006 poursuivent la mise en œuvre des outils de gestion de l'eau et constituent une reconnaissance politique et juridique des zones humides. Les « Zones Humides » contribuent à l'objectif de bon état écologique des eaux en 2015 de la DCE, mais aussi à la lutte contre les inondations et au maintien des corridors écologiques.

2.13.2.2 Réglementation régissant la délimitation

L'arrêté du 24 juin 2008 du MEEDDAT[48], modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009, établit les critères de définition et de délimitation des zones humides au sens de la loi sur l'eau : « un espace sera considéré comme une zone humide s'il présente des critères de sols ou de végétation définis précisément »[49].

Ainsi, un espace peut être considéré comme zone humide au sens du Code de l'environnement dès qu'il présente l'un des critères détaillés ci après.

47 Qualifie une espèce végétale associée aux milieux humides

48 Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire

49 L'arrêté du JO du 1er octobre 2009 modifie la profondeur d'analyse des traits rédoxiques des sols de catégories V et IV à 25 cm pour déterminer la présence ou non d'une zone humide.

Sa végétation, si elle existe, est caractérisée :

- soit par des « habitats », caractéristiques de zones humides, identifiés selon la méthode et la liste correspondante figurant à l'annexe 2.2. de l'arrêté ;
- soit par des espèces indicatrices de zones humides, la liste des espèces figurant à l'annexe 2.1 de l'arrêté du 24 juin 2008. Cette liste peut être complétée par une liste additive d'espèces arrêtée par le préfet si elle existe[50].

Ses sols correspondent à un ou plusieurs types pédologiques parmi ceux mentionnés dans la liste figurant à l'annexe 1.1 et identifiés selon la méthode figurant à l'annexe 1.2. de l'arrêté du 24 juin 2008.

Il est cependant important de rappeler que suivant la circulaire du 18 janvier 2010 et en application des Articles L.214-7-1 et R.211-108 du Code de l'environnement, l'arrêté du 24 juin 2008 modifié par l'arrêté du 1er octobre 2009 stipule que :

"Dans tous les cas, lorsque le critère relatif à la végétation n'est pas vérifié, il convient d'examiner le critère pédologique ; de même, lorsque le critère pédologique n'est pas vérifié, le critère relatif à la végétation doit être examiné (cf. arbre de décision simplifié présenté en annexe 2 de la circulaire)."

De ce fait, les parcelles notées comme « Non concernée » d'après les habitats observés au sein de la couche des habitats naturels, ne peuvent être directement caractérisées comme non-humides sans prospections pédologiques complémentaires. Au regard de la réglementation, ces parcelles, seront dans une « couche d'alerte » afin de souligner les risques de présence de zone humide dans le cas où des aménagements seraient prévus sur la zone.

A contrario, une fois l'habitat ou le sol classé comme caractéristique d'une zone humide d'après les catégories présentées dans la circulaire, la zone peut être directement classée comme zone humide avérée :

"En chaque point, la vérification de l'un des critères relatifs aux sols ou à la végétation suffit pour statuer sur la nature humide de la zone."

2.13.3 Outil de planification

2.13.3.1 Le schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau (SDAGE)

Les SDAGE sont élaborés sur chacun des six grands bassins hydrographiques métropolitains : Artois-Picardie, Adour-Garonne, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse et Seine-Normandie. Réalisés par le comité de bassin, ils fixent les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource en eau. D'une portée juridique importante, ce document d'orientation s'impose aux décisions de l'État en matière de police des eaux, notamment des déclarations d'autorisation administrative (rejets, urbanismes,...) ; de même qu'il s'impose aux décisions des collectivités et établissements publics. La directive cadre européenne (DCE) sur l'eau a renforcé cet outil, en confirmant la nécessité d'une gestion et d'une planification par bassin.

Principales mesures et actions relatives aux zones humides préconisées dans le SDAGE Seine Normandie en vigueur (approuvé fin octobre 2009) :

Extrait du SDAGE Seine Normandie

Dispositions

- Disposition 46 : Limiter l'impact des travaux et aménagements sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides
- Disposition 78 : Dans le cadre d'un examen des projets soumis à autorisation ou déclaration entraînant la disparition de zones humides, les mesures compensatoires prévoient la création de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la biodiversité à hauteur de d'une surface au moins égale à la surface dégradée et en priorité sur la même masse d'eau ou à défaut à hauteur de 150 % de la surface perdue sur une autre masse d'eau.

2.13.3.2 Les schémas d'aménagement et de gestion de l'eau (SAGE)

Les SAGEs doivent être compatibles avec les orientations du SDAGE.

Le SAGE est un outil de planification fondé sur une unité de territoire hydrographique cohérente (nappes souterraines, bassins versants, estuaires). Établi en concertation avec l'ensemble des acteurs locaux du territoire, il fixe les objectifs généraux de gestion de la ressource en eau superficielle et souterraine et de préservation des écosystèmes aquatiques. Son périmètre est déterminé par le SDAGE. L'élaboration relève d'une commission locale de l'eau (C.L.E.) mise en place par le préfet et consiste, à partir du diagnostic de la ressource et des usages liés à l'eau, à définir des préconisations de gestion de la ressource sur le bassin.

Une fois le SAGE élaboré, il est soumis à une procédure d'enquête publique et doit être approuvé par arrêté préfectoral. Puis une phase de mise en œuvre et de suivi permet l'application concrète sur le terrain des objectifs du SAGE.

Par conformité avec les orientations des SDAGE, les SAGEs ont l'obligation de prendre en compte les zones humides, et de préciser dans le schéma les préconisations de gestion et les actions à entreprendre pour permettre leur préservation.

Le fuseau de projet intersecte le périmètre des SAGEs Bièvre et Marne Confluence.

Le SAGE de la Bièvre est actuellement en cours d'élaboration. La CLE[51] a validé le diagnostic en juin 2011, approuvé la stratégie en septembre 2013. La rédaction des documents constitutifs du SAGE est en cours. Toutefois, le SAGE Bièvre a d'ores-et-déjà réalisé une étude de délimitation des zones humides sur son territoire.

Le SAGE Marne Confluence est également en cours d'élaboration. Le diagnostic a été validé en mars 2013 alors que les scénarios ont été approuvés en septembre 2013 et février 2014. Cependant, une délimitation des zones humides est actuellement en cours sur le territoire du SAGE. Le syndicat précise également que « comme présenté lors des comités de pilotage, cet inventaire ne peut être vu comme exhaustif et à vocation à être utilisé uniquement comme document d'alerte. Il a pour objectif de maintenir les zones humides existantes et de lutter contre leur urbanisation et/ou leur remblaiement dans le cadre d'aménagements futurs. »

50 Aucune liste additive n'a été validée en Ile-de-France

51 Commission Locale de l'Eau

2.13.3.3 Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) d'Ile-de-France

L'analyse du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) d'Ile-de-France, adopté en 2013, permet d'établir la trame écologique dans un contexte plus global. Le SRCE Ile-de-France s'est attelé à définir des réservoirs de biodiversité et des corridors écologiques à l'échelle régionale. Toutefois, étant donné le contexte très urbain dans lequel s'insère ce schéma, des secteurs et liaisons d'intérêt écologique en contexte urbain ont été définis par ailleurs.

Le fuseau d'étude comprends 4 réservoirs de biodiversité (milieux dans lesquels la biodiversité est la plus riche et la mieux représentée) d'importance régionale et dont la présence de milieux humides peut être potentielle:

- Le parc de la Butte Verte à moins de 100m du tracé de référence,
- Le boisement au sud de la Butte Verte à moins de 100m du tracé de référence,
- Le bois de Saint Martin à moins de 500m du tracé de référence,
- Les îles de la Marne, à moins de 500m du tracé de référence.

Le fuseau d'étude intersecte également des corridors écologiques dont les corridors de la sous-trame bleue qui concernent les continuums fluviatiles de la Seine et de la Marne, le ru du parc des Hautes Bruyères et un canal qui relie deux bassins près de l'allée Emile Roux à Champs sur Marne.

Le référentiel d'obstacle à l'écoulement identifie, sur ces continuités écologiques, des obstacles et des seuils à la marge du fuseau d'étude. Un obstacle est identifié au niveau de l'Abbaye de Saint-Maur.

D'autres secteurs sont reconnus pour leur intérêt écologique en contexte urbain, explicités ci-après :

- le parc de Billancourt à Boulogne Billancourt,
- le boisement avenue de la Glacière à Meudon,
- le parc de l'île Saint-Germain,
- le cimetière Parisien de Bagneux,
- les ensembles verts d'Arcueil Cachan : parc le Vallon, parc Raspail, etc.,
- les abords du parc des Lilas,
- le Golf du parc du Tremblay,
- le boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand.

Le SRCE présente également au niveau du fuseau d'étude une liaison reconnue pour son intérêt écologique en contexte urbain :

- une coulée verte qui traverse le parc Rodin à Issy les Moulineaux,
- un continuum depuis le cimetière parisien qui descend vers le parc de Sceaux,
- une coulée verte Bièvre – Lilas, identifiée également par le Conseil départemental du Val-de-Marne,
- une liaison entre le Golf de Villiers sur Marne, Parc du Plateau, Place Patrick le Roux,
- une liaison entre le canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin.

2.13.3.4 Approche départementale des Hauts-de-Seine

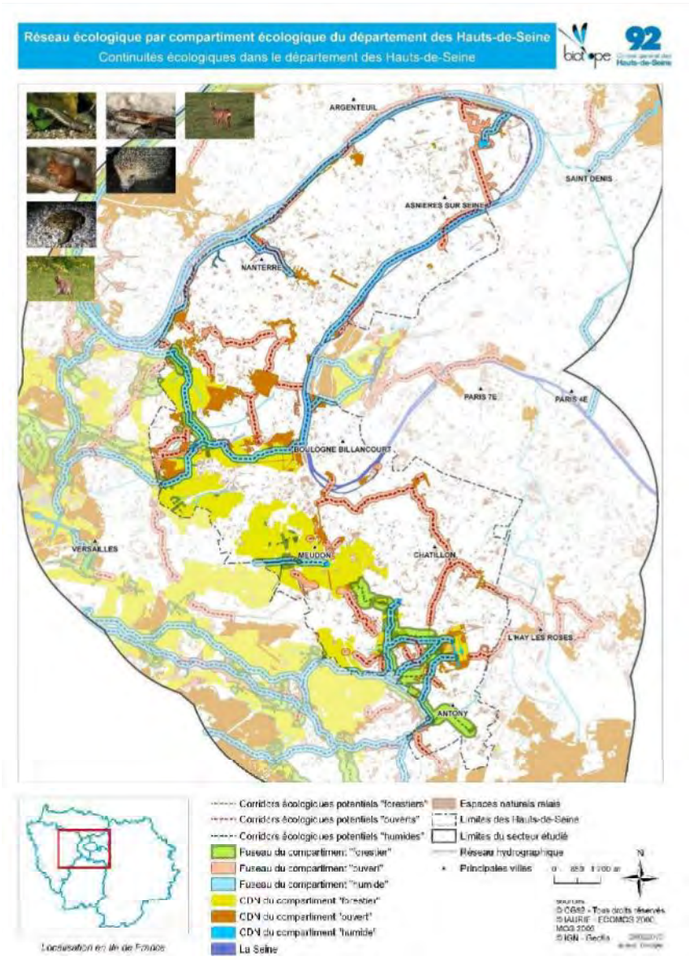
En 2009 - 2010, le Conseil départemental des Hauts-de-Seine a lancé une étude visant à identifier et à caractériser les continuités écologiques du département. Cette étude propose ainsi une analyse plus fine de la fonctionnalité écologique du territoire du département des Hauts-de-Seine en partie concerné par le projet.

L'extrémité est du fuseau d'étude est concernée par ce réseau écologique départemental.

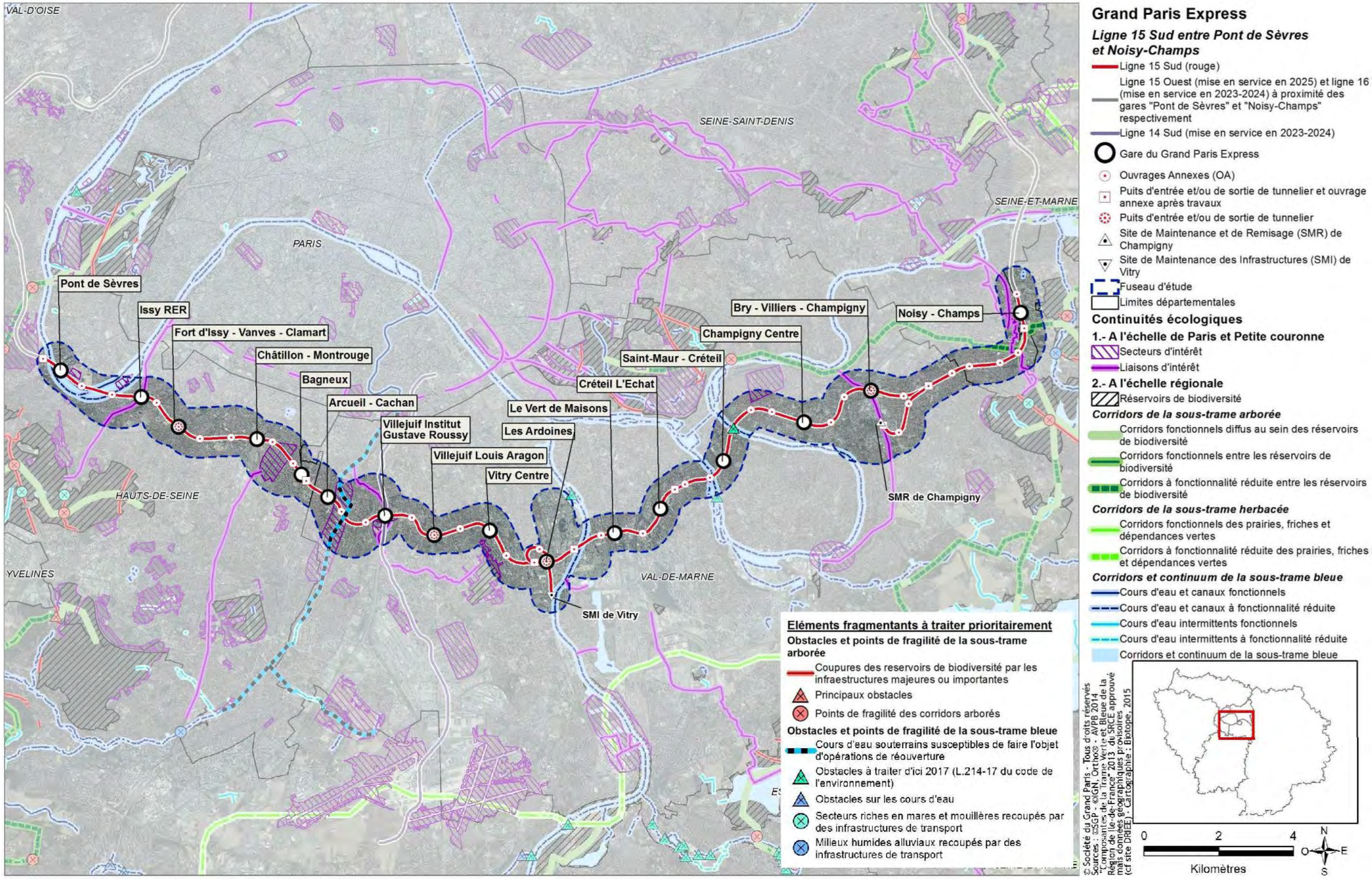
Le fuseau ne comprend pas de cœur de nature d'intérêt majeur ni de cœurs de nature d'intérêt moyen à l'échelle du département des Hauts-de-Seine.

Néanmoins, plusieurs corridors potentiels établissent des connexions entre différents cœurs de nature présents aux abords du fuseau d'étude dont notamment la continuité bleue est assurée par la Seine puisqu'elle est identifiée comme un corridor écologique d'importance nationale à la fois dans la trame aquatique et pour la trame humide. Elle joue un rôle de corridor écologique pour de nombreuses espèces animales et végétales liées ou non au milieu aquatique.

Identification du réseau écologique des Hauts-de-Seine



Trame verte et Bleue des départements de Paris, de la Petite couronne et éléments fragmentants aux abords du fuseau d'étude (SRCE IDF, 2013)



2.13.4 Méthodologie d'identification des zones humides potentielles

L'identification des zones humides potentielles au sein du fuseau d'étude s'appuie sur l'analyse de quatre sources bibliographiques :

- La couche des enveloppes d'alerte Zones humides de la DRIEE Ile-de-France qui date de 2010,
- L'inventaire des zones humides réalisé en 2012-2013 par le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre (SMBVB),
- L'inventaire des zones humides en cours de finalisation par le Syndicat Marne Vive,
- L'ECOMOS[52] de l'IAU IdF de 2014 et des photoaériennes.

2.13.4.1 Zones humides potentielles (Enveloppe d'alerte Zones humides de la DRIEE)

Pour faciliter la préservation des zones humides et leur intégration dans les politiques de l'eau, de la biodiversité et de l'aménagement du territoire à l'échelle de l'Ile-de-France, la DRIEE-Ile-de-France a réalisé une étude visant à consolider la connaissance des secteurs potentiellement humides de la région selon les deux familles de critères mises en avant par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1er octobre 2009 - critères relatifs au sol et critères relatifs à la végétation.

Cette étude a abouti à une cartographie de synthèse qui partitionne l'enveloppe d'alerte en cinq classes, présentées dans le tableau ci-dessous, selon la probabilité de présence d'une zone humide et le caractère de la délimitation qui conduit à cette analyse.

Présentation des classes de l'enveloppe d'alerte de la DRIEE

Classe	Type d'information
Classe 1	Zones humides de façon certaine et dont la délimitation a été réalisée par des diagnostics de terrain selon les critères et la méthodologie[53] décrits dans l'arrêté du 24 juin 2008 modifié du code de l'environnement.
Classe 2	Zones dont le caractère humide ne présente pas de doute mais dont la méthode de délimitation diffère de celle de l'arrêté : - zones identifiées selon les critères de l'arrêté mais dont les limites n'ont pas été calées par des diagnostics de terrain (photo-interprétation), - zones identifiées par des diagnostics terrain mais à l'aide de critères ou d'une méthodologie qui diffère de celle de l'arrêté.
Classe 3	Zones pour lesquelles les informations existantes laissent présager une forte probabilité de présence d'une zone humide, qui reste à vérifier et dont les limites sont à préciser.
Classe 4	L'enveloppe de cette classe est en fait le négatif de la fusion des 4 autres classes: zones en dehors des 4 autres classes. Pour cette raison, la Classe 4 n'est pas représentée dans la carte « ENVELOPPE_ALERTE ».
Classe 5	Zones en eau, ne sont pas considérées comme des zones humides.

L'enveloppe d'alerte de la DRIEE-Île-de-France signale des zones potentiellement humides le long des vallées de la Seine et de la Marne classées dans la catégorie 3 de l'enveloppe d'alerte, c'est-à-dire en forte probabilité de présence de zones humides.

Tous les secteurs à caractère potentiellement humide localisés au sein du fuseau d'étude sont de classe 3.

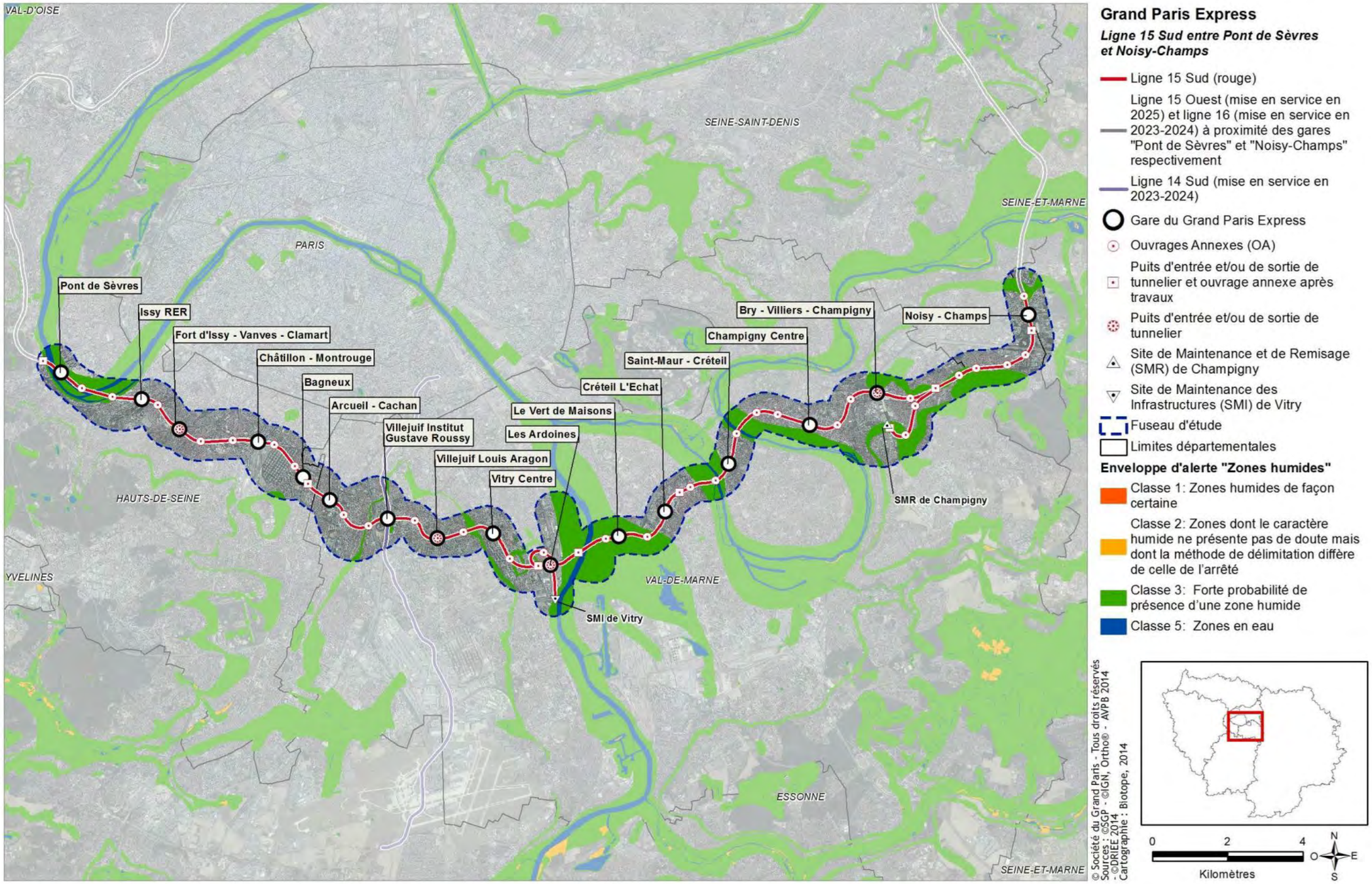
Les surfaces identifiées dans le fuseau d'étude correspondent aux surfaces définies dans le tableau ci-dessous :

Classe de l'enveloppe d'alerte Zones humides	Surface au sein du fuseau
Classe 1 (Humide selon l'arrêté)	0 ha
Classe 2 (Humide)	0 ha
Classe 3 (Potentiellement humide)	1 049 ha
Classe 5 (Non humide)	102 ha

52 Cartographie détaillée des milieux naturels à l'échelle régionale

53 Identification selon deux familles de critères mises en avant par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1er octobre 2009 - critères relatifs au sol et critères relatifs à la végétation.

Localisation des enveloppes d'alertes Zones Humides dans le fuseau d'étude (source : DRIEE, 2010)



2.13.4.2 Inventaire des zones humides du SAGE de la Bièvre

Le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre (SMBVB) a réalisé sur 2012-2013 un inventaire des zones humides du bassin versant de la Bièvre[54]. Cette étude a recensé plusieurs zones humides au niveau du fuseau d'étude. Elle vient à la fois confirmer certaines enveloppes d'alerte de la DRIEE et compléter le recensement des zones humides du secteur. Les principales conclusions de l'étude à l'échelle du fuseau d'étude sont les suivantes :

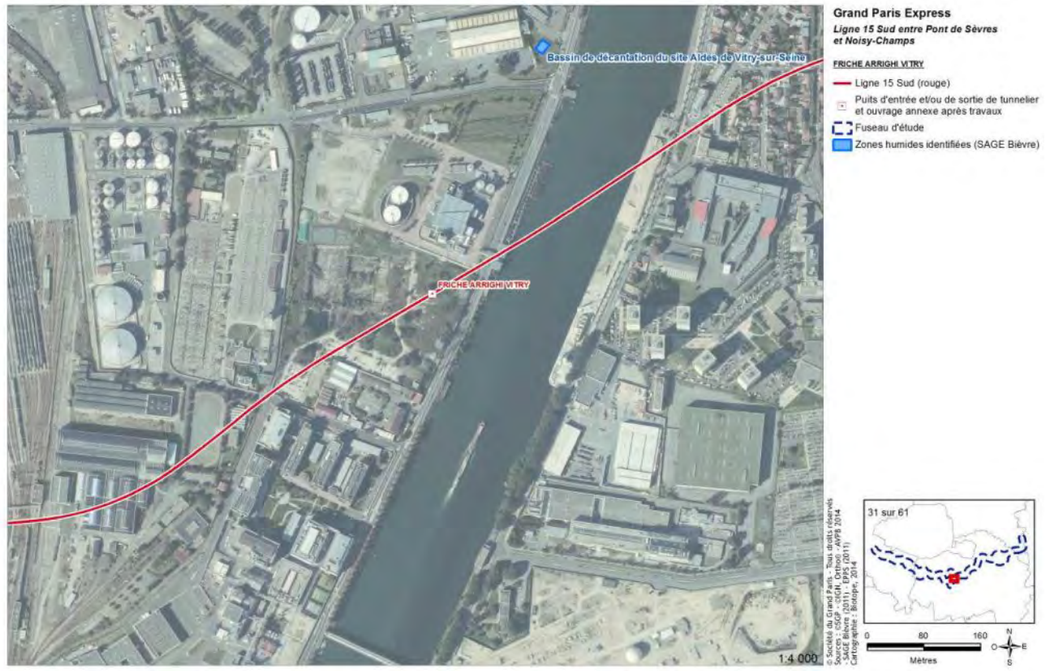
- La commune de Saint-Maur-des-Fossés regroupe plusieurs entités en bord de Marne où des expertises d'identification de zones humides ont été réalisées. Le boisement alluvial de l'Ile Brise-Pain a été identifiée comme humide. Toutefois, aucun secteur d'aménagement de la Ligne 15 Sud n'est directement concerné par cette zone humide.
- La commune de Villejuif regroupe 8 entités[55]. Une seule entité est identifiée comme humide. Il s'agit de la rigole de la redoute des Hautes Bruyères, constituée d'une roselière à saussaie marécageuse installée au niveau d'un fossé. Cette zone humide présente des fonctions hydrauliques et épuratrices mais également d'accueil de la faune (Alyte accoucheur). Cette entité est présente à proximité du secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy.
- La commune de Vitry-sur-Seine regroupe 5 entités qui ont fait l'objet d'expertises pour identifier la présence de zones humides. La seule zone identifiée comme humide par le critère végétation concerne le bassin de décantation du secteur d'aménagement de Vitry-sur-Seine où des communautés amphibies pérennes septentrionales sont repérées. Cette dernière entité est présente à proximité immédiate du secteur d'aménagement de la Friche Arrighi.



Rigole de la Redoute des Hautes Bruyères – source : Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre, BIOTOPE, avril 2013



Zone humide à proximité du secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif IGR - Rigole de la redoute des Hautes Bruyères (source : SMBVB)



Zone humide à proximité du secteur d'aménagement de la friche Arrichi - Bassin de décantation (source : SMBVB)

54 Identification selon deux familles de critères mises en avant par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1er octobre 2009 - critères relatifs au sol et critères relatifs à la végétation.

55 Entité : Secteur délimité par l'inventaire des zones humides sur les SAGEs Marne Confluence et Bièvre

2.13.4.3 Inventaire des zones humides du SAGE Marne Confluence

Dans le cadre de l'élaboration du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Marne Confluence, le Syndicat Marne Vive réalise, pour le compte de la Commission Locale de l'Eau (CLE), une étude d'inventaire des zones humides sur les 52 communes de son territoire. Les principales conclusions de l'étude à l'échelle du fuseau d'étude sont focalisées sur les communes de Noisy-le Grand et Champs-sur-Marne, où plusieurs petites entités ont été identifiées comme zones humides. Il s'agit des mares à proximité de la gare de Noisy-Champs.

Ainsi, les résultats de l'inventaire des zones humides sur le périmètre du SAGE confirment la présence de zones humides à proximité du secteur d'aménagement de Noisy-Champs, déjà concernées partiellement par l'enveloppe d'alerte de Classe 3.

2.13.4.4 Précisions apportées par l'utilisation de l'ECOMOS et la photo-interprétation

En complément de l'analyse de l'enveloppe d'alerte de la DRIEE et des données bibliographiques disponibles, l'ensemble des secteurs d'aménagement concernés par des ouvrages émergents du projet ont à la fois été caractérisés par l'ECOMOS (2008) et ont fait l'objet d'une photo-interprétation afin d'identifier les secteurs où des prospections de terrain par un botaniste s'avéraient nécessaires au vu des présomptions de présence de zones humides.

Les secteurs d'aménagement suivants, ont été retenues pour l'expertise de terrain car présentant des habitats naturels potentiellement humides sur la base de la photointerprétation et de l'ECOMOS :

- Gare de Bry-Villiers-Champigny,
- Gare des Ardoines,
- Gare d'Arcueil-Cachan,
- Gare de Bagneux,
- Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Il s'agit principalement de secteurs composés d'habitats en friche, de prairie, de boisement ou de bassin.

2.13.5 Synthèse des secteurs d'aménagement identifiés à enjeux pour la thématique « zones humides »

Les secteurs d'aménagement pouvant être concernés par des zones humides sur la base des données bibliographiques utilisées sont listés ci-dessous. Sur l'ensemble des 27 secteurs d'aménagement concerné, le maître d'ouvrage a engagé une délimitation réglementaire des zones humides.

Secteur d'aménagement au sein de la Classe 3 de l'enveloppe d'alerte Zones humides
Ouvrage annexe Ile de Monsieur
Gare de Pont de Sèvres
Ouvrage annexe ZAC SAEM
Ouvrage annexe Place de la Résistance
Ouvrage annexe Entrée rue Louis Marchandise et Ave. Albert Thomas
Ouvrage annexe Centre Technique Municipal
Ouvrage annexe Rue Gabriel Péri
SMI de Vitry
Ouvrage annexe Friche Arrighi
Ouvrage annexe Rue de Rome
Gare Le vert de Maisons
Ouvrage annexe Université Créteil
Ouvrage annexe Rue du Port de Créteil
Ouvrage annexe Impasse de l'Abbaye
SMR de Champigny
Ouvrage annexe puits d'entrée de tunnelier (Parc du Plateau à Champigny)
Ouvrage annexe Avenue Maurice Thorez
Ouvrage annexe Sentier des Marins
Ouvrage annexe Rue Mozart
Ouvrage annexe Avenue Médéric
Gare de Noisy-Champs et ouvrages annexes associés (OA 0802P – OA 0801P)
Secteur d'aménagement à enjeux identifiés dans le cadre de l'inventaire des zones humides du SAGE de la Bièvre et du SAGE Marne-Confluence
Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy (Bassin de décantation du site Aides de Vitry sur Seine = 205 m² de zones humides)
Friche Arrighi (Rigole de la redoute des Hautes Bruyères = 267m² de zones humides)
Secteur d'aménagement à enjeux (photointerprétation et ECOMOS)
Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart
Gare de Bagneux
Gare Arcueil-Cachan
Gare des Ardoines
Gare de Bry-Villiers-Champigny

2.13.6 Méthode de délimitation réglementaire appliquée sur les secteurs d'aménagement des ouvrages émergents

La méthodologie de délimitation des zones humides propose l'utilisation du critère « Habitat » puis l'utilisation du critère « Sol ».

2.13.6.1 Critère « habitats naturels »

Les expertises « habitats naturels » se sont focalisées sur les secteurs d'aménagements à enjeux identifiés dans la partie précédente. Les habitats rencontrés dans ces zones ont été cartographiés à l'échelle du 1/5000. Pour la cartographie finale, chaque habitat ou groupe d'habitats est nommé et codé selon la nomenclature CORINE Biotopes. Dans plusieurs cas et afin de ne pas multiplier inutilement les prospections pédologiques dans des habitats classés Pro parte (potentiellement humide) dans la nomenclature CORINE Biotopes, mais pouvant être raccrochés à des habitats humides selon la nomenclature du prodrome[56] des végétations de France, les expertises sont allés au-delà de l'arrêté de 2008.

Dans le cas des végétations aquatiques classées Pro parte ou non concernées (mentionnées) dans l'arrêté 2008 modifié en 2009 , les communautés strictement aquatiques ont un statut particulier dans l'arrêté. Elles sont soit non concernés, soit inscrites comme Pro parte (potentiellement humide). Le critère pédologique n'étant pas discriminant sur ces habitats, et par souci de simplification, deux choix ont été appliqués :

- Les communautés flottantes librement à la surface de l'eau de la classe des Lemnetea (communautés de lentilles d'eau pour partie), lorsqu'elles étaient représentatives au sein d'un milieu aquatique stagnant fermé (mare, plan d'eau) ont été considérées comme habitats humides,
- Les végétations aquatiques enracinées immergées ou émergées, en milieu stagnant ou en zone de hauts fonds en cours d'eau, lorsque ces groupements ont été observés sur des surfaces significatives (herbiers denses à moyennement denses), ont été considérées comme habitats non humides.

Ainsi, après échange avec l'ONEMA, les milieux aquatiques avec présence d'hélophytes en lit mineur de la Seine n'ont pas été considérées comme habitat humide. Ces habitats sont considérés comme des zones de frayères.

Les mares sans végétation aquatique sont considérées du point de vue des habitats comme Pro parte. Dans ce cas :

- Si la mare est en eau constamment, elle est considérée comme non humide par la réglementation,
- Si la mare est asséchée, des sondages pédologiques sont nécessaires pour déterminer la présence réglementaire de zone humide sur ce critère.

Les cours d'eau sans végétation et sans substrats exondés (bancs de sables, dépôts d'alluvions fluviatiles, etc.) sont considérés comme Pro parte par l'arrêté 2008 modifié en 2009.

Le critère pédologique étant non discriminant pour cet habitat, cette classe a été considérée comme non humide.

Les habitats anthropiques non imperméabilisés : l'aire d'étude étant fortement urbanisée, de nombreuses zones prospectées correspondent à des végétations anthropiques (pelouses de parcs fréquemment tondues, plantations d'arbres, jardins potagers, etc.). Ces habitats anthropiques ne sont pour la plupart pas mentionnés dans l'arrêté. L'intensité de l'action humaine au sein de ces formations végétales empêche bien souvent la flore spontanée de s'exprimer. Ainsi, la végétation ne peut pas constituer un bon indicateur pour la délimitation des zones humides. Dans de tel cas, l'arrêté précise qu'il faut recourir à la pédologie pour statuer sur le caractère humide ou non humide de la zone. Or, compte-tenu de l'étendue de ces végétations anthropiques au sein de l'aire d'étude, il n'était pas envisageable d'effectuer des sondages pédologiques systématiquement. La pédologie n'a donc été utilisée que lorsque divers indices (zones non imperméabilisées) permettent d'envisager des sondages jusqu'à 1,20 m (arrêté du 24 juin 2008 modifié le 1er octobre 2009). Dans ce cas, les habitats naturels sont considérés comme « non concernés » et font l'objet de sondages pédologiques.

Dans le cas inverse, les habitats sont nommés « imperméabilisés » et ces secteurs sont déclarés non humides.

Les mosaïques de milieux : il est également important de noter que dans le cas d'une mosaïque d'habitats, l'ordre des intitulés présente l'importance de chaque habitat sur la parcelle concernée, l'habitat dominant étant le premier cité.

Mosaïque d'habitats humides à grandes herbes © BIOTOPE



2.13.6.2 Critère « pédologique »

L'annexe 1 de l'arrêté du 1er octobre 2009 modifiant l'arrêté du 24 juin 2008 présente les méthodes de terrain pour la délimitation des zones humides selon des critères pédologiques ainsi que la liste des sols caractéristiques des zones humides.

Cette méthode d'inventaire est appliquée sur les habitats Pro parte (potentiellement humide) et « non concernés » déterminés précédemment selon la cartographie des habitats. Toutefois, ces sondages ne sont pas systématiques, ils concernent les parcelles dont la position topographique laisse présumer de la présence d'une zone humide dégradée sans végétation caractéristique et non imperméabilisée. Ainsi, le nombre, la répartition et la localisation précise de ces points varient selon la taille et l'hétérogénéité de la topographie du secteur d'aménagement, avec un sondage par secteur homogène du point de vue des conditions du milieu naturel.

Les sondages pédologiques sont réalisés à l'aide d'une tarière manuelle. Les relevés sont effectués jusqu'à 120 cm dans la mesure du possible. Seuls certains prélèvements dont le caractère humide, ou la présence de la nappe, était avéré dans les 80 premiers centimètres ne subissent pas de

56 Ouvrage qui regroupe l'ensemble des communautés végétales de France qui s'appuie sur le critère phytosociologique (Etude des communautés végétales)

carottage plus profond. Selon l'arrêté du 1er octobre 2009, les sols de zones humides se répartissent en 3 grandes catégories :

- Les histosols : ils sont gorgés d'eau en permanence ce qui provoque l'accumulation de matières organiques peu ou pas décomposées. Ces sols correspondent aux classes d'hydromorphie H du GEPPA modifié,

- Les réductisols : ils sont gorgés d'eau de façon permanente mais à faible profondeur (traits réductiques débutant à moins de 50 centimètres de profondeur dans le sol). Ces sols correspondent aux classes VI (c et d) du GEPPA[57],

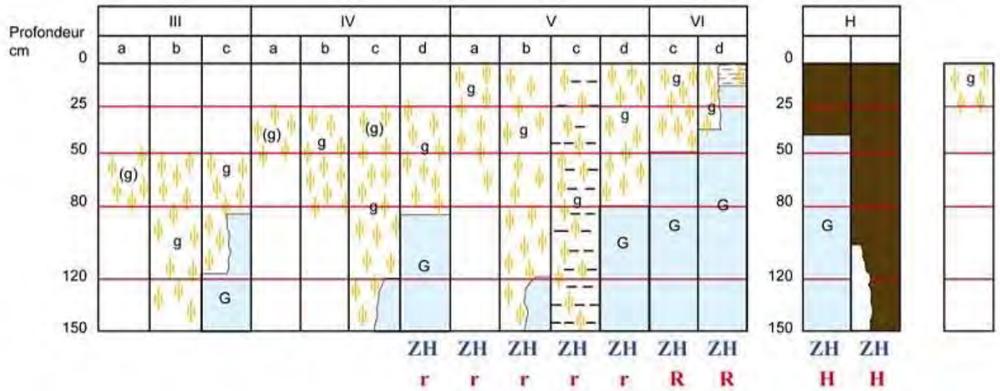
- Les autres sols : ils sont caractérisés par :

    - o Des traits rédoxiques débutant à moins de 25 centimètres du sol et se prolongeant en profondeur. Ces sols correspondent aux classes V (a, b, c et d) du GEPPA,

    - o Des traits rédoxiques débutant à moins de 50 centimètres s'intensifiant plus en profondeur et des traits réductiques entre 80 et 120 centimètres. Ces sols correspondent à la classe IVd du GEPPA.

A chaque sondage réalisé sur le terrain, une fiche est remplie avec les indications sur les conditions mésologiques, ainsi qu'un tableau présentant les profondeurs, la nature de l'hydromorphie rencontrée et les catégories GEPPA.

Ensuite, le type de sol est déterminé en fonction du schéma suivant, issu de l'Annexe IV de la circulaire de janvier 2010 : « Illustration des caractéristiques des sols de zones humides ».



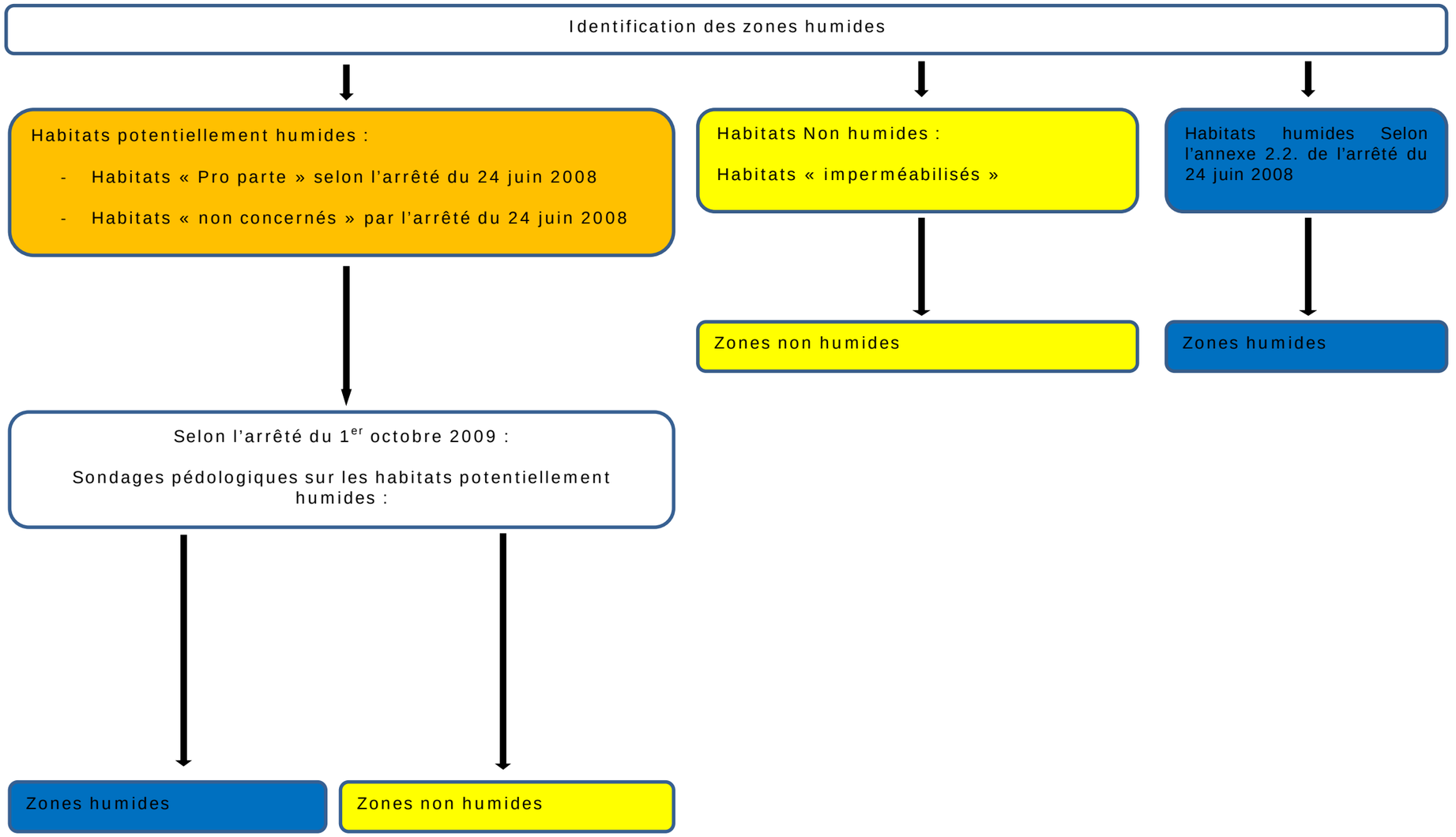
Morphologie des sols correspondant à des "zones humides" (ZH)

(g) caractère rédoxique peu marqué (pseudogley peu marqué)
g caractère rédoxique marqué (pseudogley marqué)
G horizon réductique (gley)
H Histosols R Réductisols
r Rédoxisols (rattachements simples et rattachements doubles)

d'après Classes d'hydromorphie du Groupe d'Étude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981)

57 Groupe d'Etude des Problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA)

Méthodologie de délimitation réglementaire des zones humides sur les secteurs d'aménagements concernés



2.13.7 Résultats de la délimitation sur le critère « habitats naturels »

2.13.7.1 Présentation des inventaires réalisés

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, les expertises concernant les habitats naturels se sont déroulées entre 2013 et 2014. A l'issue de ces campagnes, 16 jours ont été dédiés à l'identification des zones humides sur les 27 secteurs d'aménagements à enjeux concernés.

Dates de prospection des secteurs d'aménagements concernés pour les expertises habitats naturels

Date	Secteur d'aménagement
03/07/2013	Gare de Noisy-Champs et Parc de la Butte verte
26/09/2013 au 29/09/2013	SMR de Champigny
17/06/2014	Ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur Gare de Pont de Sèvres
18/06/2014	Secteur d'aménagement de la gare de Bagneux
19/06/2014	Gare de Villejuif IGR (Parc départemental des Hautes Bruyeres)
24/06/2014	Gare de Noisy-Champs Gare de Bry-Villiers-Champigny SMR de Champigny Parc du Plateau à Champigny
25/06/2014	Gare Le vert de Maisons Ouvrage annexe de l'Entrée rue Louis Marchandise et Ave. Albert Thomas
02/07/2014	Gare de Noisy-Champs et Parc de la Butte verte
03/07/2014	Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart
07/07/2014	Ouvrage annexe de la Friche Arrighi
09/07/2014	Gare d'Arcueil-Cachan
02/10/2014 au 03/10/2014	Ouvrage annexe ZAC SAEM Ouvrage annexe Place de la Résistance Ouvrage annexe Rue Gabriel Péri Ouvrage annexe Centre Technique Municipal Gare de Bagneux Gare des Ardoines SMI de Vitry Ouvrage annexe Rue de Rome Ouvrage annexe Université de Créteil Ouvrage annexe Rue du Port de Créteil Ouvrage annexe de l'Impasse de l'Abbaye Ouvrage annexe Avenue Maurice Thorez Ouvrage annexe Sentier des Marins Ouvrage annexe Rue Mozart Ouvrage annexe Avenue Médéric

2.13.7.2 Présentation des résultats d'inventaire

Sur les 27 secteurs d'aménagements concernés, les habitats naturels observés ont été déclarés selon l'arrêté de juin 2008 modifié en 2009, comme :

- Humides,
- Potentiellement humides (Pro parte – potentiellement humide - et non concerné par la liste de l'arrêté de 2008 modifié en 2009),
- Non humides (imperméabilisé et eau douce sans végétation aquatique ou végétation aquatique peu représentative).

NB : un secteur d'aménagement peut être composé de plusieurs habitats naturels.

Surfaces des habitats humides, potentiellement humides et non humides sur les secteurs d'aménagements concernés

Secteur d'aménagement	Code Corine Biotope	Habitat naturel	Surface (m²)	Surface (ha)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
Ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur	22.43 x 22.42	Végétation enracinée flottante et végétation enracinée immergée	108	0,01	Non humide	Non humide
	22.42 x 22.43	Végétation enracinée flottante et végétation enracinée immergée clairsemée	228	0,02	Non humide	Non humide
	84.3	Boisement rudéral	252,99	0,03	Pro parte	Potentiellement humide
	22.1	Eau douce courante	35,51	0,00	Non humide	Non humide
	38.2 x 31.8	Friche prairiale et fourré	349,78	0,03	Pro parte	Potentiellement humide
	86 x 85.1 x 85.2	Habitat anthropique, parc et jardin	14,08	0,00	Imperméabilisé et Non concerné	Non humide
	86	Habitat anthropique	468,42	0,05	Imperméabilisé	Non humide
	84.43	Emprise de transport ferré	135,17	0,01	Imperméabilisé	Non humide
	86.1	Emprise routière	17,07	0,00	Imperméabilisé	Non humide
	87.1 x 38.2	Friche prairiale	737,01	0,07	Pro parte	Potentiellement humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	5650,33	0,57	Non concerné	Potentiellement humide
Gare de Pont de Sèvres	84.1	Alignement d'arbres	3044,41	0,30	Pro parte	Potentiellement humide
	84.3	Boisement rudéral	1721,95	0,17	Pro parte	Potentiellement humide
	86.1	Emprise routière	8749,43	0,87	Imperméabilisé	Non humide
	86	Habitat anthropique	1326	0,13	Imperméabilisé	Non humide
	22.1	Eau douce courante	3025,67	0,30	Non humide	Non humide
	22.43 x 22.42	Végétation enracinée flottante et végétation enracinée immergée	302,11	0,03	Non humide	Non humide
	22.42 x 22.43	Végétation enracinée flottante et végétation enracinée immergée clairsemée	499,84	0,05	Non humide	Non humide
Ouvrage annexe ZAC SAEM	84.1	Alignement d'arbres	60,08	0,01	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	3256,9	0,33	Imperméabilisé	Non humide

Secteur d'aménagement	Code Corine Biotope	Habitat naturel	Surface (m²)	Surface (ha)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
Ouvrage annexe Place de la Résistance	22.1	Eau douce courante	22,94	0,00	Non humide	Non humide
	86.1	Emprise routière	2550,39	0,26	Imperméabilisé	Non humide
	84.1	Alignement d'arbres	50,24	0,01	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	597,86	0,06	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche	2,57	0,00	Pro parte	Potentiellement humide
Gare de Fort d'Issy - Vanves - Clamart	86.1	Emprise routière	893,01	0,09	Imperméabilisé	Non humide
	31.8	Fourré	1,67	0,00	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1 x 84.3	Friche et boisement rudéral	2452,69	0,25	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1 x 31.8	Friche et fourré	2317,58	0,23	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	9751,31	0,98	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche	1010,88	0,10	Pro parte	Potentiellement humide
	84.43	Emprise de transport ferré	3711,52	0,37	Imperméabilisé	Non humide
	87.1 x 38.2	Friche prairiale	5396,22	0,54	Pro parte	Potentiellement humide
Gare de Bagneux	86.1	Emprise routière	1405,3	0,14	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche	1258,27	0,13	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	9688,48	0,97	Imperméabilisé	Non humide
Gare Arcueil-Cachan	84.1	Alignement d'arbres	849,91	0,08	Pro parte	Potentiellement humide
	84.43	Emprise de transport ferré	2054,45	0,21	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche	624,06	0,06	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	9709,2	0,97	Imperméabilisé	Non humide

Secteur d'aménagement	Code Corine Biotope	Habitat naturel	Surface (m²)	Surface (ha)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy (tableau n'incluant pas les zones humides déjà identifiées dans le cadre de l'inventaire zone humide du SAGE de la Bièvre. La rigole de la Redoute des Hautes Bruyères est considérée comme humide sur 267m²)	87.1	Friche	16476,37	1,65	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1 x 84.3	Friche et boisement rudéral	2147,39	0,21	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	265,42	0,03	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	6336,6	0,63	Non concerné	Potentiellement humide
Ouvrage annexe Rue Louis Marchandise et Avenue Albert Thomas	84.1	Alignement d'arbres	1311,05	0,13	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	952,96	0,10	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	1,67	0,00	Non concerné	Potentiellement humide
Ouvrage annexe Centre technique municipal	86	Habitat anthropique	7011,9	0,70	Imperméabilisé	Non humide
	84.1	Alignement d'arbres	507,97	0,05	Pro parte	Potentiellement humide
Ouvrage annexe Rue Gabriel Péri	85.32	Jardin familiaux	172,54	0,02	Non concerné	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	1304,2	0,13	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	220,58	0,02	Non concerné	Potentiellement humide
Gare Les Ardoines	84.43	Emprise de transport ferré	1365,09	0,14	Imperméabilisé	Non humide
	86	Habitat anthropique	462,38	0,05	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche	22839,84	2,28	Pro parte	Potentiellement humide
SMI de Vitry	84.43	Emprise de transport ferré	8246,34	0,82	Imperméabilisé	Non humide
	86.1	Emprise routière	201,78	0,02	Imperméabilisé	Non humide
	84.1	Alignement d'arbres	513,53	0,05	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1	Friche	24100,54	2,41	Pro parte	Potentiellement humide
	31.8	Fourré de Buddléias	2091,21	0,21	Pro parte	Potentiellement humide

Secteur d'aménagement	Code Corine Biotope	Habitat naturel	Surface (m²)	Surface (ha)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
Ouvrage annexe Friche Arrighi (tableau n'incluant pas les zones humides déjà identifiées dans le cadre de l'inventaire zone humide du SAGE de la Bièvre. Le bassin de décantation du site Aldes de Vitry sur Seine est considérée comme humide sur 205m²)	24.1 x 22.41	Végétation flottant librement	55	0,01	Non humide	Non humide
	22.42 x 22.43	Végétation enracinée flottante et végétation enracinée immergée clairsemée	382	0,04	Non humide	Non humide
	86 x 31.8	Habitat anthropique et fourré	4784,99	0,48	Imperméabilisé et Pro parte	Non humide
	84.3	Boisement rudéral	739,34	0,07	Pro parte	Potentiellement humide
	84.3 x 31.8	Boisement rudéral et fourré	5015,38	0,50	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1 x 31.8	Friche et fourré	5525,28	0,55	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	8890,62	0,89	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche pionnière sèche	4512,45	0,45	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1 x 34.1	Friche et pelouse pionnière sèche	10529,51	1,05	Pro parte	Potentiellement humide
	31.8	Fourré de Buddléias	1654,38	0,17	Pro parte	Potentiellement humide
	31.8	Fourré	697,78	0,07	Pro parte	Potentiellement humide
	86.1	Emprise routière	1,22	0,00	Imperméabilisé	Non humide
Ouvrage annexe Rue de Rome	86	Habitat anthropique	1161,84	0,12	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	727,61	0,07	Non concerné	Potentiellement humide
Gare Le Vert de Maisons	84.3	Boisement rudéral	243,49	0,02	Pro parte	Potentiellement humide
	84.43	Emprise de transport ferré	83,02	0,01	Imperméabilisé	Non humide
	87.1	Friche	671,99	0,07	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	4564,34	0,46	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	976,61	0,10	Non concerné	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	2098,14	0,21	Imperméabilisé	Non humide
Ouvrage annexe Université de Créteil	86.1	Emprise routière	683,67	0,07	Imperméabilisé	Non humide

Secteur d'aménagement	Code Corine Biotope	Habitat naturel	Surface (m²)	Surface (ha)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
Ouvrage annexe Rue du Port	86	Habitat anthropique	330,15	0,03	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	688,06	0,07	Non concerné	Potentiellement humide
Ouvrage annexe Impasse de l'Abbaye	86	Habitat anthropique	563,74	0,06	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	960,12	0,10	Non concerné	Potentiellement humide
Gare Bry-Villiers-Champigny	87.1 x 84.3	Friche et boisement rudéral	8456,2	0,85	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1 x 31.8	Friche et fourré	1245,85	0,12	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	6355,37	0,64	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	270,95	0,03	Non concerné	Potentiellement humide
	87.1	Friche	0,93	0,00	Pro parte	Potentiellement humide
SMR de Champigny	84.3	Boisement rudéral	10174,18	1,02	Pro parte	Potentiellement humide
	85.32	Jardin familiaux	1897,86	0,19	Non concerné	Potentiellement humide
	86.1	Emprise routière	5497,26	0,55	Imperméabilisé	Non humide
	87.1 x 31.8	Friche et fourré	6885,04	0,69	Pro parte	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	58751,53	5,88	Imperméabilisé	Non humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	12525,74	1,25	Non concerné	Potentiellement humide
	87.1	Friche	20,44	0,00	Pro parte	Potentiellement humide
Puits d'entrée du Tunnelier (Parc du Plateau de Champigny)	85.1 x 85.2	Parc et jardin	4528,75	0,45	Non concerné	Potentiellement humide
	85.32	Jardin familiaux	945,29	0,09	Non concerné	Potentiellement humide
	86.1	Emprise routière	11,98	0,00	Imperméabilisé	Non humide
Ouvrage annexe Avenue Maurice Thorez	84.1	Alignement d'arbres	1963,79	0,20	Pro parte	Potentiellement humide
Ouvrage annexe Sentier des Marins	84.43	Emprise de transport ferré	3811,7	0,38	Imperméabilisé	Non humide
	87.1 x 84.3	Friche et boisement rudéral	461,04	0,05	Pro parte	Potentiellement humide

Secteur d'aménagement	Code Corine Biotope	Habitat naturel	Surface (m²)	Surface (ha)	Correspondance avec l'arrêté du 24 juin 2008	Zones humides sur le critère "habitats naturels"
	86	Habitat anthropique	158,31	0,02	Imperméabilisé	Non humide
	87.1 x 31.8	Friche et fourré	17,62	0,00	Pro parte	Potentiellement humide
	87.1	Friche	475,67	0,05	Pro parte	Potentiellement humide
Ouvrage annexe Rue Mozart	85.1 x 85.2	Parc et jardin	623,96	0,06	Non concerné	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	1147,92	0,11	Imperméabilisé	Non humide
Ouvrage annexe Avenue Mederic	86	Habitat anthropique	1917,78	0,19	Imperméabilisé	Non humide
	84.1	Alignement d'arbres	166,4	0,02	Pro parte	Potentiellement humide
Gare de Noisy - Champs	41.2	Boisement neutrophile à acidicline	53892,4	5,39	Pro parte	Potentiellement humide
	84.3	Boisement rudéral	6710,09	0,67	Pro parte	Potentiellement humide
	31.8	Fourré	0,05	0,00	Pro parte	Potentiellement humide
	22.1 x 22.411	Mares (végétation aquatique)	599,13	0,06	Humide	Humide
	84.43	Emprise de transport ferré	857,17	0,09	Imperméabilisé	Non humide
	86.1	Emprise routière	7023,71	0,70	Imperméabilisé	Non humide
	22.1	Mare	156,45	0,02	Pro parte	Potentiellement humide
	85.1 x 85.2	Parc et jardin	5355,47	0,54	Non concerné	Potentiellement humide
	86	Habitat anthropique	3511,15	0,35	Imperméabilisé	Non humide

2.13.7.3 Description des habitats naturels

La bibliographie sur l'occupation du sol donne une indication sur le type de milieu rencontré. Les expertises terrain viennent préciser les habitats, leur état de conservation, leur dynamique végétale ainsi que leur vulnérabilité. Les habitats observés sont décrits ci-après.

a. Friches prairiales et friches - Code Corine Biotope : 87.1 et 87.1 x 38.2 (Pro parte)

L'habitat de friche se retrouve sur les zones perturbées, parfois en cours de fermeture il est alors en mosaïque avec des fourrés ou des boisements pionniers. Il est constitué soit du cortège des friches vivaces des Artemisietea avec des espèces telles que l'Armoise commune (Artemisia vulgaris), la Picride fausse-épervière (Picris hieracioides), le Millepertuis perforé (Hypericum perforatum), le Mélilot blanc (Melilotus albus), etc. soit du cortège des friches annuelles avec des espèces comme le Coquelicot (Papaver rhoeas), le Séneçon commun (Senecio vulgaris)…

Sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy (Parc départemental des Hautes Bruyères), les friches prairiales sont dominées par les Graminées (le Fromental élevé, le Dactyle aggloméré, le Calamagrostis commun…) avec des espèces telles que la Coronille bigarrée (Securigera varia), la Carotte sauvage (Daucus carota), le Salsifis des prés (Tragopogon pratensis)… C'est aussi le seul secteur d'aménagement à présenter des prairies mésophiles avec du Fromental élevé (Arrhenatherum elatius), des Dicotylédones à floraison colorée comme la Mauve musquée (Malva moschata) ou le Trèfle des prés (Trifolium pratense), des orchidées comme l'Orchis bouc (Himantoglossum hircinum)… Cependant, dans le contexte actuel, ce milieu n'est pas suffisamment caractérisé pour être d'intérêt communautaire.



Friche sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy © Biotope 2014



Prairie mésophile sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy © Biotope 2014

b. Parcs et espaces verts / pelouses - Code Corine Biotopes : 85.1 et 85.2 (Non concerné par l'arrêté du 24 juin 2008 modifié en 2009)

Il s'agit soit de grands parcs arborés, plantés d'essences diverses (indigènes et non indigènes), avec pelouses tondues régulièrement, comme c'est le cas du Parc Henri Barbusse à Issy ou du Parc Raspail à Cachan ; soit de petits squares citadins avec quelques arbres et des massifs horticoles à but ornemental comme le square du Général de Gaulle à Cachan ou le Square Malleret-Joinville à Malakoff, ou encore d'espaces verts faisant partie d'ensembles d'immeubles et se limitant à une pelouse avec quelques arbres de diverses essences.

Ce milieu, très entretenu, laisse très peu de place à la végétation spontanée, et est donc d'un intérêt floristique faible. Il peut néanmoins avoir un intérêt pour la faune dans le cas de vieux arbres ou de boisements plus caractérisés ; voire un intérêt botanique dans le sens d'essences remarquables ou d'individus remarquables comme c'est le cas dans le Parc du Coteau de Vitry-sur-Seine.

c. Roselières et végétations aquatiques (Humide) / Mares asséchées sans végétation aquatique (Pro parte)

Cet habitat est représenté par deux mares qui se situent sur le secteur d'aménagement de Noisy-Champs (Parc de la Butte Verte). Ces mares présentent une ceinture discontinue de Roselière avec des espèces telles que le Jonc des chaisiers (Schoenoplectus lacustris), le Rubanier dressé (Sparganium erectum), le Rorippe amphibie (Rorippa amphibia), l'Iris des marais (Iris pseudacorus), la Salicaire (Lythrum salicaria)…Sur ces mares se développe également une végétation flottante, plantée dans le cas de la première mare avec des Nénuphars (Nymphaea sp.) et quelques petites Lentilles d'eau sur la deuxième mare.

La mare située la plus au Sud apparaît plus « naturelle » avec une végétation rivulaire de quelques Saules blancs (Salix alba) et une végétation herbacée plus fournie.

Dans la mare au Nord du Parc de la Butte Verte une population importante et monospécifique d'Utriculaire citrine (Utricularia australis) s'est constituée, espèce protégée au niveau régional.



Mare en eau située au nord de la ZNIEFF de type 1 « Mares et boisements de la butte verte » © Biotope 2011.



Mare à sec située au sud de la ZNIEFF de type 1 « Mares et boisements de la butte verte » © Biotope 2011.

d. Berges et milieux aquatiques (Habitat aquatique de faible profondeur – non humide)

Au niveau de la zone d'étude, les repérages de terrain ont permis de mettre en évidence des berges de la Seine et de la Marne très artificialisées (berges bétonnées, en palplanche, présence d'ancrage pour les péniches…). Elles présentent des enjeux faibles pour la flore mais moyens à forts de manière localisée pour la faune piscicole.

La majorité des berges se caractérise par des berges bétonnées raides, couplées à des palplanches métalliques ou des enrochements liés. Malgré des berges à caractère anthropique sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur, la constitution d'un fond formé de bloc, graviers combinée à la présence importante d'herbiers aquatiques font de ces berges des milieux de reproduction, de nourrissage et de refuge intéressant pour la faune piscicole en place, de manière localisée. Ils sont également considérés comme des habitats non humides.

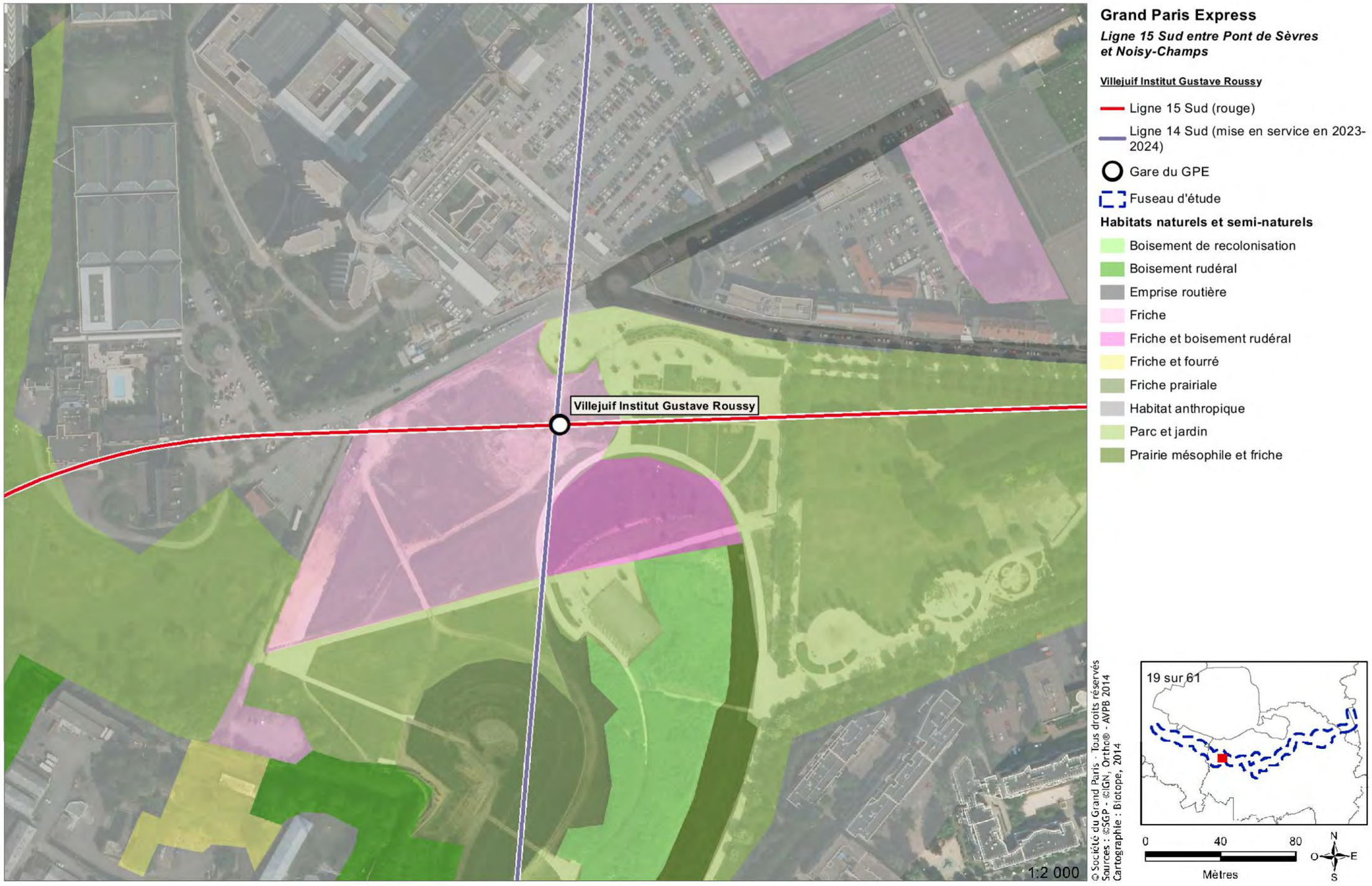


Végétation aquatique des eaux peu profondes et enracinés © Biotope 2014

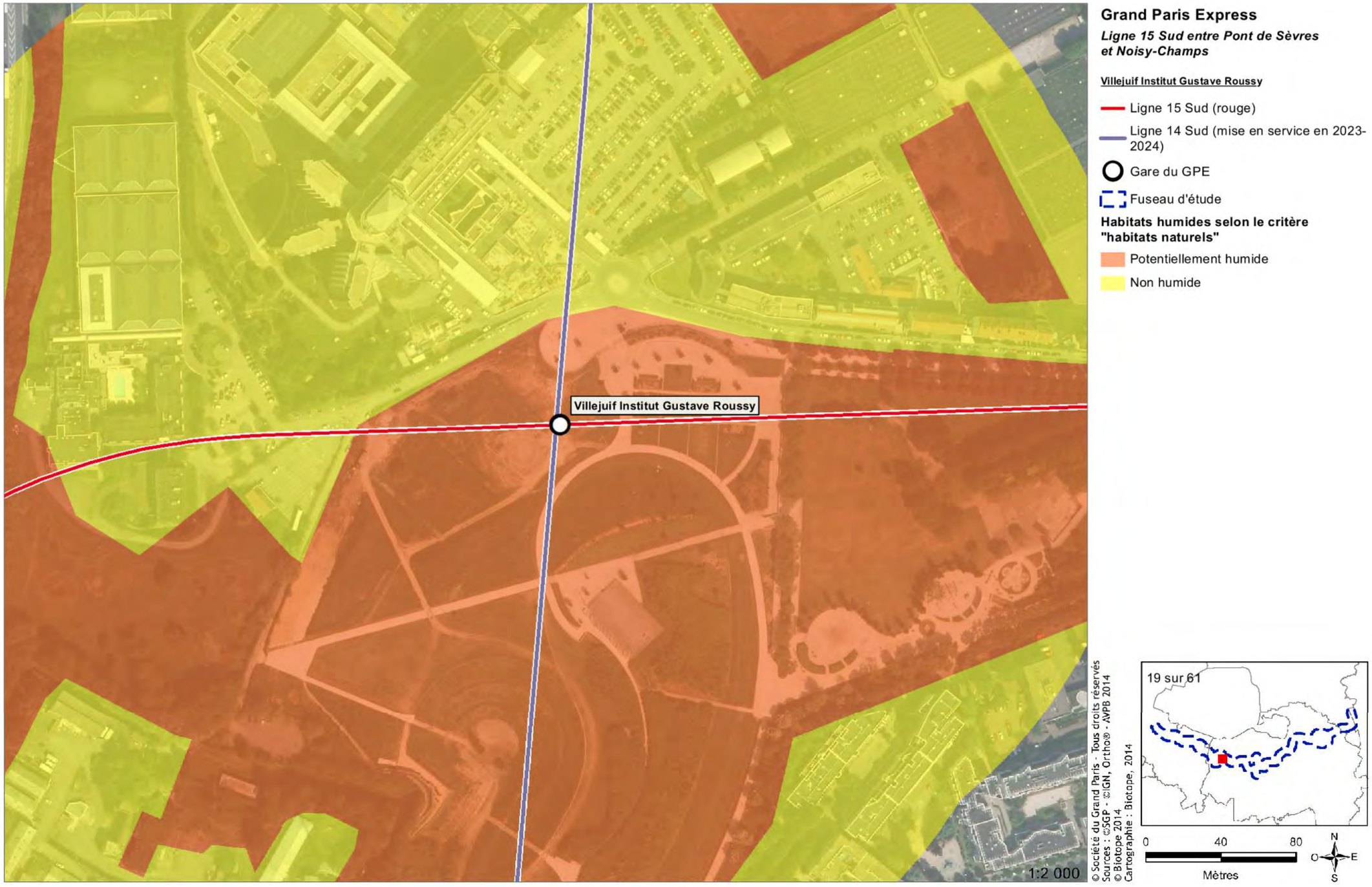
L'ensemble des secteurs inventoriés ne sont pas représentés dans ci-après. Toutefois, trois secteurs ont été choisis pour illustrer la présence, d'après le critère « habitats naturels » :

- de zones humides,
- de zones potentiellement humides,
- de zones non humides.

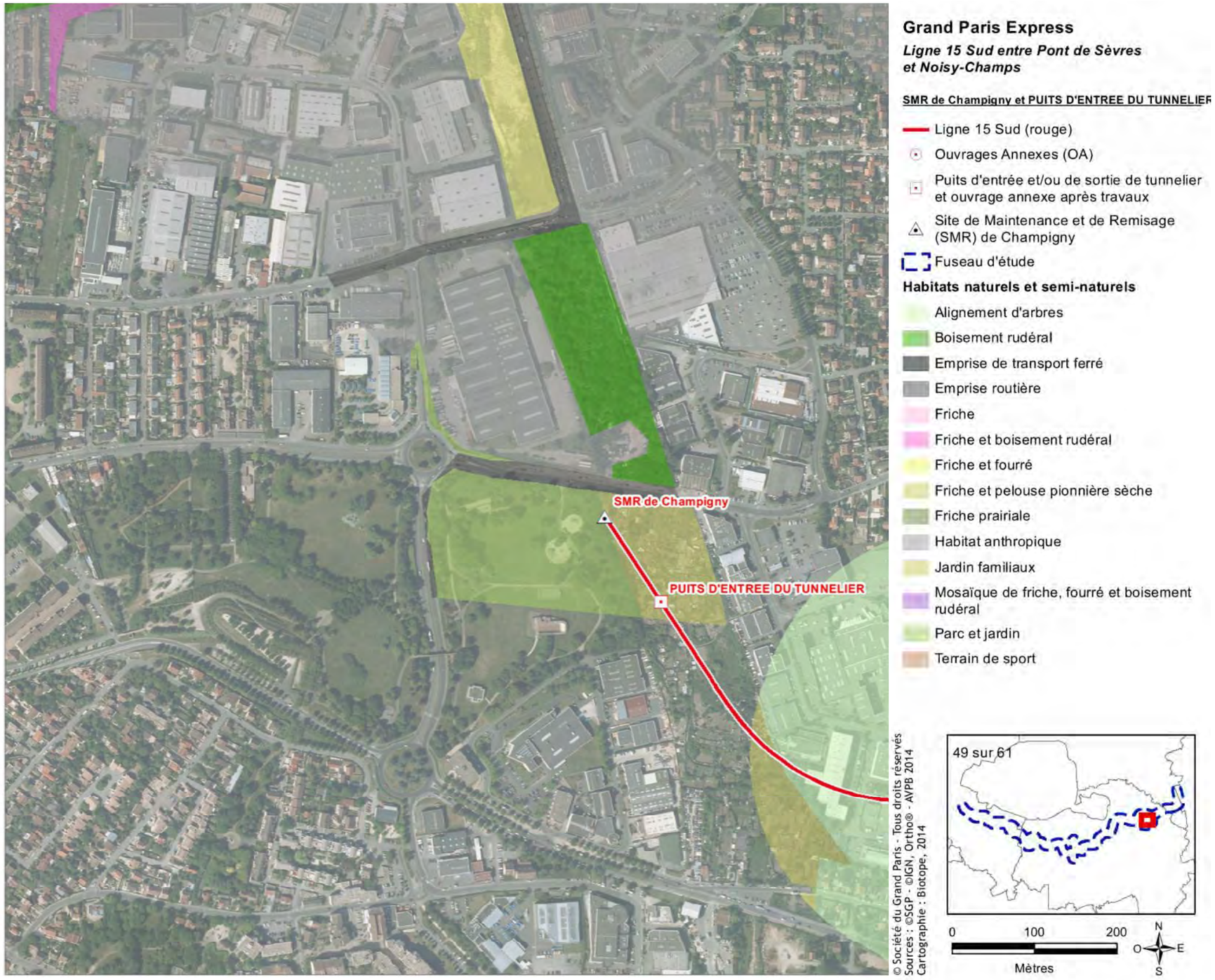
Cartographie des « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy



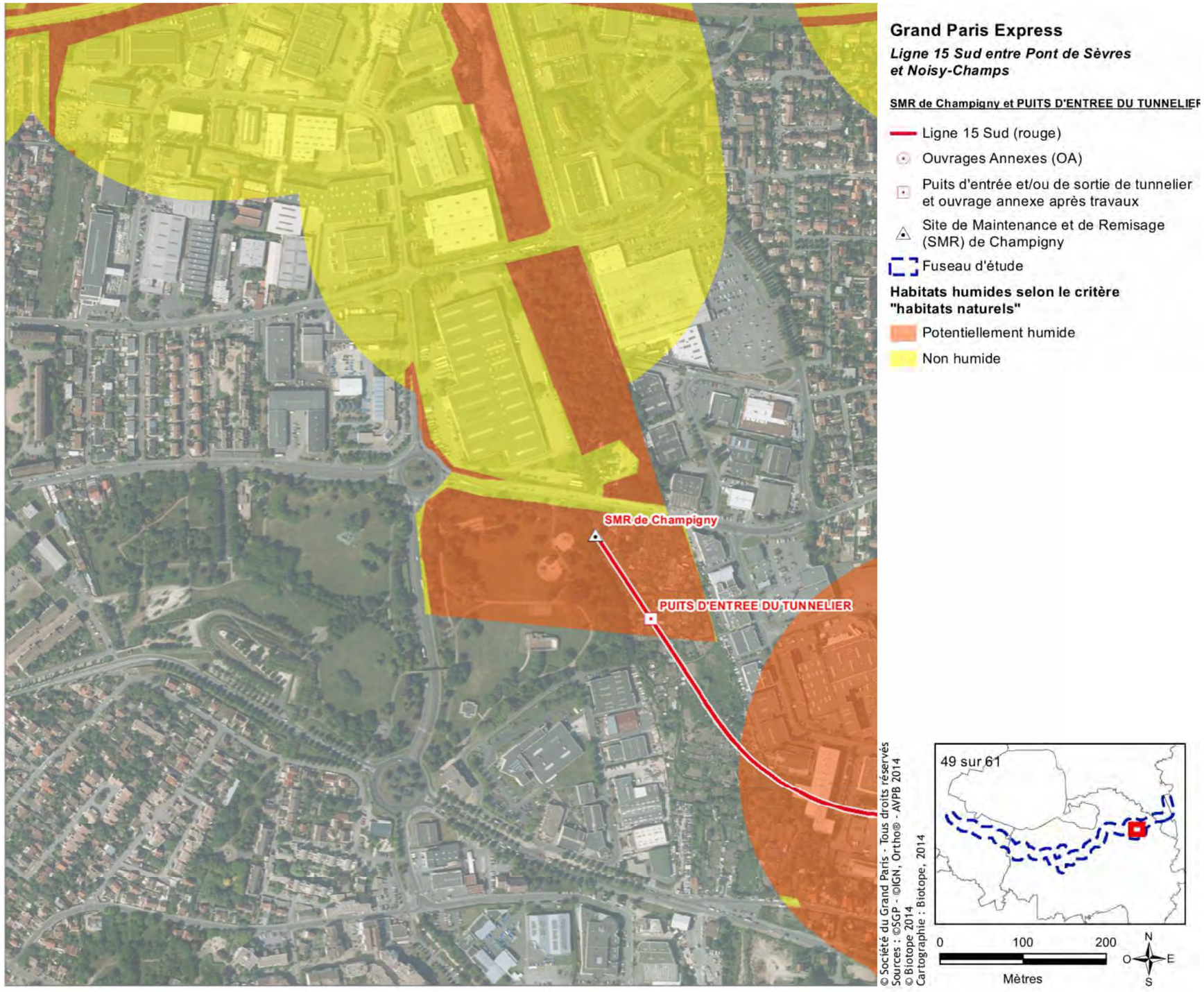
Cartographie des zones humides pour le critère « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy



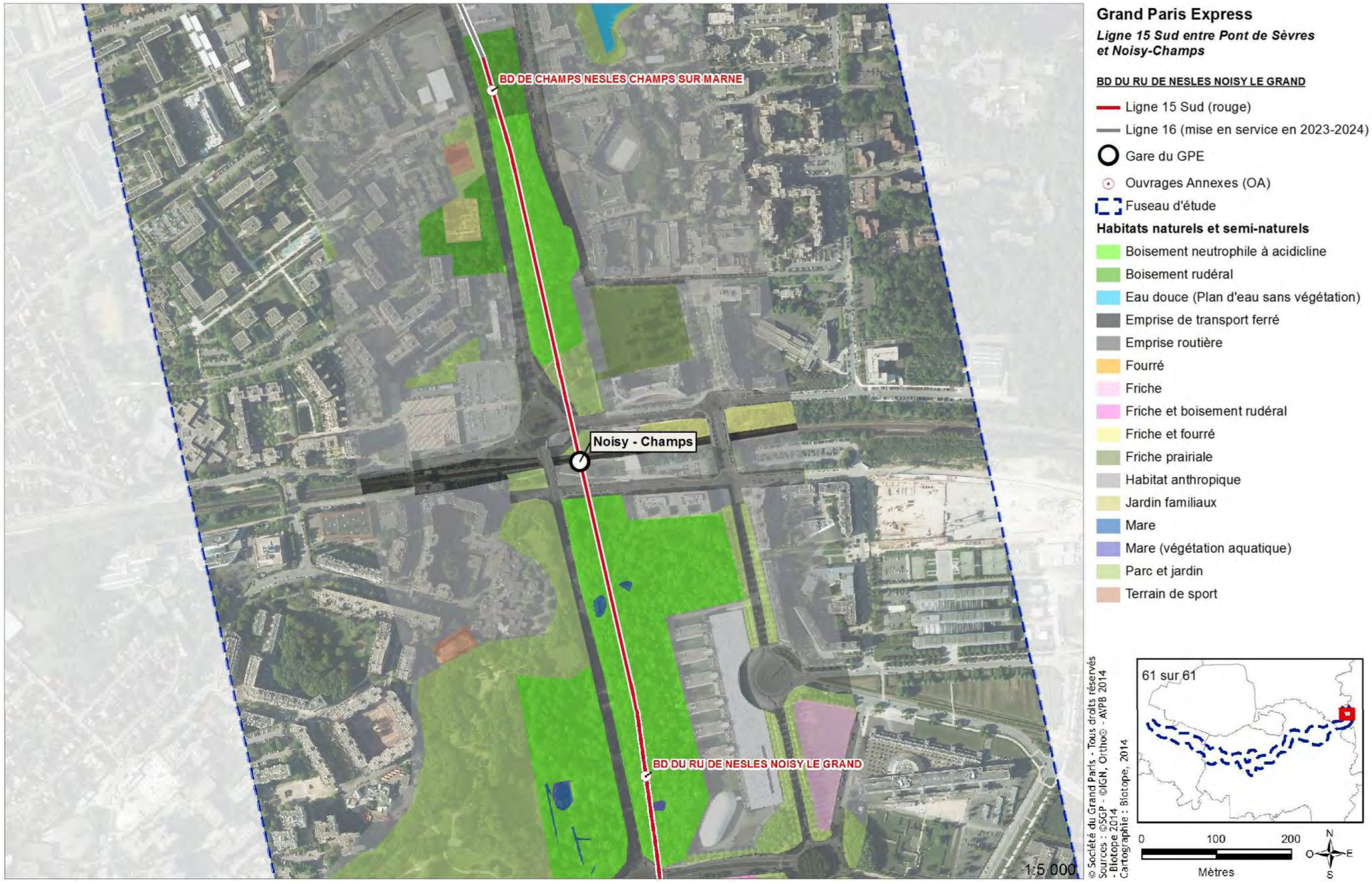
Cartographie des « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement du SMR de Champigny



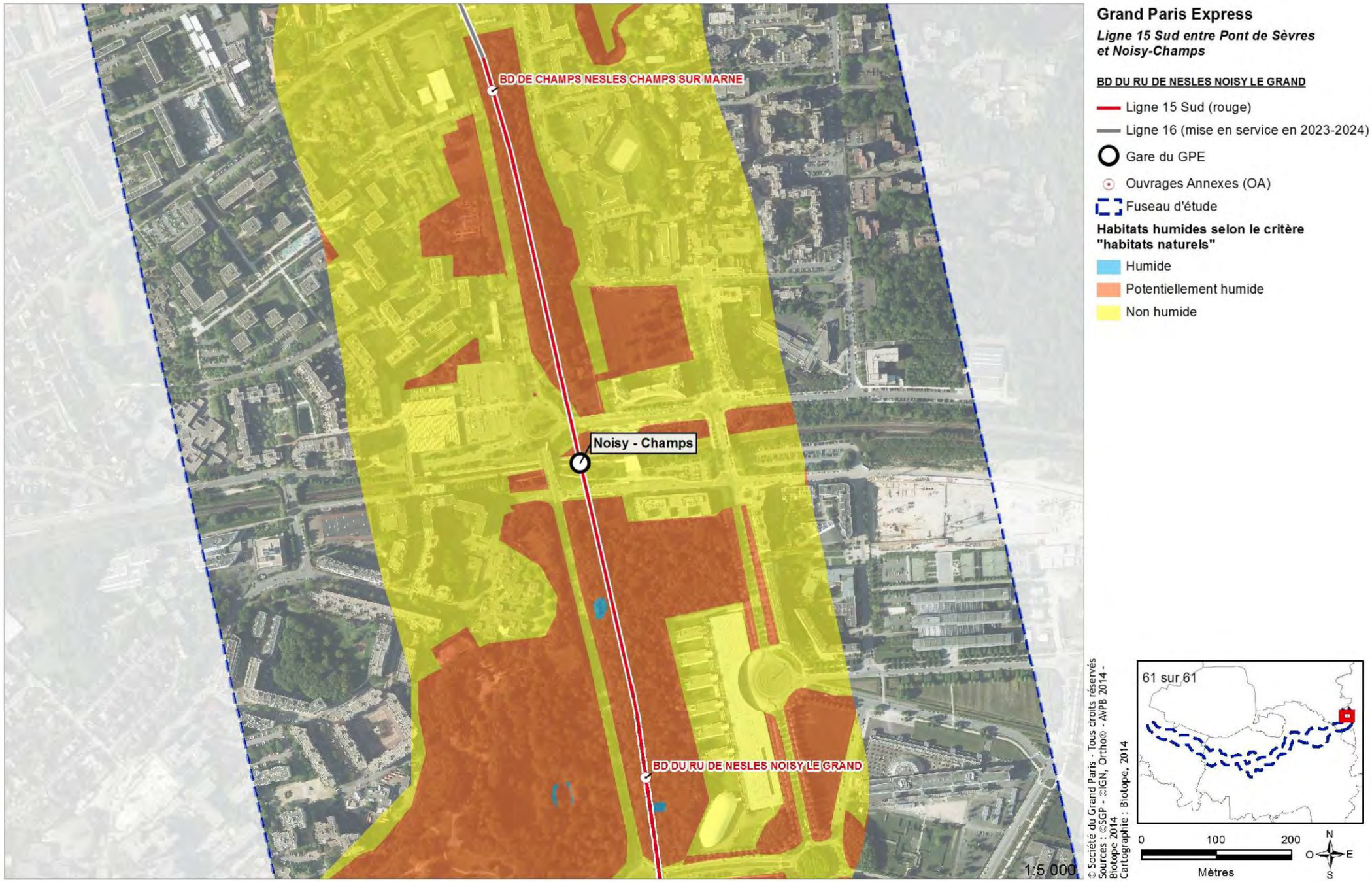
Cartographie des zones humides pour le critère « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement du SMR de Champigny



Cartographie des « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs



Cartographie des zones humides pour le critère « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs



2.13.7.4 Synthèse des zones humides identifiées sur le critère « Habitats naturels »

Avant prospection pédologique :

- 0,06 ha sont considérés comme humides,
- 25,44 ha sont considérés comme potentiellement humides,
- 21,61 ha sont considérés comme non humides.

Surfaces de zones humides identifiées sur l'ensemble des secteurs d'aménagements concernés sur la Ligne 15 Sud

Nombre de secteur d'aménagement concernés par des :		Surface	Pourcentage
Habitats humides	1	0,06 ha	0,1 %
Habitats potentiellement humides	26	25,44 ha	54 %
Habitats non humides	26	21,61 ha	45,9 %

NB : un secteur d'aménagement peut être composé à la fois d'habitats humides, potentiellement humides et non humides.

Les habitats considérés comme potentiellement humides ont fait l'objet d'une analyse pédologique complémentaire.

2.13.8 Résultats de la délimitation sur le critère « pédologie »

2.13.8.1 Résultats des expertises réalisées

Les prélèvements pédologiques réalisés sur les habitats « potentiellement humides » se sont déroulées sur 4 jours. A l'issue de cette campagne, 36 sondages ont été réalisés.

Secteurs d'aménagements ayant fait l'objet de sondages pédologiques

Secteurs d'aménagements	Nombre de sondages pédologiques réalisés
Sondés	
Ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur	6
Gare de Pont de Sèvres	1
Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	6
Gare du Vert de Maisons	2
Ouvrage annexe Rue du Port de Créteil	2
Gare de Bry-Villiers-Champigny	1
SMR de Champigny	5
Ouvrage annexe Puits d'entrée du tunnelier	1
Ouvrage annexe Avenue Maurice Thorez	1
Ouvrage annexe Sentiers des Marins	1
Ouvrage annexe Rue de Mozart	1
Ouvrage annexe Avenue Médéric	1
Gare de Noisy-Champs	8
Non accessible	
Gare Fort d'Issy- Vanves - Clamart	-
Gare de Bagneux	-
Gare d'Arcueil Cachan	-
Ouvrage annexe Rue Gabriel Péri	-
Gare des Ardoines	-
SMI de Vitry	-
Ouvrage annexe Friche Arrighi	-
Ouvrage annexe Rue de Rome	-
Ouvrage annexe Impasse de l'Abbaye	-
Ouvrage annexe Entrée Rue Louis Marchandise	-
Insondable	
Ouvrage annexe ZAC SAEM	-
Ouvrage annexe Place de la Résistance	-
Ouvrage annexe Centre technique municipal	-
TOTAL	36

Sur la base de l'arrêté du 1er octobre 2009, les sondages ont été considérés comme :

- Non humides,
- Humides.

Plusieurs secteurs étaient inaccessibles lors des passages de l'expert pédologue. Toutefois, d'après les connaissances de terrain et de l'hydrogéologie locale, ces secteurs peuvent être considérés comme « Non Humide ». Il s'agit notamment des secteurs suivants :

- Les Ardoines : il s'agit de remblais routiers au-dessus du Terrain Naturel initial donc la présence de zone humide est exclue ;
- L'ensemble des emprises RFF (Bagneux, Arcueil-Cachan, Fort d'Issy-Vanves-Clamart, SMI de Vitry) : des remblais ferroviaires ont été déposés au-dessus du Terrain Naturel initial donc la présence de zone humide est exclue ;
- La Friche Arrighi est composée de remblais au-dessus du Terrain Naturel initial formant des habitats naturels secs (prairies, pelouses) pour une mise hors d'eau du site. La présence de zones humides est exclue.

Concernant les secteurs d'aménagement suivants (Impasse de l'Abbaye, Rue de Rome, Rue Gabriel Péri), les sondages effectués au cours des campagnes G1 et G2, ainsi que les données historiques (Burgeap) montrent une épaisseur de remblai importante, d'au moins 2 m. Pour tous ces sites, la nappe superficielle, celle des alluvions, dépend directement du niveau d'eau dans la Seine ou de la Marne.

Certains secteurs d'aménagement ont fait l'objet d'expertises pédologiques mais ils étaient « insondables ». Il s'agit d'alignements d'arbres implantés sur des fossés artificiels (Centre technique municipal, Place de la résistance, ZAC SAEM). Ces habitats ont été considérés comme « non humides ».



Alignement d'arbres sur le secteur d'aménagement du Centre technique Municipal Vitry © Biotope, 2014

2.13.8.2 Exemple de fiche d'observation

Les plans de sondages sont présenté en pages suivantes. Une fiche pour chaque sondage a été effectuée. La liste exhaustive des fiches est proposée en annexe.

a. Sols humides

BURGEAP

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** 1

Couvert végétal : Friche herbacée N48°49,035' E002°31,862'

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol argileux brun
Sol hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Frais/Humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argileux	Frais/Humide	Gris blanc	4	RED/OXY
40 - 60	Argileux	Frais/Humide	Gris blanc	4	RED/OXY
60 - 80	Argileux	Frais/Humide	Gris blanc/Gris	4	RED/OXY
80 - 100	Argileux	Frais/Humide	Gris	4	RED/OXY
100 - 120	Refus				

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.





b. Sols non humides

BURGEAP

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** 1

Couvert végétal : Pelouse de parc N43°49,009' E002°31,755'

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

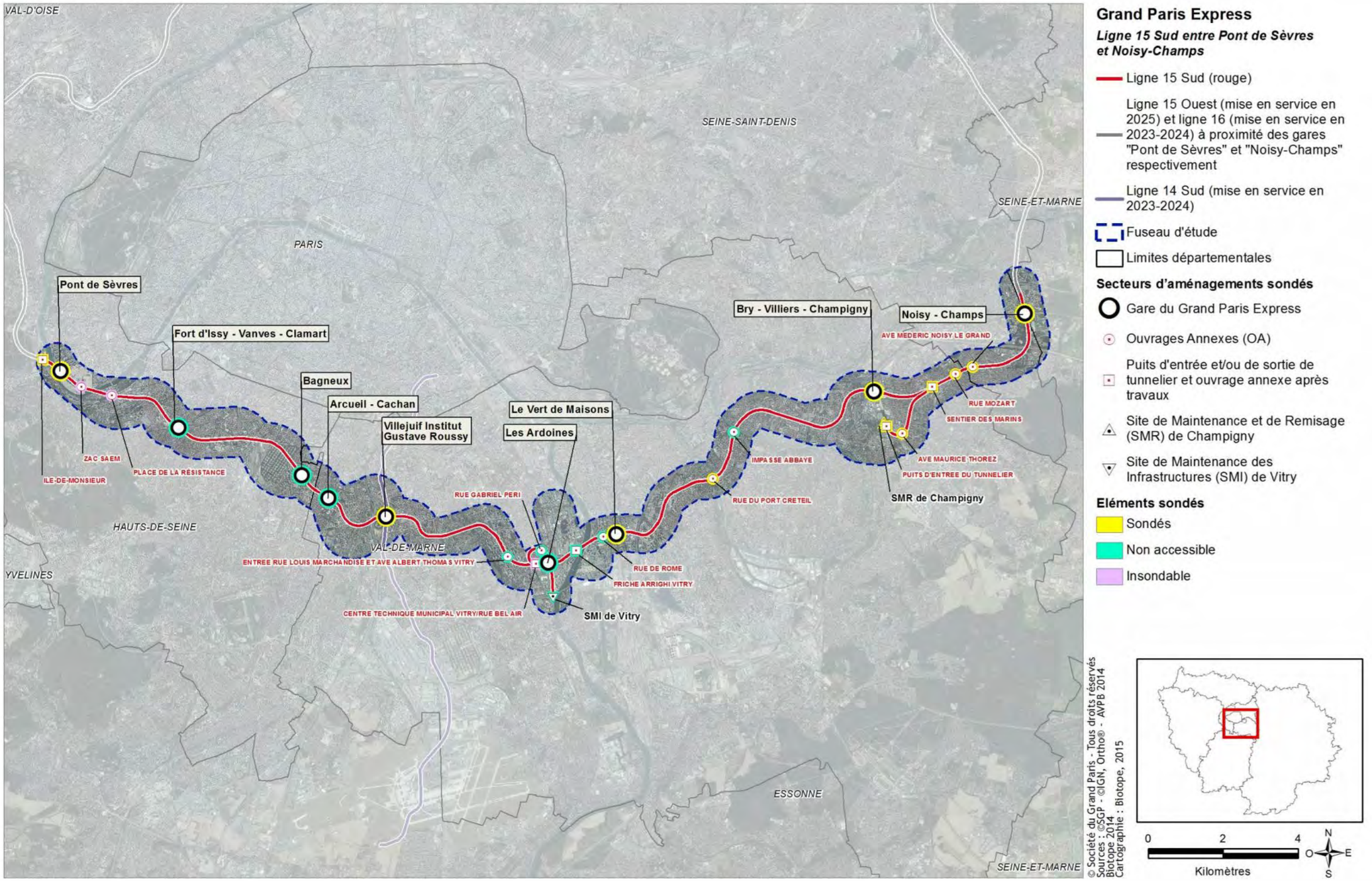
Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
40 - 60	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY – traces d'oxydation, RED – traces de réduction.





Secteurs d'aménagement ayant fait l'objet de sondages pédologiques



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

Secteurs d'aménagements sondés

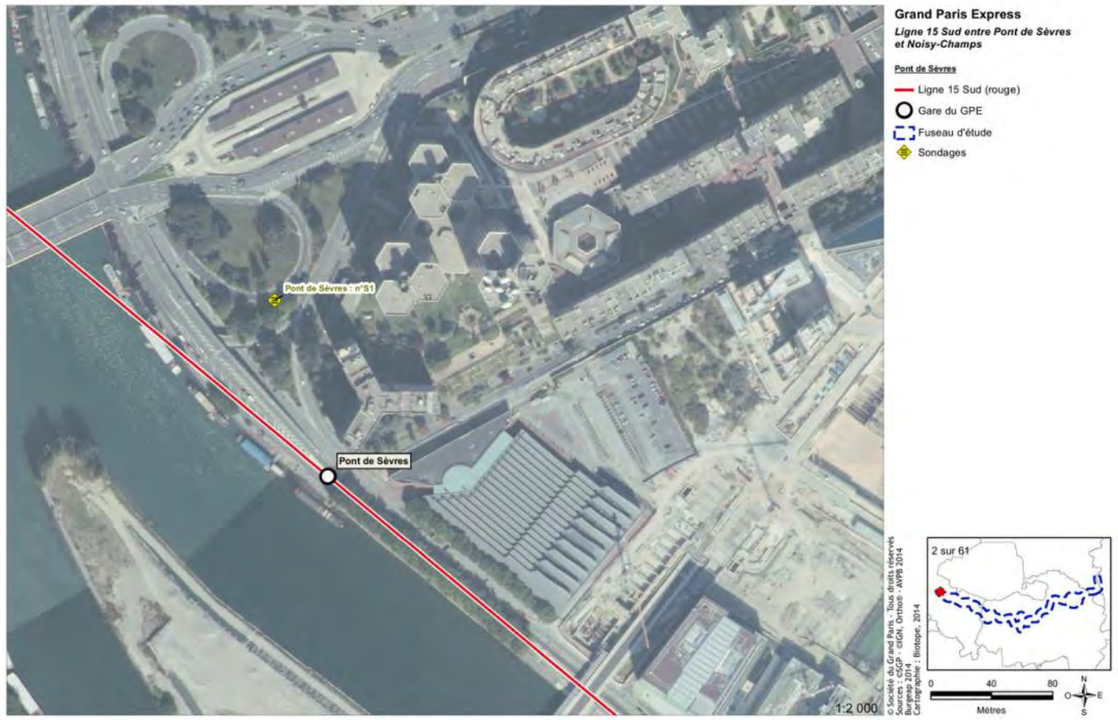
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry

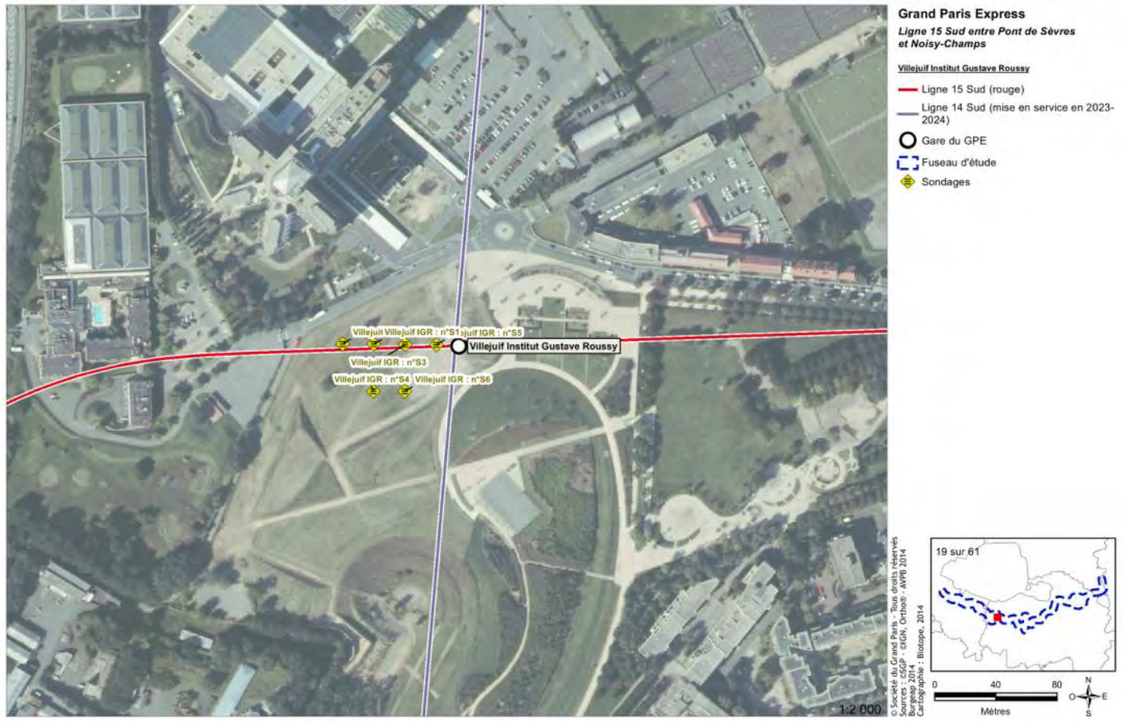
Eléments sondés

- Sondés
- Non accessible
- Insondable

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2015


Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs
ILE-DE-MONSIEUR
Ligne 15 Sud (rouge)
Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
Fuseau d'étude
Sondages
Ile de Monsieur : n°S1
Ile de Monsieur : n°S2
ILE-DE-MONSIEUR
Ile de Monsieur : n°S5
Ile de Monsieur : n°S3
Ile de Monsieur : n°S4
1 sur 61
0 40 80
Mètres
1:2 000


Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs
Pont de Sèvres
Ligne 15 Sud (rouge)
Gare du GPE
Fuseau d'étude
Sondages
Pont de Sèvres : n°S1
Pont de Sèvres
2 sur 61
0 40 80
Mètres
1:2 000


Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs
Villejuif Institut Gustave Roussy
Ligne 15 Sud (rouge)
Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
Gare du GPE
Fuseau d'étude
Sondages
Villejuif Institut Gustave Roussy
19 sur 61
0 40 80
Mètres
1:2 000


Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs
Le Vert de Maisons
Ligne 15 Sud (rouge)
Gare du GPE
Fuseau d'étude
Sondages
Vert de Maisons : n°S2
Vert de Maisons : n°S1
Le Vert de Maisons
33 sur 61
0 40 80
Mètres
1:2 000

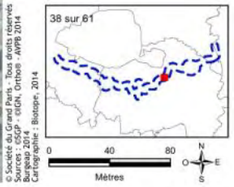


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

RUE DU PORT CRETEIL

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ouvrages Annexes (OA)
- Fuseau d'étude
- Sondages



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : DTGP - IGN, Orthoh - AVPB 2014
Bureprep 2014
Cartographie : Biotope, 2014

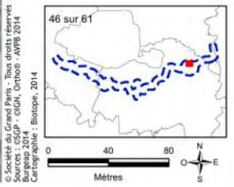


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

Bry - Villiers - Champigny

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du GPE
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude
- Sondages



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : DTGP - IGN, Orthoh - AVPB 2014
Bureprep 2014
Cartographie : Biotope, 2014

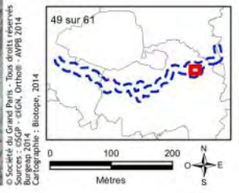


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

SMR de Champigny et PUITS D'ENTREE DU TUNNELIER

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude
- Sondages



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : DTGP - IGN, Orthoh - AVPB 2014
Bureprep 2014
Cartographie : Biotope, 2014

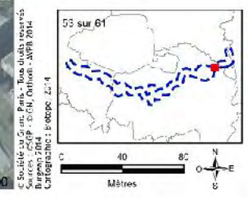


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

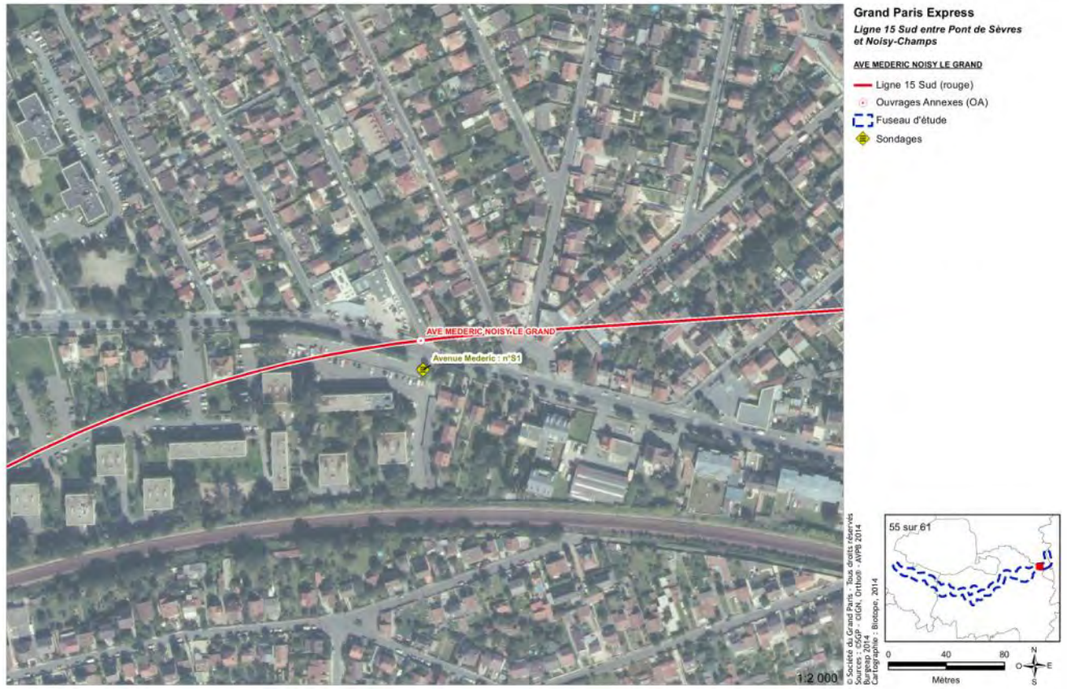
SENTIER DES MARINS

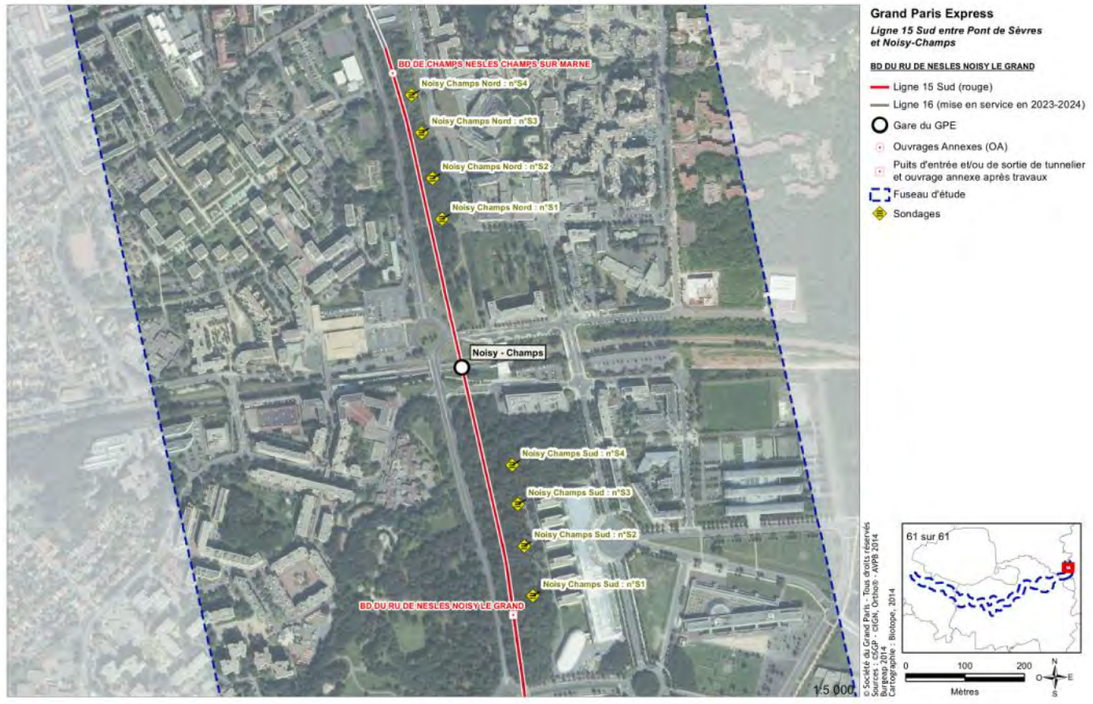
- Ligne 15 Sud (rouge)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Fuseau d'étude
- Sondages



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : DTGP - IGN, Orthoh - AVPB 2014
Bureprep 2014
Cartographie : Biotope, 2014







Secteurs ayant fait l'objet de sondages pédologiques pour les zones humides (Source : Société du Grand Paris)

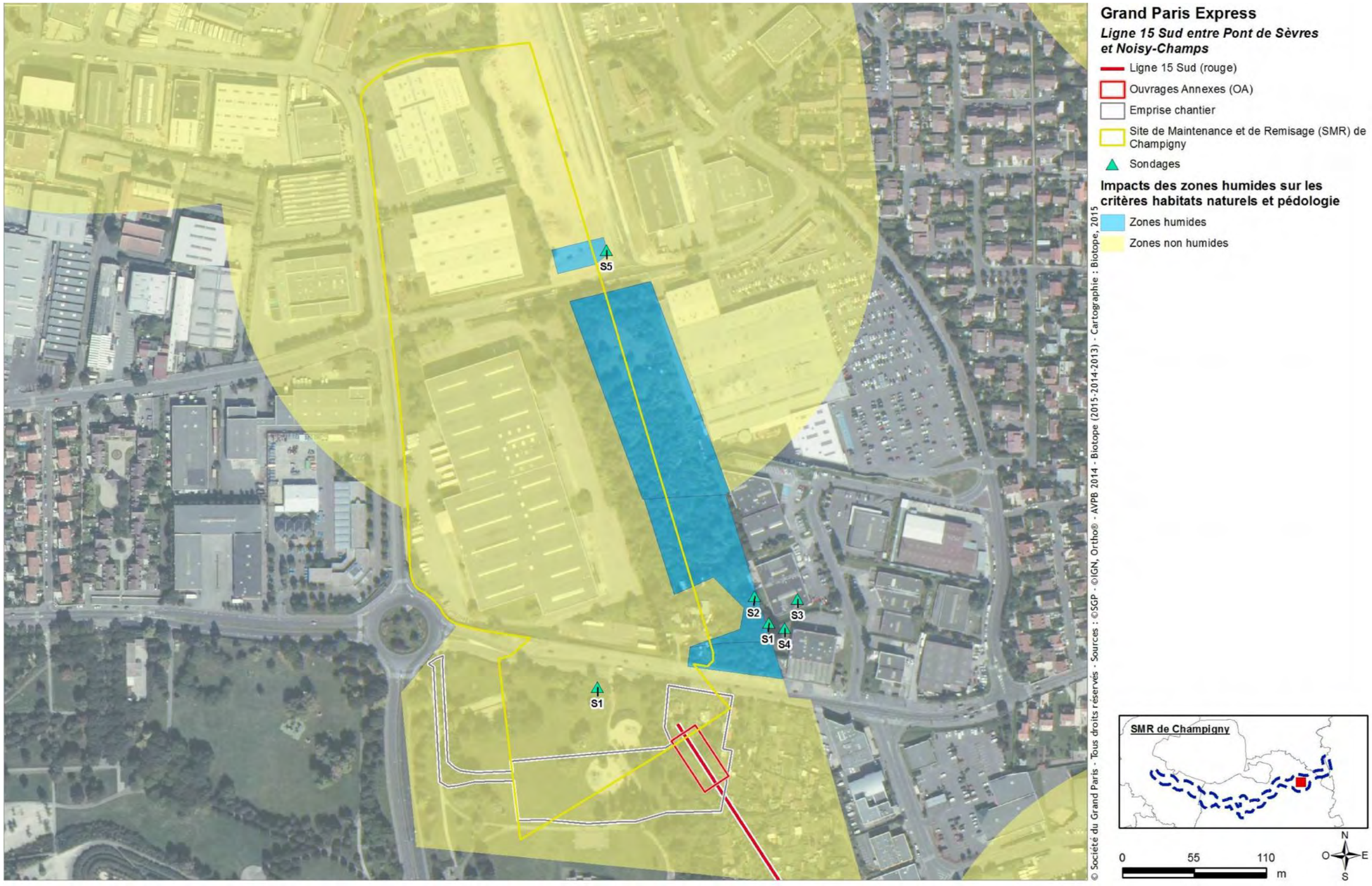
2.13.8.3 Synthèse sur le critère « pédologie »

Après prospections pédologiques, 1,83 ha de zones humides ont été identifiées au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny.

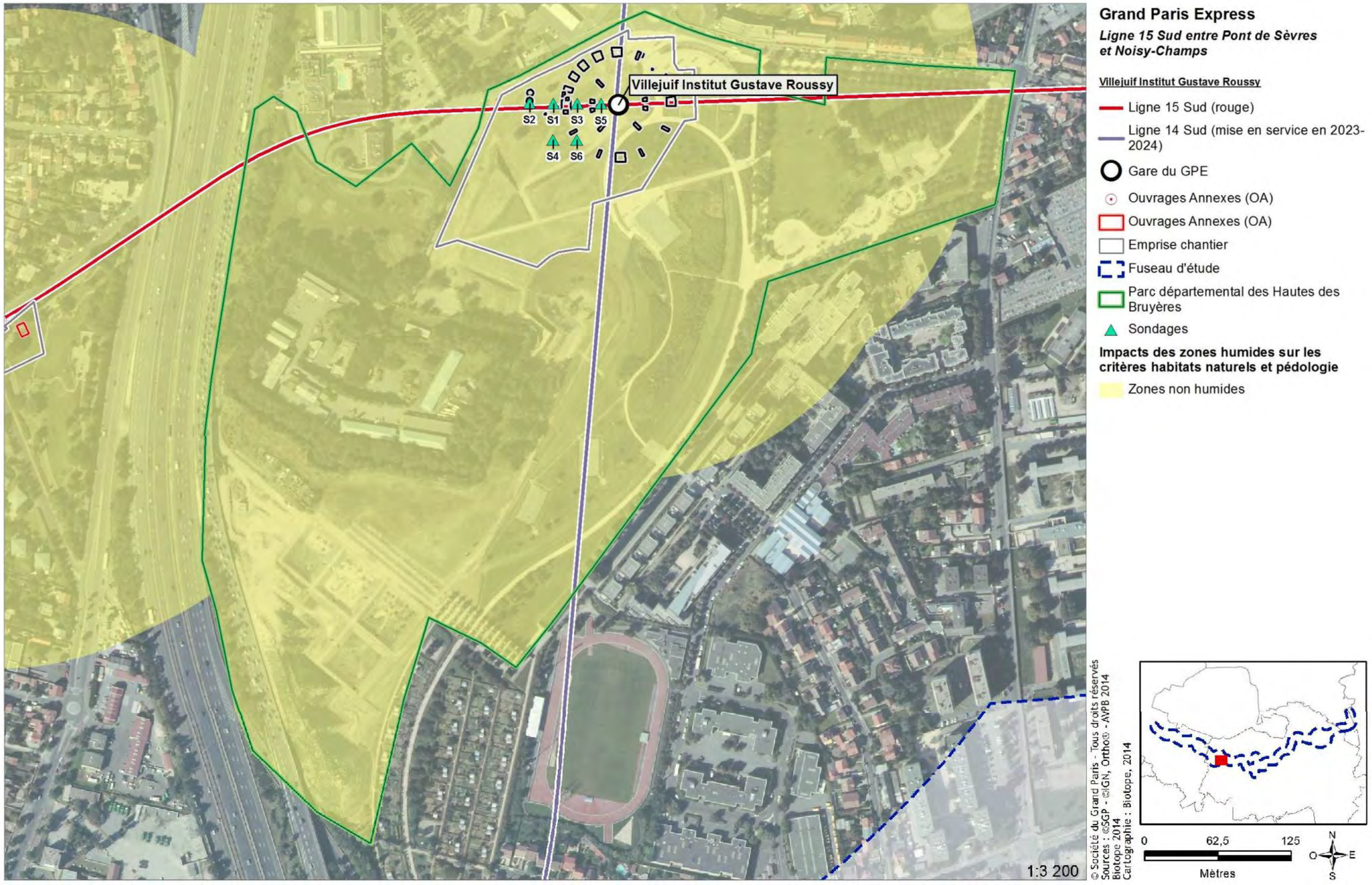
La partie nord de la zone est située sur le calcaire de Champigny. Ce calcaire est « sec » (la nappe est présente à plus de 10 m de profondeur) et son sol ne peut être qualifié de zone humide. Ce secteur absorbe très peu les eaux de subsurface en provenance des marnes. La limite d'affleurement de ce calcaire se situe à peu près au droit de la route qui traverse l'emprise.

La zone sud du SMR est située sur les marnes qui sont à l'origine de la zone humide identifiée.

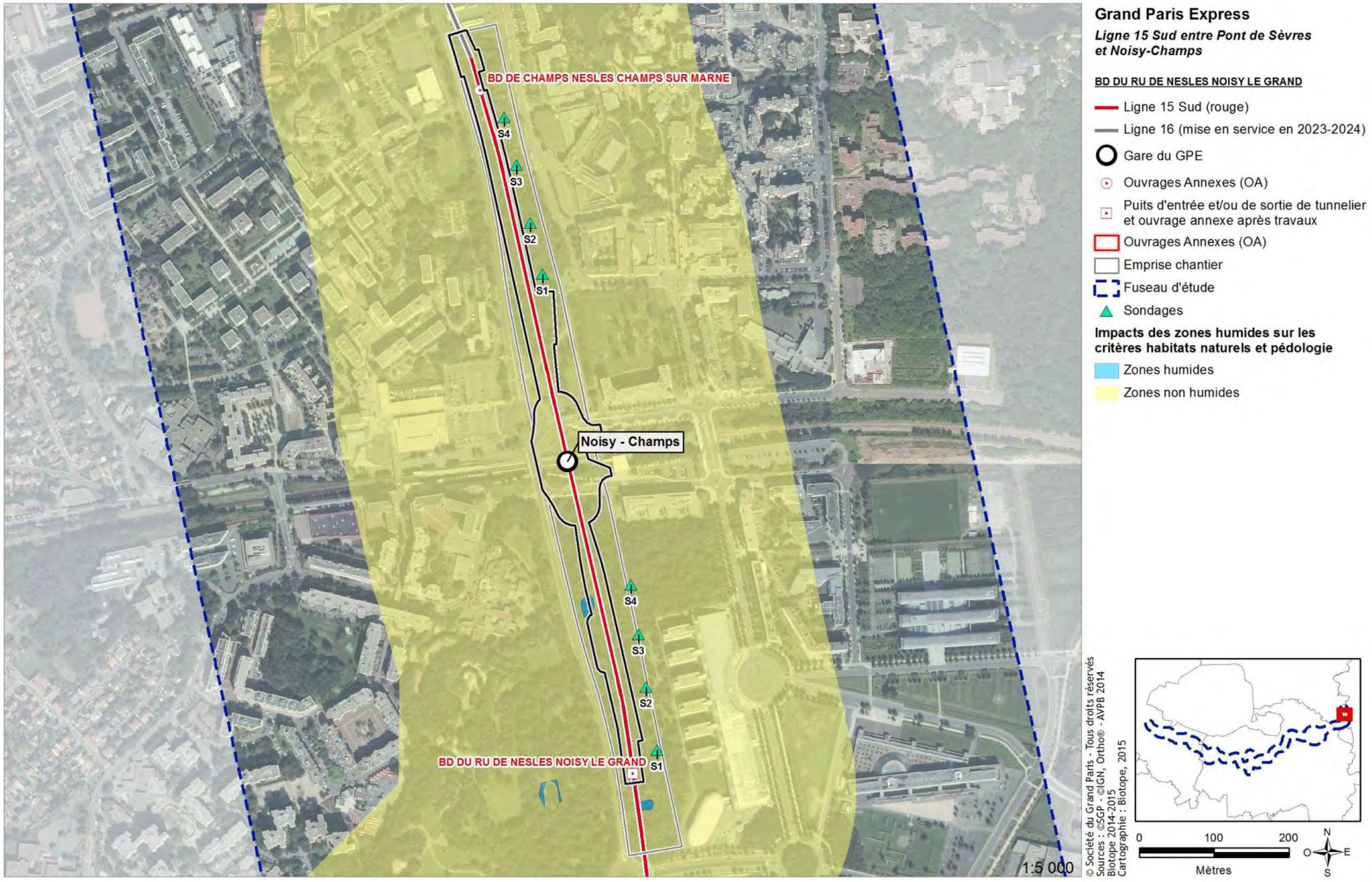
Une petite entité de zone humide a également été identifiée au nord de la route (identifiée après un sondage pédologique) car il y a un effet anthropique lié à la route : la structure de la chaussée est moins perméable que le calcaire et donc l'aval immédiat de la route (au nord) s'est transformé en zone privilégiée d'infiltration.



Zones humides indentifiées par sondages pédologiques sur le site du SMR de Champigny (Source : SGP – Biotope 2014)



Absence de zones humides suite aux sondages pédologiques sur le site de la gare de Villejuif IGR (Source : SGP – Biotope 2014)



Absence de zones humides suite aux sondages pédologiques sur le site de la gare de Noisy-Champs (Source : SGP – Biotope 2014)

Synthèse des surfaces des habitats humides et non humides

Secteur d'aménagement	Surface (ha)	Zones humides sur le critère "pédologie"
OA Ile de Monsieur	0,78	Non humide
	0,01	Non humide
Gare de Pont de Sèvres	3,01	Non humide
	0,03	Non humide
OA ZAC SAEM	0,34	Non humide
OA Place de la Résistance	0,33	Non humide
Gare de Fort d'Issy - Vanves - Clamart	2,56	Non humide
Gare de Bagneux	1,24	Non humide
Gare Arcueil-Cachan	1,32	Non humide
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy	2,52	Non humide
Et à proximité	0,0267	Humide (d'après l'inventaire des zones humides du SAGE de la Bièvre)
OA Rue Louis Marchandise	0,23	Non humide
OA Centre technique municipal	0,75	Non humide
OA Rue Gabriel Péri	0,17	Non humide
Gare Les Ardoines	2,47	Non humide
SMI de Vitry	3,51	Non humide
OA Friche Arrighi	4,27	Non humide
Et à proximité	0,0205	Humide (d'après l'inventaire des zones humides du SAGE de la Bièvre)
OA Rue de Rome	0,19	Non humide
Gare Le Vert de Maisons	0,66	Non humide
OA Université de Créteil	0,21	Non humide
OA Rue du Port Créteil	0,17	Non humide
OA Impasse de l'Abbaye	0,16	Non humide
Gare Bry-Villiers-Champigny	1,64	Non humide
SMR de Champigny	9	Non humide
	1,83	Humide (après réalisation de sondages pédologiques)
Puits d'entrée du Tunnelier (Plateau de Champigny)	0,54	Non humide
OA Avenue Maurice Thorez	0,2	Non humide
OA Sentier des Marins	0,5	Non humide
OA Rue Mozart	0,17	Non humide
OA l'Avenue Mederic	0,21	Non humide
Gare Noisy - Champs	7,82	Non humide
	0,06	Humide (d'après le critère habitat)

2.13.9 Synthèse relative à la délimitation des zones humides

L'analyse des critères « habitats naturels » et « pédologie » a permis de délimiter :

- 1,89 ha de zones humides,
- 46,44 ha de zones non humides,

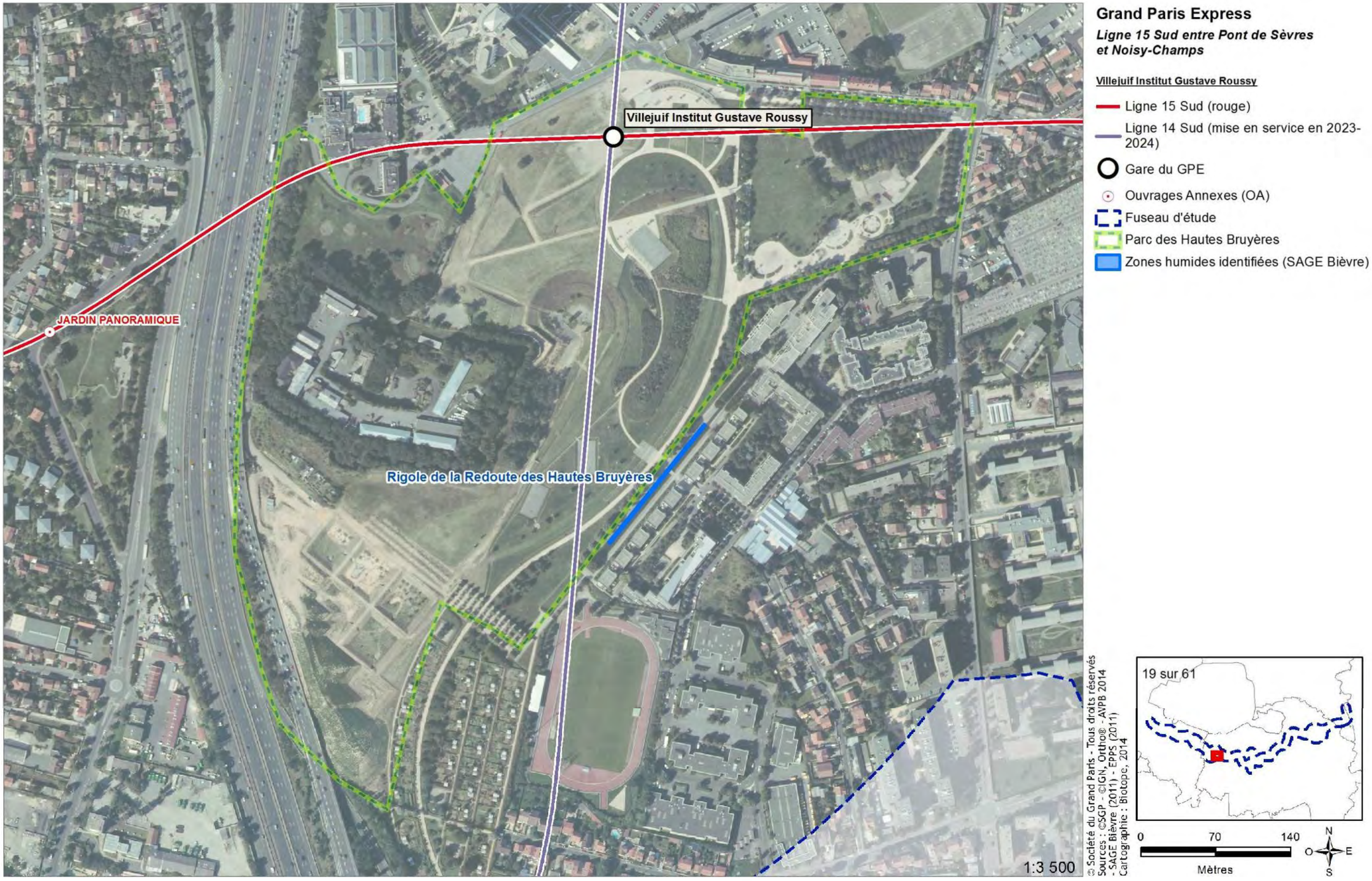
La bibliographie a permis d'identifier :

- 0,267 ha de zones humides sur la rigole de la redoute des Hautes Bruyères à proximité du secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy,
- 0,205 ha de zones humides sur bassin de décantation du site Aldes de Vitry-sur-Seine à proximité du secteur d'aménagement de la friche Arrighi.

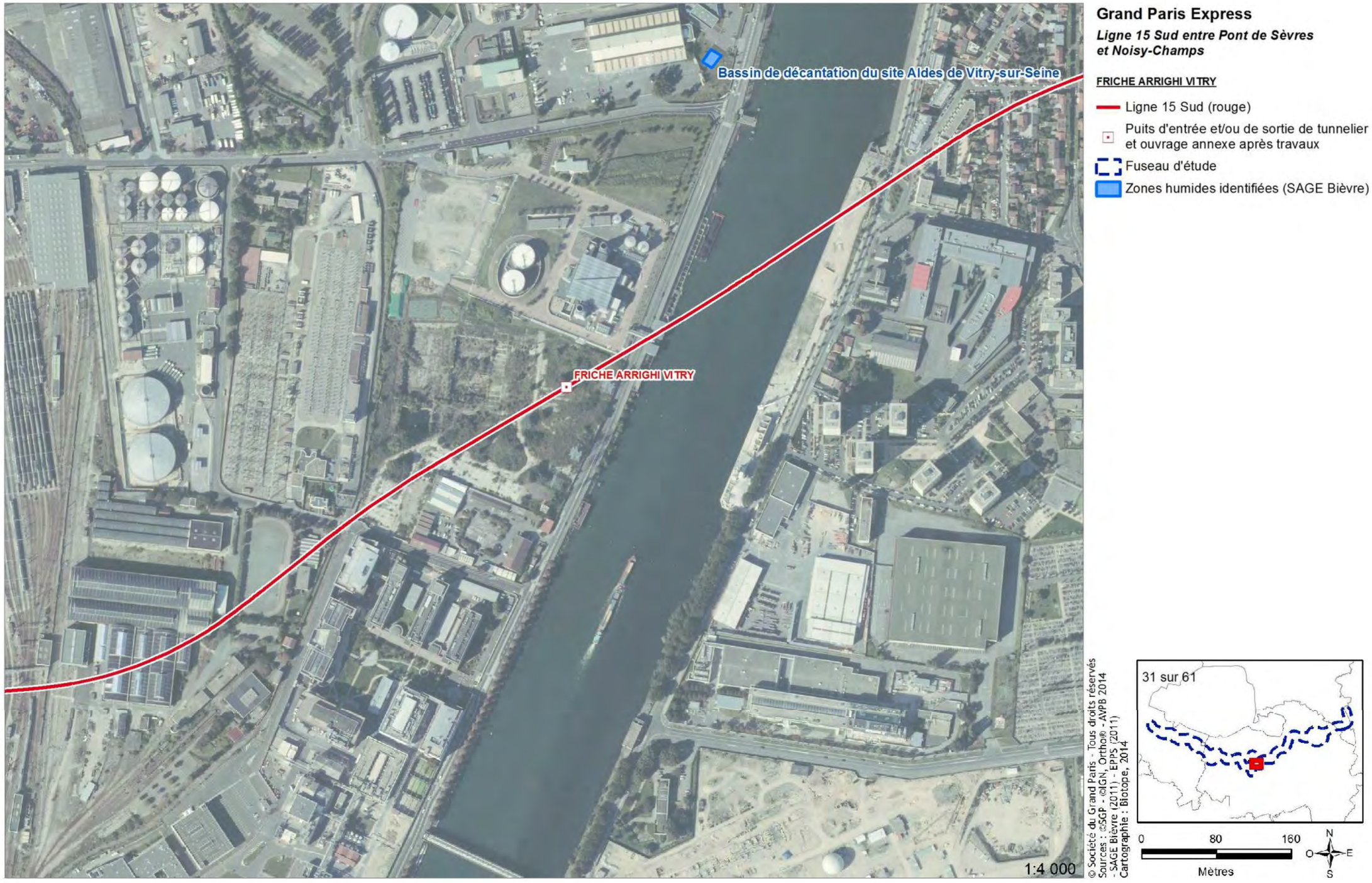
Surfaces de zones humides identifiées sur la Ligne 15 Sud

Nombre de secteur d'aménagement concernés par des :			Surface
Zones humides (critères habitats et pédologie)	2 secteurs	SMR de Champigny	1,83 ha
		Gare de Noisy-Champs	0,06ha
Zone humides d'après la bibliographie (SAGE de la Bièvre)	2 secteurs	Rigole de la redoute des Hautes Bruyères	0,0267
		Bassin de décantation site Aldes de Vitry sur Seine	0,0205
Zones Non humides	27 secteurs	-	46,44 ha

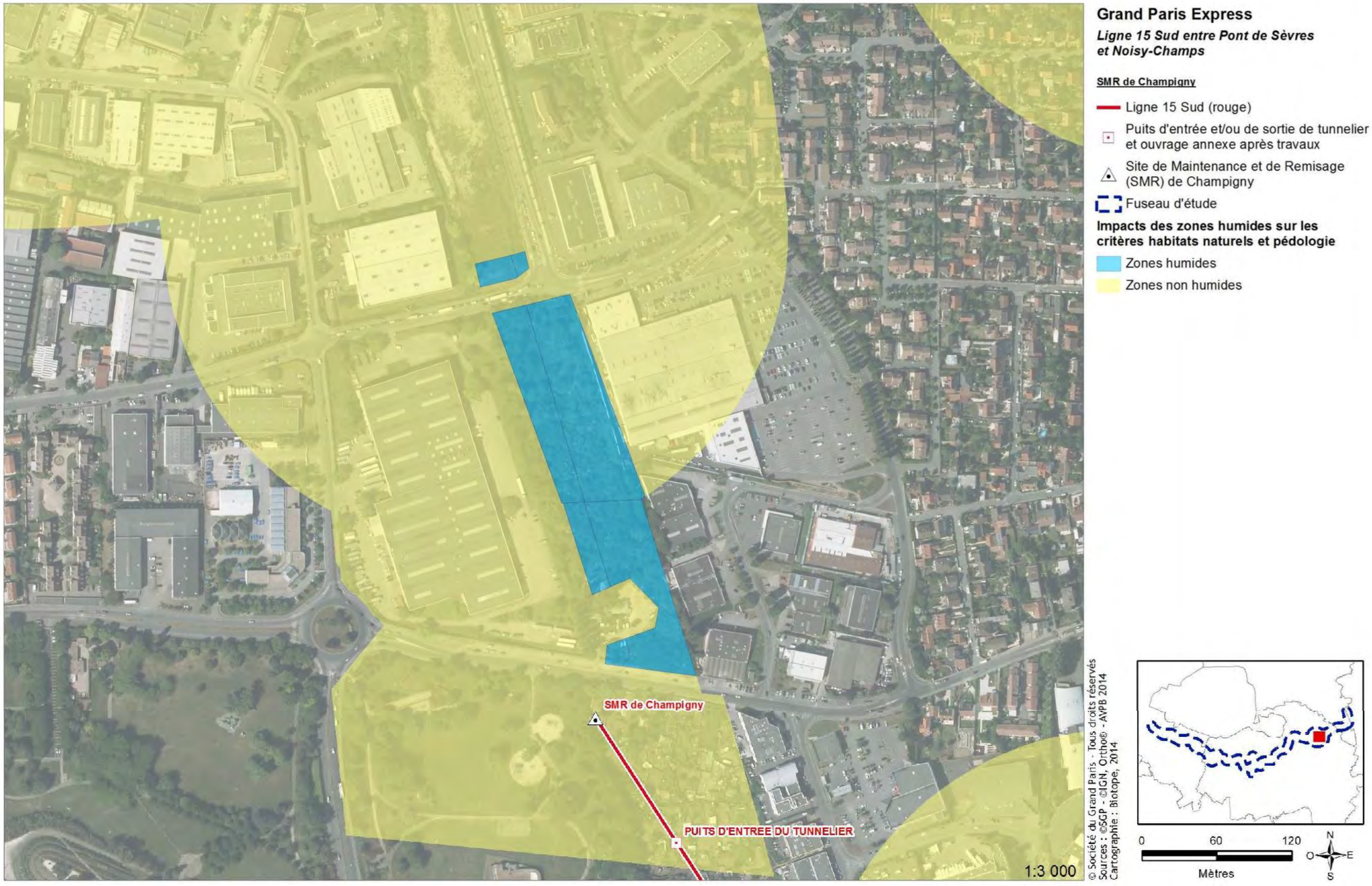
Cartographie des zones humides d'après la bibliographie sur le secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy



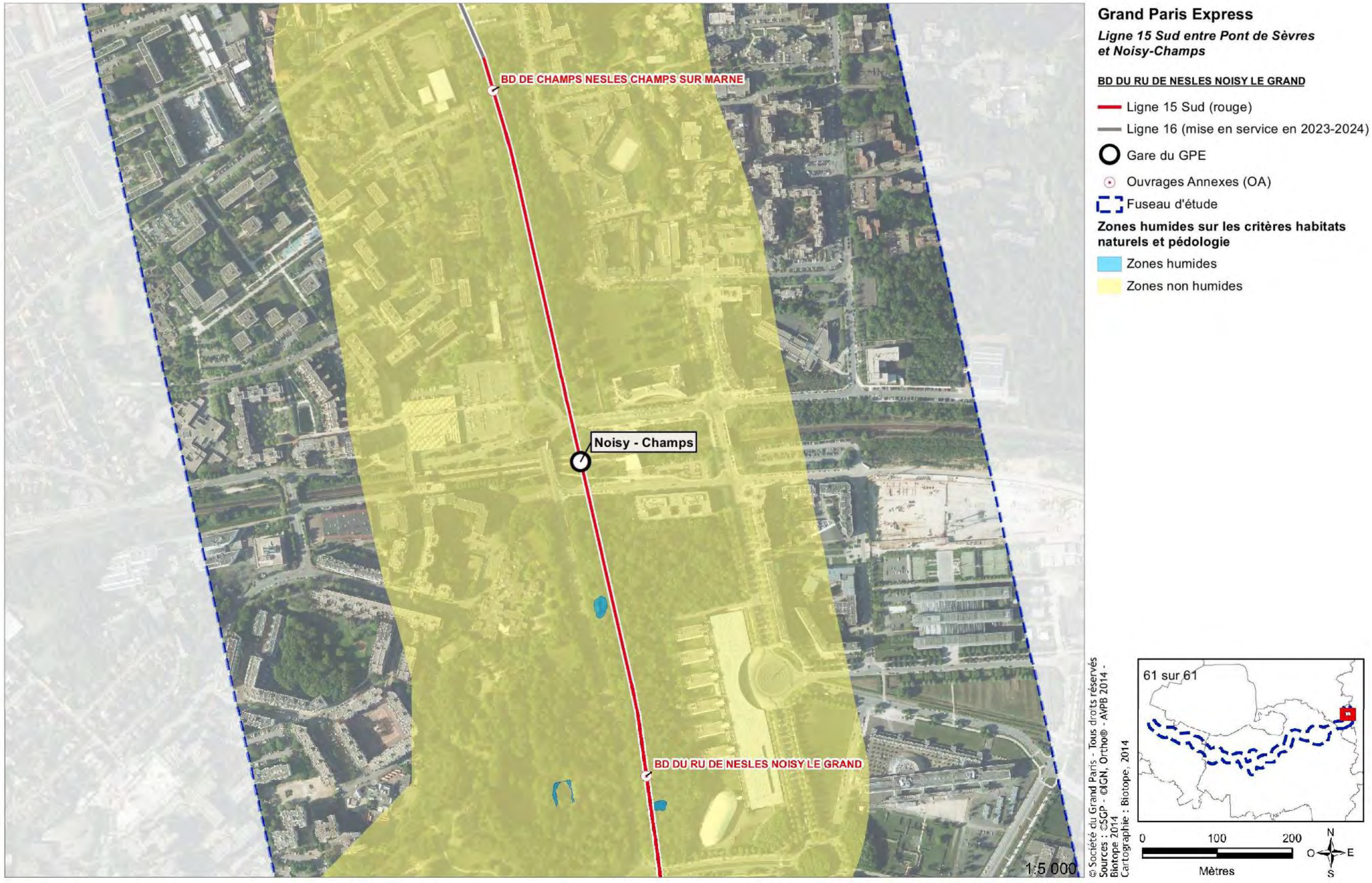
Cartographie des zones humides d'après la bibliographie sur le secteur d'aménagement de la friche Arrighi



Cartographie des zones humides d'après le critère « pédologie » sur le secteur d'aménagement du SMR de Champigny



Cartographie des zones humides d'après le critère « habitats naturels » sur le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs



2.13.10 Faune et flore associées aux zones considérées comme humides

2.13.10.1 Rappel de la méthodologie employée dans l'étude d'impact

Les méthodologies d'inventaires de terrain sont présentées pour chacun des groupes dans la pièce B.3 du présent document.

a. Secteurs d'aménagement inventoriés

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, les expertises sur la faune se sont principalement déroulées entre 2013 et 2014. Une journée d'expertise a également été réalisée en 2011. A l'issue de ces campagnes, plus de 40 jours de terrain ont été réalisés.

b. Outils d'évaluation des statuts de protection et de patrimonialité

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation amène à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste, etc. Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent.

Ces documents de référence pour l'expertise n'ont pas de valeur juridique. Ils sont listés dans les éléments méthodologiques de ce rapport.

2.13.10.2 Evaluation des enjeux écologiques

Dans le cadre de cette étude, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur le fuseau d'étude a été réalisée. Ce niveau d'enjeu se définit pour chaque élément (espèce, habitat, cortège d'espèce) au regard de l'enjeu de conservation qui lui est associé, lui-même défini sur la base des outils de présentés dans le chapitre précédent.

Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique, tel que défini dans le tableau ci-dessous :

Enjeu FORT : enjeu de portée régionale à supra-régionale
Enjeu MODERE : enjeu de portée départementale à supra-départementale
Enjeu FAIBLE : enjeu de portée locale, à l'échelle d'un ensemble cohérent du paysage écologique (vallée, massif forestier…)

Ces niveaux d'enjeux sont reportées dans les tableaux de présentation des espèces ou habitats recensés sur les secteurs d'aménagement, suivant le code couleur définit ci-dessus.

La partie suivante se décompose en deux temps :

- L'ensemble des espèces de milieux humides et aquatiques identifiées, au travers des données bibliographiques et des expertises de terrain, est présenté par groupe d'espèces dans ce chapitre.
- Une synthèse des espèces par groupe et par secteur d'aménagement est proposée en conclusions.

NB : Seules les espèces inféodées aux zones humides et présentes sur les zones considérées comme humides ont été prises en compte dans cette partie.

2.13.10.3 Flore des milieux humides

a. Espèces végétales patrimoniales et/ou protégées d'après la bibliographie

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Contraintes réglementaires	Enjeux	Localisation
Utricularia australis	Utriculaire citrine	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : R, LR régionale : LC	PR	Modéré	Noisy-Champs

Source : L'ensemble des données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de la base de données Flora CBNBP-MNHN. Légende : PR : Protection régionale ; PN : Protection nationale Rareté : AC : Assez Commun, AR : Assez Rare, R : Rare, RR : Très Rare, RRR : Extrêmement rare ; Espèce protégée : P Menace : CR : en danger critique d'extinction, EN : en danger d'extinction, VU : vulnérable, NT : quasi-menacé, LC : préoccupation mineure, DD : données insuffisantes

b. Résultats des expertises de terrain

A l'issu des expertises de terrain, la même espèce a été identifiée et confirmée à l'échelle du fuseau d'étude. Il s'agit de l'Utriculaire Citrine qui se situe au niveau des mares de la Butte verte.

Espèces végétales patrimoniales recensées sur la zone d'étude (source : Biotope, 2014)

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Contraintes réglementaires	Enjeux	Localisation
Utricularia australis	Utriculaire citrine	Déterminant ZNIEFF Rareté régionale : R, LR régionale : LC	PR	Modéré	Secteur d'aménagement de Noisy-Champs

c. Caractéristiques des sites

Compte tenu du contexte urbain dominant, quasiment aucune espèce protégée en lien avec les milieux aquatiques n'est présente dans les secteurs d'aménagements.

Une seule espèce protégée au niveau régional a été observée sur le secteur d'aménagement de Noisy-Champs (Parc départemental de la Butte Verte). En effet, une population importante et monospécifique d'Utriculaire citrine (Utricularia australis), espèce protégée au niveau régional, a été observée. Cette colonie d'Utriculaire est très spécifique. Elle est située dans la mare au Nord.

d. Enjeux relatifs aux prospections « flore de milieu humide»

Secteurs d'aménagements	Niveaux d'enjeu
Gare de Noisy-Champs	Enjeu modéré

2.13.10.4 Oiseaux de milieux humides et aquatiques

a. Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

Liste des espèces d'oiseaux remarquables potentielles sur le fuseau d'étude au vu des habitats recensés

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Enjeux	Localisation
Espèces patrimoniales nichant sur l'aire d'étude				
Motacilla cinerea	Bergeronnette des ruisseaux	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : R	Faible	Berges de la Seine à Vitry-sur-Seine

Source: L'ensemble des données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de fiches ZNIEFF.

Légende :DZ : Déterminant ZNIEFF ; Liste Rouge France VU : Vulnérable, NT : quasi-menacé ; Statut en Ile-de-France NTC : Nicheur Très Commun, NC : Nicheur Commun, NPC : Nicheur Peu Commun, NR : Nicheur Rare, MTC : Migrateur Très Commun, MC : Migrateur Commun, MTR : Migrateur Très Rare, HC : Hivernant Commun, HO : Hivernant Occasionnel, HTR : Hivernant Très Rare ; Espèce protégée : P

b. Résultats des expertises de terrain

Sur l'ensemble des secteurs d'aménagements, 52 espèces ont été inventoriées dont 36 sont protégées. 4 espèces inféodées aux milieux aquatiques et humides ont été considérées dans cette analyse dont une patrimoniale, du fait de son statut précaire et conformément aux inventaires et listes rouges qui ont été publiés à ce jour : la Bergeronnette des ruisseaux.

Liste des espèces d'oiseaux remarquables présentes sur le fuseau d'étude (source : Biotope, 2014)

Nom scientifique	Nom français	Statuts en France et en Île-de-France	Enjeux	Localisation
Motacilla cinerea	Bergeronnette des ruisseaux	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : R	Modéré	Secteur d'Aménagement de la Friche Arrighi Vitry (Transit)
Sterna hirundo	Sterne pierregarin	Déterminant ZNIEFF Annexe I Directive Oiseaux	Faible	Noisy-Champs (Transit)
		LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : VU Rareté régionale : PC		
Ardea cinerea	Héron cendré	Déterminant ZNIEFF LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : PC	Faible	Secteur d'Aménagement de la Friche Arrighi Vitry (nicheur possible) et de Noisy-Champs (Transit)
Ardea cinerea Linnaeus, 1758	Mouette rieuse	LR nationale nicheurs : LC LR régionale nicheurs : LC Rareté régionale : C	Négligeable	Secteur d'Aménagement de la Friche Arrighi Vitry (transit)

Légende : DZ : Déterminant ZNIEFF ; Liste Rouge France VU : Vulnérable ; Statut en Ile-de-France NTC : NA : Non Applicable ; Nicheur Très Commun, NC : Nicheur Commun, NPC : Nicheur Peu Commun, NR : Nicheur Rare, NTR : Nicheur Très Rare ; MC : Migrateur Commun ; Espèce protégée : P

Description des milieux

Les berges de Seine et les milieux rencontrés sur les secteurs d'aménagements concernés sont des milieux fortement urbanisés ou les espèces anthropiques sont largement dominantes. A noter la présence d'oiseaux d'eau erratiques présents du fait de la proximité de la Seine à proximité du secteur d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry, comme la Mouette rieuse, le Héron cendré, entre autres.

Description des cortèges d'espèces

Au vu des habitats présents sur le fuseau d'étude, les espèces d'oiseaux présentes se répartissent en six cortèges principaux dont le cortège des zones humides. Les espèces sont présentes autour des plans d'eau, zones humides et rivières. C'est le cas de la Bergeronnette des ruisseaux.

c. Enjeux relatif aux oiseaux sur les secteurs d'aménagement expertisés

Les visites de terrain réalisées à la demande de la SGP en décembre 2011, les expertises naturalistes réalisées au printemps-été 2014 ainsi que l'analyse de la bibliographie existante sur l'ensemble du fuseau ont permis de mettre en évidence des zones importantes pour l'avifaune notamment en période de reproduction :

Secteur d'aménagement	Niveau d'enjeu
Friche Arrighi	Enjeu négligeable à faible (présence de la Bergeronnette des ruisseaux en transit et du Héron cendré)
Gare de Noisy-Champs	Enjeu négligeable à faible (Héron cendré en transit)

2.13.10.5 Amphibiens

a. Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

Liste des espèces d'amphibiens remarquables potentielles sur la zone d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Contraintes réglementaires (protection nationale)	Enjeux	Localisation
Lissotriton helveticus (Razoumowsky, 1789)	Triton palmé	AC	P	Modéré	Secteur d'aménagement de Noisy-Champs

Source : Les données présentées dans le tableau ci-dessus sont extraites de la fiche ZNIEFF « Mares de la Butte Verte », du Plan de gestion des îles de la Marne et d'une étude pour la valorisation du potentiel écologique du projet de coulée verte (2003). Légende : DZ : Déterminant ZNIEFF ; Statut en Ile-de-France C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare ; Espèce protégée : P

b. Résultats des expertises de terrain

Liste des espèces d'amphibiens remarquables recensées sur la zone d'étude (source : Biotope, 2013, 2014 et 2015)

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Contraintes réglementaires (Protection Nationale)	Enjeux	Localisation
Bufo calamita	Crapaud calamite	R Déterminante de ZNIEFF	Espèce inscrite à l'annexe IV de la directive Habitats Espèce et habitats intégralement protégés en France (art. 2)	Fort	Secteur d'aménagement de Villejuif-Institut-Gustave-Roussy
Alytes obstetricans	Alyte accoucheur	AR	P (Directive Habitats Annexe IV)	Fort	
Ichthyosaura alpestris	Triton alpestre	AR Déterminante de ZNIEFF	Espèce intégralement protégée (art. 3)	Fort	Secteur d'aménagement de Noisy-Champs
Rana dalmatina	Grenouille agile	AC	Espèce et habitats intégralement protégés (art. 2) Espèce inscrite à l'annexe IV de la directive Habitats)	Modéré	Secteur d'aménagement de Noisy-Champs
Lissotriton vulgaris	Triton ponctué	PC	Espèce intégralement protégée en France (art. 3)	Modéré	Secteur d'aménagement de Villejuif-Institut-Gustave-Roussy et de Noisy-Champs
Triturus cristatus	Triton crêté	PC	Espèce intérêt communautaire protégée en Europe (annexes II & IV de la Directive Habitats) Espèce et habitats intégralement protégés (art. 2)	Modéré	Secteur d'aménagement de Noisy-Champs
Bufo bufo	Crapaud commun	AC	Espèce intégralement protégée en France (art. 3)	Modéré	Secteur d'aménagement de Noisy-Champs
Pelophylax kl. esculentus	Grenouille verte	C	Espèce inscrite à l'annexe V de la directive Habitats Espèce protégée en France (art. 5)	Faible	Secteur d'aménagement de Villejuif-Institut-Gustave-Roussy et de Noisy-Champs

Légende : DZ : Déterminant ZNIEFF ; Statut en Ile-de-France C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare ; Espèce protégée : P



Crapaud calamite observé en chasse dans le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy (Espace d'aventures du parc départemental des Hautes Bruyères) © Biotope 2014



Triton ponctué mâle observé dans la mare du secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy © Biotope 2014

Les habitats de reproduction recensés sur le fuseau d'étude sont typiquement des zones humides permanentes ou temporaires de type mares, plans d'eau, fossés humides, bassin ornemental, etc.

Les habitats terrestres (hivernage et chasse) favorables rencontrés sur le fuseau d'étude restent limités :

- aux zones boisées localisées à proximité des zones humides, utilisées également comme zones d'hivernage,
- aux friches et prairies, en particulier les plus humides d'entre-elles.

Secteur d'aménagement de Noisy-Champs

Les amphibiens se reproduisent au niveau de points d'eau (mares, fossés) situés dans les secteurs nord et sud du parc ainsi que dans le boisement à l'est de la N370. Les habitats boisés servent quant à eux de milieux pour l'hivernage. L'ensemble des habitats nécessaires à la réalisation du cycle des amphibiens est présent sur le secteur d'aménagement. Aucun déplacement de population n'a été observé lors de notre passage. Il est cependant probable que des individus traversent les voiries pour rallier les différents points d'eau. En outre, les habitats aquatiques sont fortement menacés par l'urbanisation et l'occupation des boisements par les gens du voyage

Secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy (Parc départemental des Hautes Bruyères

Cinq mares ont été aménagées en réseau au sein de l'Espace d'aventures archéologiques au nord-ouest du parc Départemental des Hautes Bruyères. Actuellement, suite à un dysfonctionnement du système d'alimentation en eau (com. pers.), seule la mare située au point le plus bas (extrémité ouest) est inondée. Cette mare, équipée d'un exutoire et empoissonnée, constitue le seul habitat de reproduction du Crapaud calamite sur le secteur d'aménagement, malgré leur vulnérabilité face à la prédation. Elle abrite également le Triton ponctué et la Grenouille verte.

Au sud-est du parc des Départemental Hautes Bruyères, au niveau de la rigole de la redoute des Hautes Bruyères, des têtards d'Alyte accoucheur ont été contactés lors des inventaires naturalistes. Espèce assez rare en Ile-de-France, elle constitue un enjeu fort sur le site tout comme le Crapaud Calamite.

En phase terrestre, les amphibiens trouvent certainement refuge dans le talus encadrant l'Espace d'aventure. Le Crapaud calamite est particulièrement adapté aux milieux ouverts, s'enfouit dans les sols meubles ou se cache sous des pierres ou autres structures bétonnées. Il s'agit d'une espèce pionnière susceptible d'effectuer des déplacements sur de longues distances. Il est donc présumé que l'espèce exploite l'ensemble du parc et ses environs.



Vue sur l'Espace d'aventures archéologiques. Au premier plan, la mare siège de la reproduction du Crapaud calamite sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy (Parc départemental des Hautes Bruyères) © Biotope 2014



Mare inondée : site de reproduction du Crapaud calamite sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy (Parc départemental des Hautes Bruyères) © Biotope 2014

c. Enjeux relatif aux amphibiens sur les secteurs d'aménagement expertisés

Les expertises relatives aux amphibiens menées en 2013, 2014 et 2015 ont mis en évidence la présence de 8 espèces protégées. Parmi celles-ci, le Crapaud calamite (Bufo calamita), l'Alyte accoucheur (Alytes obstetricans) et le Triton alpestre (Ichthyosaura alpestris) présentent un fort enjeu de conservation : la Grenouille agile (Rana dalmatina), le Triton ponctué (Lissotriton vulgaris), le Triton crêtés (Triturus cristatus) et le Crapaud commun (Bufo bufo) présentent un enjeu de conservation moyen ; et la Grenouille verte présentent un faible enjeu de conservation.

Ces espèces se répartissent sur les secteurs d'aménagement de Noisy-Champs et de Villejuif Institut Gustave Roussy ou elles présentent respectivement un enjeu de conservation moyen à fort.

Secteurs d'aménagements	Niveaux d'enjeu
Gare de Noisy-Champs	Enjeu fort
Gare de Villejuif Institut Gustave-Roussy	Enjeu fort

2.13.10.6 Insectes

a. Espèces patrimoniales et/ou protégées identifiées par la bibliographie

Liste des espèces d'insectes remarquables potentielles sur la zone d'étude

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Contraintes réglementaires (protection régionale)	Enjeux	Localisation
Lépidoptères rhopalocères					
Callimorpha quadripunctaria	Ecaille chinée	C	(Directive Habitats Annexe II)	Faible	Parc des Lilas

Source : Diagnostic écologique et schéma d'aménagement durable de la ville de Vitry-sur-Seine
Légende : DZ: Déterminant de ZNIEFF ; Statut en Ile-de-France C : Commun ; AC : Assez Commun, PC : Peu commun ; AR : Assez Rare, R : Rare, TR : Très Rare ; Espèce protégée : P

b. Résultats des expertises de terrain

Sur l'ensemble des secteurs d'aménagement, 40 espèces d'insectes ont été inventoriées dont 11 espèces d'orthoptères, 12 odonates, 15 rhopalocères et 4 autres espèces d'insectes.

3 espèces associées aux zones humides sont considérées comme patrimoniales du fait de leur statut précaire et conformément aux inventaires et listes rouges qui ont été publiés à ce jour.

Liste des espèces d'insectes remarquables recensées sur la zone d'étude (source : Biotope, 2014)

Nom scientifique	Nom français	Statuts en Île-de-France	Contraintes réglementaires	Enjeu	Localisation
Orthoptères					
Chorthippus albomarginatus	Criquet marginé	Menacé	-	Modéré	Gare Villejuif IGR
Odonates					
Erythromma lindenii	Agrion de Van der Linden	DZ	-	Faible	Friche Arrighi
Coléoptères					
Euplagia quadripunctaria	Écaille chinée	-	(Directive Habitats Annexe II)	Faible	Friche Arrighi

Description des milieux

Les insectes se retrouvent sur deux types de milieux à l'échelle du fuseau d'étude : les zones dites anthropisées et les zones ouvertes herbeuses de type friches et prairies.

Les zones ouvertes herbeuses (friches, prairies) sont globalement favorables à l'ensemble des taxons entomologiques traités dans le cadre de cette étude, notamment pour le groupe des Orthoptères et celui des Lépidoptères. Ces secteurs sont également utilisés par les odonates en chasse, en transit ou en maturation.

Les secteurs mésohygrophiles abritent les espèces les plus patrimoniales comme le criquet marginé (Chorthippus albomarginatus).

Description des cortèges d'espèces

Au vu des habitats présents sur le fuseau d'étude, les espèces d'insectes présentes se répartissent en quatre cortèges principaux dont le cortège des insectes des zones humides.

c. Enjeux relatifs aux insectes

Les expertises relatives aux insectes menées en 2014 ont mis en évidence la présence de 40 espèces parmi lesquelles, 3 sont inféodées aux milieux humides identifiés et présentent un intérêt patrimonial (Criquet marginé, Agrion de Van der Linden, Écaille chinée).

Sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy, le Criquet marginé présente un enjeu de conservation modéré.

Secteur d'aménagement	Niveau d'enjeu
Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	Enjeu modéré (présence du Criquet marginé)
Friche Arrighi	Enjeu faible (Présence de l'Ecaille chiné et de l'Agrion van der Linden)

2.13.10.7 Faune piscicole

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, les inventaires ont été réalisés sur les secteurs où le projet présentait une interaction potentielle avec les milieux aquatiques, en l'occurrence la Seine et la Marne.

Parmi les secteurs expertisés, trois sont retenus pour l'analyse des enjeux et des impacts en raison de leur interaction avérée avec le projet (Ile de Monsieur, Pont de Sèvres et la friche Arrighi Vitry). Ils sont tous localisés en berge de Seine, toutefois, seul le secteur d'aménagement de la friche Arrighi Vitryu présente des zones humides à proximité.

Une analyse fine sur ce groupe a été traitée dans le cadre de la thématique « frayères » du dossier Loi sur l'eau.

L'analyse succincte des principaux enjeux permet de conclure sur le fait que :

- Aucune des espèces patrimoniales ou protégées, potentiellement présentes d'après la bibliographie, n'a été observée en 2014. De plus, aucune zone de reproduction (frayères) avérée n'a été recensée pour celles-ci,
- Seules des espèces communes ont été observées (Gardons, Chevaine) et principalement à affinités phytophiles (herbiers aquatiques). Elles trouveront des zones de frayères favorables à leur reproduction sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur, du Pont de Sèvres et de la Friche Arrighi.

Cependant, dans le contexte de la Seine parisienne, le niveau d'enjeu concernant l'ichtyofaune sur les secteurs d'aménagements est considéré comme faible à fort pour les zones de frayères d'espèces phytophiles.

Les secteurs d'aménagement présentent une capacité d'accueil limité pour la ponte de l'ichtyofaune. Il s'agit principalement de milieu de déplacement pour les espèces piscicoles.

Enjeux relatifs à la faune piscicole

Secteurs d'aménagements	Niveaux d'enjeux et caractéristiques des secteurs d'aménagements
Friche Arrighi Vitry	Présence avérée mais limitée de frayères

2.13.10.8 Espèces invasives

a. Flore

Plusieurs espèces végétales d'origine exotique ont été recensées sur le fuseau d'étude notamment au niveau des zones de friche. Certaines d'entre elles peuvent présenter un caractère envahissant et se substituer à la végétation originelle ; elles sont alors qualifiées d'invasives. Ces différentes espèces ont un pouvoir envahissant faible à fort sur le fuseau d'étude selon leur dynamique végétale évaluée par secteur.

Nom scientifique	Nom français	Dynamique végétale	Localisation
Ailanthus altissima	Ailanthe	Forte	Friche Arrighi
Impatiens parviflora	Balsamine à petites fleurs	Potentielle	Sur le fuseau d'étude
Buddléia davidii	Buddléja de David	Forte	Friche Arrighi
Reynoutria japoonica	Renouée du Japon	Forte	Gare de Noisy-Champs
			Gare de Noisy-Champs
Robinia pseudoacacia	Robinier	Forte	Gare de Villejuif IGR (Parc départemental des Hautes Bruyères)
			Friche Arrighi
			Gare de de Noisy-Champs
		Faible	Gare de Noisy-Champs (Parc de la Butte Verte)
			Gare de Villejuif IGR (Parc départemental des Hautes Bruyères)
Senecio inaequidens	Séneçon du Cap	Modérée	Friche Arrighi

Nom scientifique	Nom français	Dynamique végétale	Localisation
Solidago canadensis	Solidage du Canada	Modérée	Gare de Noisy-Champs
Parthenocissus inserta	Vigne-vierge	Modérée	Friche Arrighi

b. Faune

A l'échelle du fuseau d'étude, plusieurs espèces sont signalées comme pouvant entraîner des déséquilibres biologiques, il s'agit du Poisson chat (Ameiurus melas), du Silure (Silurus glanis), de la Perche soleil (Lepomis gibbosus), de l'Ecrevisse américaine (Orconectes limosus) et de l'Ecrevisse de Louisiane (Procambarus clarkii) sur les secteurs d'aménagements de l'Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres,



Ecrevisse américaine - © SGP - Biotope 2014

2.13.10.9 Synthèse des enjeux écologiques liés à la faune et la flore inféodés aux zones humides

Le tableau ci-dessous synthétise les enjeux écologiques pour l'ensemble des groupes étudiés.

Secteurs d'aménagement	Eléments remarquables identifiés	Évaluation du niveau d'enjeu	Contraintes réglementaires	
Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	- Crapaud calamite, Alyte accoucheur - Criquet marginé, Triton ponctué - Conocéphale gracieux, Grenouille verte	Fort Modéré Faible	Contrainte réglementaire (protection des individus et des habitats d'amphibiens)	
Friche Arrighi	- Agrion de Van Der Linden, Ecaille chinée, Conocéphale gracieux, Bergeronnette des ruisseaux, faune piscicole commune, frayères limitées à proximité	Faible	Contrainte réglementaire (protection des individus et des habitats pour l'avifaune)	
Gare de Noisy-Champs	- Triton alpestre - Grenouille agile, Triton ponctué, Triton crêté, Crapaud commun, Utriculaire citrine - Grenouille verte	Fort Modéré Faible	Contrainte réglementaire (protection des individus et des habitats pour certaines espèces)	

2.13.11 Fonctionnalité des zones humides identifiées

Le but de cette phase est d'identifier qualitativement au sein des zones humides précédemment délimitées celles revêtant une importance particulière que ce soit vis-à-vis des fonctions et services rendus qui leurs sont attribués, ou des menaces pesant sur elles.

L'objectif de cette étape sera de confronter les différentes thématiques liées aux enjeux avec les fonctionnalités communément assimilées aux zones humides.

Cette réflexion se décline en 4 thématiques principales :

- Les enjeux/fonctions liés à l'amélioration de la qualité de l'eau,
- Les enjeux/fonctions liés à la régulation de la quantité d'eau,
- Les enjeux/fonctions liés à la biodiversité,
- Les enjeux/fonctions liés aux usages socio-économiques.

Une fiche « zone humide » sur le modèle dit du « tronc commun national zone humides de l'IFEN (2002) », revisité par le Forum de Marais Atlantiques en 2012, est éditée par secteur d'aménagement concerné (SMR de Champigny et Gare de Noisy-Champs). Cette fiche présente les zones humides avérées sur le secteur. Elle est remplie à hauteur des informations collectées dans la bibliographie (SRCE, Schéma régional des berges d'Ile-de-France, zones de protection et d'inventaires, SAGE, Zones à dominante humide de l'AESN, données du PIREN –Seine, etc.) et complétées des données collectées sur le terrain et lors de la phase de cartographie (description générale de la zone, surface, altitude, listes des habitats,…).

Les zones humides hors secteurs d'aménagements mais présentes à proximité (Friche Arrighi et gare de Villejuif Institut Gustave Roussy) ont fait l'objet d'une fiche dans le cadre de l'étude du Syndicat (SMBVB). Les fiches présentées ci-après sont donc issues de l'étude d'inventaire des zones humides menée par le SMBVB. Leurs fonctionnalités sont reprises : la fonctionnalité est dégradée pour la Friche Arrighi et bonne concernant Villejuif institut Gustave Roussy.

2.13.11.1 Secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif IGR

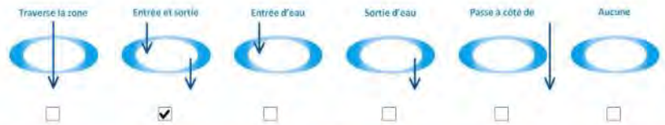
CRITERES DE DELIMITATION CARTOGRAPHIQUE

☑	Végétation hygrophile
☐	Hydromorphie du sol
☐	Topographie
☐	Hydrologie
☑	Aménagement humain

HYDROMORPHIE DU SOL

☐	Sol rédoxique	*Apparition des traces d'hydromorphie (cm)*
☐	Sol tourbeux	
☐	Sol réductique	*Disparition des traces d'hydromorphie (cm)*
☐	Autre	

HYDROLOGIE



☐	☑	☐	☐	☐	☐

FONCTIONS HYDROLOGIQUES

☑	Régulation naturelle des crues
☐	Ralentissement du ruissellement, protection contre l'érosion
☐	Stockage des eaux de surface, recharge des nappes, soutien naturel d'étiage

FONCTIONS EPURATRICES

☑	Interception des matières en suspension et des toxiques
☑	Régulation des nutriments

DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE *

☐	Proche de l'équilibre naturel
☐	Sensiblement dégradé, ne remettant pas en cause les équilibres naturels
☐	Dégradé, perturbant les équilibres naturels
☐	Très dégradé, les équilibres étant rompus

** : Ne concerne pas les zones humides d'origine anthropique*

FONCTIONS BIOLOGIQUES

☐	Stockage de carbone
☐	Support de biodiversité (diversité ou intérêt patrimonial d'espèce(s) ou d'habitat(s))
☐	Zone d'alimentation, de reproduction et d'accueil pour la faune
☐	Corridor écologique
☐	Autres

ESPECES VEGETALES CARACTERISTIQUES

- *Lycopus europaeus L.*
- *Lysimachia vulgaris L.*
- *Lythrum salicaria L.*
- *Polygonum amphibium L.*
- *Typha angustifolia L.*
- *Typha latifolia L.*

Liste de valeurs issues de l'arrêté du 24 juin 2008

ESPECES ANIMALES

max. 14 valeurs

Fiche n° 198 *Rigole de la Redoute des Hautes Bruyères*

2.13.11.2 Secteur d'aménagement de la Friche Arrighi

FONCTIONS MAJEURES	
☐	Biologique
☑	Hydraulique
☑	Épuratrice

ETAT DE CONSERVATION DU MILIEU	
▣	Habitat non dégradé
▣	Habitat partiellement dégradé
▣	Habitat dégradé à fortement dégradé

ACTIVITES ET USAGES DANS LE SITE	
☐	Agriculture
☐	Fauchage
☐	Pâturage
☐	Culture
☐	Sylviculture
☐	Pêche
☐	Chasse
☐	Navigation
☐	Tourisme et loisirs
☑	Urbanisation
☐	Infrastructures linéaires
☐	Aérodrome, aéroport, héliport
☐	Extraction de granulats, mines
☐	Activité hydroélectrique, barrage
☐	Activité militaire
☐	Gestion conservatoire
☐	Prélèvements d'eau
☐	Pas d'activité marquante
☐	Autres

ATTEINTES ET MENACES	
☐	Mise en culture, travaux du sol
☐	Surpâturage
☐	Populiculture intensive ou enrésinement
☐	Eutrophisation
☐	Urbanisation
☐	Surfréquentation
☐	Suppression des haies, talus et bosquets
☐	Remblais
☑	Présence d'espèce(s) invasive(s)
☐	Modification du cours d'eau, canalisation
☐	Fertilisation, amendement, emploi de phytosanitaires
☐	Enfrichement, fermeture du milieu
☐	Décharge
☐	Création de plans d'eau
☐	Atterrissement, envasement
☐	Assèchement, drainage
☐	Autres
☐	Aucune

REMARQUES ACTIVITES/MENACES

VALEURS MAJEURES

☐	Économique
☑	Culturelle et paysagère
☐	Sociale et récréative

REMARQUES

Zone humide artificielle.

ACTIONS A MENER	
▣	Restaurer/Réhabiliter et mettre en place un plan de gestion
▣	Entretenir et mettre en place un plan de gestion
▣	Surveiller l'évolution
▣	Maintenir la bonne gestion
▣	Ne pas intervenir
▣	Autres

FAISABILITE

- ▣ Bonne
- ▣ Moyenne
- ▣ Mauvaise

SOURCE

Maîtrise d'ouvrage :
Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre
Maîtrise d'oeuvre :
BIOTOPE
Année : 2013
Nom de l'étude :
Inventaire des zones humides du BV de la Bièvre

Fiche n° 198 *Rigole de la Redoute des Hautes Bruyères*

CRITERES DE DELIMITATION CARTOGRAPHIQUE	
☑	Végétation hygrophile
☐	Hydromorphie du sol
☐	Topographie
☐	Hydrologie
☐	Aménagement humain

HYDROMORPHIE DU SOL		
▣	Sol rédoxique	*Apparition des traces d'hydromorphie (cm)*
▣	Sol tourbeux	
▣	Sol réductique	*Disparition des traces d'hydromorphie (cm)*
▣	Autre	

HYDROLOGIE



☐ ☑ ☐ ☐ ☐ ☐

FONCTIONS HYDROLOGIQUES	
☑	Régulation naturelle des crues
☐	Ralentissement du ruissellement, protection contre l'érosion
☐	Stockage des eaux de surface, recharge des nappes, soutien naturel d'étiage

DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE *	
▣	Proche de l'équilibre naturel
▣	Sensiblement dégradé, ne remettant pas en cause les équilibres naturels
▣	Dégradé, perturbant les équilibres naturels
▣	Très dégradé, les équilibres étant rompus

** : Ne concerne pas les zones humides d'origine anthropique*

FONCTIONS EPURATRICES

☑	Interception des matières en suspension et des toxiques
☐	Régulation des nutriments

FONCTIONS BIOLOGIQUES

☐	Stockage de carbone
☐	Support de biodiversité (diversité ou intérêt patrimonial d'espèce(s) ou d'habitat(s))
☐	Zone d'alimentation, de reproduction et d'accueil pour la faune
☐	Corridor écologique
☐	Autres

ESPECES VEGETALES CARACTERISTIQUES

- *Agrostis stolonifera L.*
- *Juncus bufonius L.*

Liste de valeurs issues de l'arrêté du 24 juin 2008

ESPECES ANIMALES

max. 14 valeurs

Fiche n° 191 *Bassin de décantation du site Aldes de Vitry-sur-Seine*

FONCTIONS MAJEURES	
☐	Biologique
☐	Hydraulique
☑	Épuratrice

ETAT DE CONSERVATION DU MILIEU	
▣	Habitat non dégradé
▣	Habitat partiellement dégradé
▣	Habitat dégradé à fortement dégradé

ACTIVITES ET USAGES DANS LE SITE	
☐	Agriculture
☐	Fauchage
☐	Pâturage
☐	Culture
☐	Sylviculture
☐	Pêche
☐	Chasse
☐	Navigation
☐	Tourisme et loisirs
☑	Urbanisation
☐	Infrastructures linéaires
☐	Aérodrome, aéroport, héliport
☐	Extraction de granulats, mines
☐	Activité hydroélectrique, barrage
☐	Activité militaire
☐	Gestion conservatoire
☐	Prélèvements d'eau
☐	Pas d'activité marquante
☐	Autres

ATTEINTES ET MENACES	
☐	Mise en culture, travaux du sol
☐	Surpâturage
☐	Populiculture intensive ou enrésinement
☐	Eutrophisation
☐	Urbanisation
☐	Surfréquentation
☐	Suppression des haies, talus et bosquets
☐	Remblais
☐	Présence d'espèce(s) invasive(s)
☐	Modification du cours d'eau, canalisation
☐	Fertilisation, amendement, emploi de phytosanitaires
☐	Enfrichement, fermeture du milieu
☐	Décharge
☐	Création de plans d'eau
☐	Atterrissement, envasement
☐	Assèchement, drainage
☐	Autres
☐	Aucune

REMARQUES ACTIVITES/MENACES

VALEURS MAJEURES	
☐	Économique
☐	Culturelle et paysagère
☐	Sociale et récréative

REMARQUES

ACTIONS A MENER	
▣	Restaurer/Réhabiliter et mettre en place un plan de gestion
▣	Entretenir et mettre en place un plan de gestion
▣	Surveiller l'évolution
▣	Maintenir la bonne gestion
▣	Ne pas intervenir
▣	Autres

FAISABILITE

▣ Bonne
▣ Moyenne
▣ Mauvaise

SOURCE

Maîtrise d'ouvrage :
Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre
Maîtrise d'oeuvre :
BIOTOPE
Année : 2013
Nom de l'étude :
Inventaire des zones humides du BV de la Bièvre

Fiche n° 191 *Bassin de décantation du site Aldes de Vitry-sur-Seine*

2.13.11.3 Secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs

FICHE N°3	Toponymie	Noisy-Champs
Typologie SDAGE	☐ Grands estuaires ☐ Baies et estuaires moyens et plats ☐ Marais et lagunes côtiers ☐ Marais saumâtres aménagés ☐ Bordures et cours d'eau et plaines alluviales ☐ Zones humides de bas-fond en tête de bassin (Ou zones humides de montagne, colline) ☐ Régions d'étangs ☐ Bordures de plans d'eau ☐ Marais et landes humides de plaines et plateaux ☒ Zones humides ponctuelles ☐ Marais aménagés dans un but agricole ☐ Zones humides artificielles		
Typologie principale	22.1	**Typologies secondaires**	22.41

CRITERES DE DELIMITATION	
☒	Végétation hydrophile
☐	Hydromorphie du sol
☒	Topographie
☒	Hydrologie
☐	Aménagement humain

HYDROMORPHIE DU SOL	
☐	Sol rédoxique : ☐IVb ☐Va ☐Vb ☐Vc ☐Vd
☐	Sol tourbeux
☐	Sol réductique : ☐VIc ☐VId

Apparition des traces d'hydromorphie (cm) :
Disparition des traces d'hydromorphie (cm) :

HYDROLOGIE

Traverse la zone	Entrée et sortie	Entrée d'eau	Sortie d'eau	Passe à côté de	Aucune
☐	☐	☐	☐	☐	☒

FONCTIONS HYDRAULIQUES	
☐	Régulation naturelle des crues
☐	Ralentissement du ruissellement, protection contre l'érosion
☒	Stockage des eaux de surface, recharge des nappes, soutien naturel d'étiage (limité)

DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE	
☐	Proche de l'équilibre naturel
☒	Sensiblement dégradé, ne remettant pas en cause les équilibres naturels
☒	Dégradé, perturbant les équilibres naturels
☐	Très dégradé, les équilibres étant rompus

** : Ne concerne pas de zones humides anthropiques*

FONCTIONS EPURATRICES	
☐	Interception des MES et des toxiques
☐	Régulation des nutriments (limité)

FONCTIONS BIOLOGIQUES	
☐	Stockage de carbone
☒	Support de biodiversité (diversité ou intérêt patrimonial d'espèce(s) ou d'habitat(s))
☒	Zone d'alimentation, de reproduction et d'accueil pour la faune
☒	Corridor écologique

ESPECES VEGETALES CARACTERISTIQUES
Lentilles d'eau

ESPECES ANIMALES CARACTERISTIQUES
Amphibiens protégés : Triton alpestre, Triton crêté, Grenouille agile, Crapaud commun, Grenouille verte

ETAT DE CONSERVATION DU MILIEU	
☐	Habitat non dégradé
☒	Habitat partiellement dégradé
☒	Habitat dégradé à fortement dégradé

ACTIVITES ET USAGES DE LA ZONE	
☐	Agriculture
☐	Fauchage

VALEURS SOCIO-ECONOMIQUES	
☐	Tourisme
☐	Valeur scientifique

☐	Pâturage
☐	Culture
☐	Sylviculture
☐	Aquaculture
☐	Pêche
☐	Chasse
☐	Navigation
☐	Tourisme et loisirs
☒	Urbanisation
☐	Infrastructures linéaires
☐	Aérodrome, aéroport, héliport
☐	Port
☐	Extraction de granulats, mines
☐	Activité hydroélectrique, barrage
☐	Activité militaire
☐	Gestion conservatoire
☐	Prélèvements d'eau

☐	Intérêt pour les loisirs/valeurs récréatives
☐	Paysage, patrimoine culturel, identité locale
☐	Intérêt pour la valorisation pédagogique/éducation
☐	Production de matière première (Granulat, etc.)
☐	Production agricole et sylvicole (Pâturage, fauche)
☐	Production biologique (pêche)
☐	Production et stockage d'eau potable
☒	Pas de valeur socio-économique identifiée autre
☐	Autres (à préciser en remarque)

ATTEINTES	
☒	Rejets polluant
☐	Extraction de matériaux
☐	Mise en culture, travaux du sol
☐	Populiculture intensive ou enrésinement
☒	Eutrophisation
☒	Urbanisation
☐	Surfréquentation
☐	Suppression des haies, talus et bosquets
☐	Remblais
☐	Présence d'espèce(s) invasive(s)
☐	Modification du cours d'eau, canalisation
☐	Fertilisation, amendement, phytosanitaires
☐	Enfrichement, fermeture du milieu
☒	Décharge
☐	Création de plans d'eau
☒	Atterrissement, envasement
☐	Assèchement, drainage
☐	Surpâturage
☐	Pas d'atteinte

MENACES	
☐	Activité à risques à proximité
☒	Projet prévu dans ou à proximité
☐	Aggravation des atteintes

NIVEAU DE MENACE	
☐	Faible
☒	Moyen
☐	Fort
☐	Inconnu

FONCTIONS MAJEURES	
☒	Biologique
☐	Hydraulique
☐	Epuratrice

VALEURS MAJEURES	
☐	Économique
☐	Culturelle et paysagère
☐	Sociale et récréative

2.13.11.4 Secteur du SMR de Champigny

FICHE N°3	Toponymie	SMR de Champigny

Typologie SDAGE	
☐	Grands estuaires
☐	Baies et estuaires moyens et plats
☐	Marais et lagunes côtiers
☐	Marais saumâtres aménagés
☐	Bordures et cours d'eau et plaines alluviales
☐	Zones humides de bas-fond en tête de bassin (Ou zones humides de montagne, colline)
☐	Régions d'étangs
☐	Bordures de plans d'eau
☐	Marais et landes humides de plaines et plateaux
☒	Zones humides ponctuelles
☐	Marais aménagés dans un but agricole
☐	Zones humides artificielles

Typologie principale	84.3	Typologies secondaires	87.1

CRITERES DE DELIMITATION	
☐	Végétation hydrophile
☒	Hydromorphie du sol
☒	Topographie
☐	Hydrologie
☐	Aménagement humain

HYDROMORPHIE DU SOL	
☐ Sol rédoxique : ☐IVb ☐Va ☐Vb ☐Vc ☐Vd	*Apparition des traces d'hydromorphie (cm) :* *Variable 0 à 40*
☐ Sol tourbeux	*Disparition des traces d'hydromorphie (cm) :*
☐ Sol réductique : ☒VIc ☒VId	

HYDROLOGIE

Traverse la zone	Entrée et sortie	Entrée d'eau	Sortie d'eau	Passe à côté de	Aucune
☐	☐	☐	☐	☐	☒

FONCTIONS HYDRAULIQUES	
☐	Régulation naturelle des crues
☐	Ralentissement du ruissellement, protection contre l'érosion
☐	Stockage des eaux de surface, recharge des nappes, soutien naturel d'étiage

DIAGNOSTIC HYDROLOGIQUE	
☐	Proche de l'équilibre naturel
☐	Sensiblement dégradé, ne remettant pas en cause les équilibres naturels
☐	Dégradé, perturbant les équilibres naturels
☐	Très dégradé, les équilibres étant rompus

** : Ne concerne pas de zones humides anthropiques*

FONCTIONS EPURATRICES	
☐	Interception des MES et des toxiques
☐	Régulation des nutriments (limité)

FONCTIONS BIOLOGIQUES	
☐	Stockage de carbone
☐	Support de biodiversité (diversité ou intérêt patrimonial d'espèce(s) ou d'habitat(s))
☐	Zone d'alimentation, de reproduction et d'accueil pour la faune
☐	Corridor écologique

ESPECES VEGETALES CARACTERISTIQUES
-

ESPECES ANIMALES CARACTERISTIQUES
-

ETAT DE CONSERVATION DU MILIEU	
☐	Habitat non dégradé
☐	Habitat partiellement dégradé
☒	Habitat dégradé à fortement dégradé

ACTIVITES ET USAGES DE LA ZONE	
☐	Agriculture
☐	Fauchage

VALEURS SOCIO-ECONOMIQUES	
☐	Tourisme
☐	Valeur scientifique

☐	Pâturage
☐	Culture
☐	Sylviculture
☐	Aquaculture
☐	Pêche
☐	Chasse
☐	Navigation
☐	Tourisme et loisirs
☒	Urbanisation
☐	Infrastructures linéaires
☐	Aérodrome, aéroport, héliport
☐	Port
☐	Extraction de granulats, mines
☐	Activité hydroélectrique, barrage
☐	Activité militaire
☐	Gestion conservatoire
☐	Prélèvements d'eau

☐	Intérêt pour les loisirs/valeurs récréatives
☐	Paysage, patrimoine culturel, identité locale
☐	Intérêt pour la valorisation pédagogique/éducation
☐	Production de matière première (Granulat, etc.)
☐	Production agricole et sylvicole (Pâturage, fauche)
☐	Production biologique (pêche)
☐	Production et stockage d'eau potable
☒	Pas de valeur socio-économique identifiée autre
☐	Autres (à préciser en remarque)

ATTEINTES	
☐	Rejets polluant
☐	Extraction de matériaux
☐	Mise en culture, travaux du sol
☐	Populiculture intensive ou enrésinement
☐	Eutrophisation
☒	Urbanisation
☐	Surfréquentation
☐	Suppression des haies, talus et bosquets
☐	Remblais
☐	Présence d'espèce(s) invasive(s)
☐	Modification du cours d'eau, canalisation
☐	Fertilisation, amendement, phytosanitaires
☒	Enfrichement, fermeture du milieu
☐	Décharge
☐	Création de plans d'eau
☐	Atterrissement, envasement
☐	Assèchement, drainage
☐	Surpâturage
☐	Pas d'atteinte

MENACES	
☐	Activité à risques à proximité
☒	Projet prévu dans ou à proximité
☐	Aggravation des atteintes

NIVEAU DE MENACE	
☐	Faible
☒	Moyen
☐	Fort
☐	Inconnu

FONCTIONS MAJEURES	
☐	Biologique
☐	Hydraulique
☐	Epuratrice
VALEURS MAJEURES	
☐	Économique
☐	Culturelle et paysagère
☐	Sociale et récréative

2.13.11.5 Synthèse sur les fonctionnalités des zones humides concernées

Dans l'ensemble, les zones humides observées sur le terrain sont dans un état de conservation bon (Villejuif Institut Gustave Roussy), à dégradé voire très dégradé (Friche Arrighi, Noisy-Champs, SMR de Champigny).

Les fonctions qu'elles continuent d'exprimer ont traits principalement à l'accueil de la biodiversité et à la reproduction de la faune inféodée à ces milieux et dans une moindre mesure au stockage des eaux de surfaces.

2.13.1 Synthèse des enjeux liés aux zones humides

Les zones humides identifiées au droit des 4 secteurs d'aménagement de la Ligne 15 Sud sont très variables en surface, état de conservation, supports d'habitat d'espèce et de fonctionnalités.

Les informations concernant les zones humides à proximité mais hors des secteurs d'aménagements de l'ouvrage annexe de la Friche Arrighi et de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy participent à définir en amont des mesures d'évitement en phase chantier.

Secteur d'aménagement	Critère de délimitation	Surface (ha)	Enjeux faune- flore/ habitat d'espèces	Habitat d'espèces	Etat de conservation / fonctionnalité	Enjeu global de la zone humide
Zones humides présentes au droit des ouvrages						
SMR de Champigny	Pédologie	1,83	Faible	-	Dégradée	Faible
Gare de Noisy-Champs	Habitats naturels	0,06	Faible à Fort	Habitat de reproduction d'amphibien	Sensiblement dégradée à dégradée	Modéré
Zones humides présentes à proximité des secteurs d'aménagement						
Friche Arrighi	Habitats naturels	0,0267	Faible	- (Bassin de décantation)	Sensiblement dégradée à dégradée	Modéré
Gare de Villejuif IGR	Habitats naturels	0,0205	Faible à Fort	Habitat de reproduction d'amphibien	Bonne	Fort

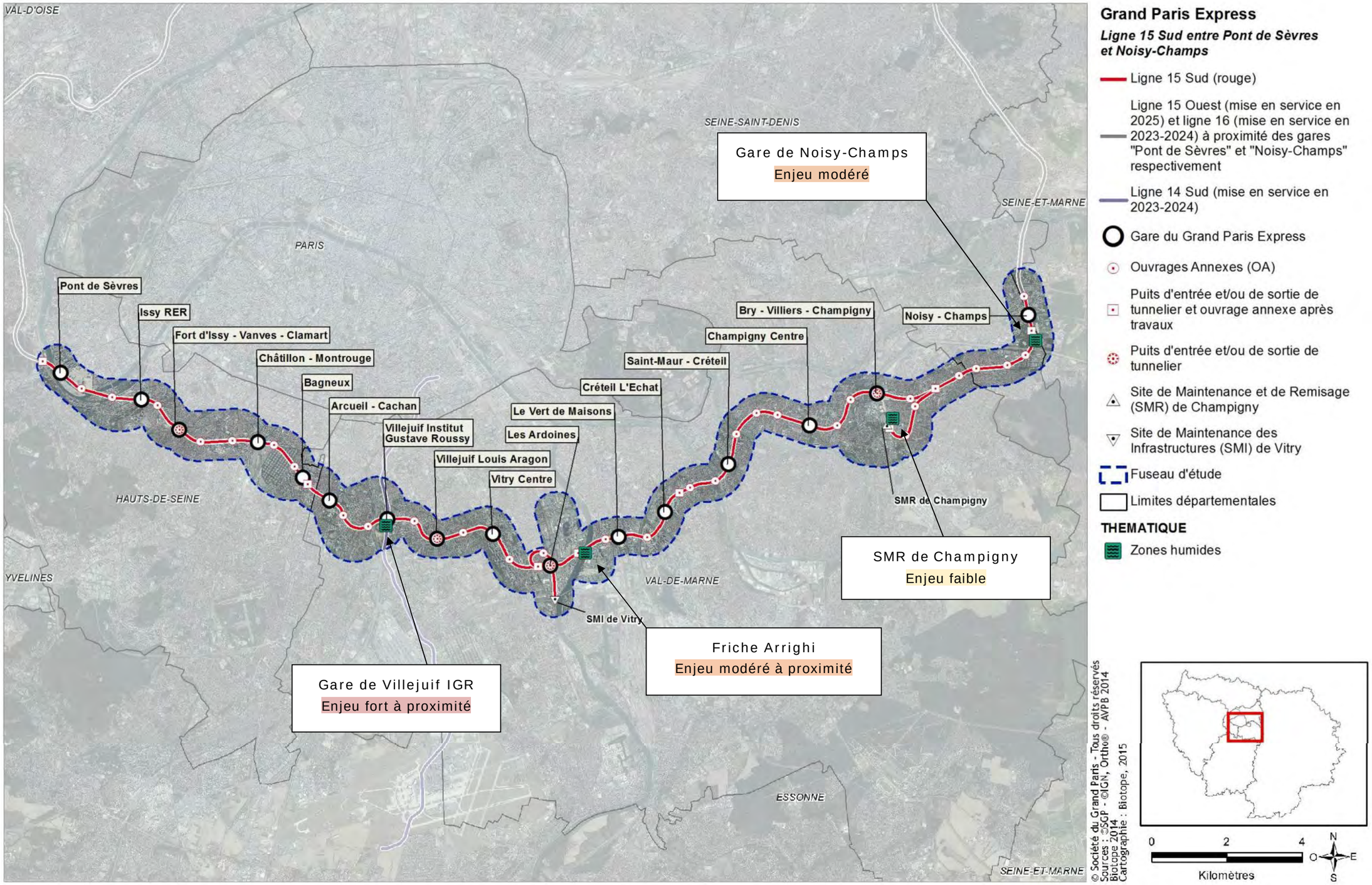
Hiérarchisation des enjeux liés aux zones humides

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Pas de zone humide sur cette section
Issy RER à Arcueil Cachan	Pas de zone humide sur cette section
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Présence d'une zone humide d'enjeu fort à proximité de la gare de Villejuif IGR
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence d'une zone humide d'enjeu modéré à proximité de la friche Arrighi
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence d'une zone humide d'enjeu faible au niveau du SMR de Champigny
	Présence de zones humides d'enjeu modéré au niveau de la gare de Noisy-Champs

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

Synthèse des enjeux liés aux zones humides sur les secteurs d'aménagements de la Ligne 15 Sud



2.14 Frayères

2.14.1 Contexte et présentation des secteurs d'aménagement concernés

Les zones de frayères, au même titre que les zones de repos et d'alimentation de la faune piscicole représentent un fort enjeu sur un corridor fluvial de portée nationale tel que la Seine.

En application de la réglementation et des préconisations fournies par le SDAGE Seine Normandie, l'inventaire et la caractérisation des frayères revêt un caractère obligatoire.

Dans cette optique, cette partie a pour finalité de :

- valider ou non la présence de frayères, de zones d'alimentation et de repos,
- délimiter les frayères par la réalisation de prospections de terrains en période favorables en lien avec les textes réglementaires en vigueur,
- déterminer in fine la surface de compensation nécessaire en cas de destructions directes de frayères par le projet.

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, les inventaires ont été réalisés sur les secteurs où le projet présentait une forte interaction avec les milieux aquatiques, en l'occurrence la Seine et la Marne.

Les trois secteurs retenus, faisant l'objet d'une analyse des enjeux et des impacts de cette partie, sont tous localisés en berge de Seine. Les secteurs d'aménagement de l'Ile de Monsieur, de Pont de Sèvres et de la Friche Arrighi Vitry étaient les seuls secteurs d'aménagement présentant un enjeu écologique pour la faune piscicole.

NB : Dans un souci de lisibilité, la relation entre les milieux aquatiques et les milieux humides étant intimement liées en contexte alluvial, les éléments de contexte abordés dans la partie Zones humides (Cf. 2.13) ne seront pas repris dans cette partie.

2.14.2 Cadrage réglementaire

2.14.2.1 Evolution législative

La préservation des écosystèmes aquatiques est l'un des objectifs principaux de la loi de 1992. Cette loi traduit la prise en compte des frayères dans la législation française à travers l'application de la nomenclature eau.

Cette nomenclature concerne une liste d'installations, d'ouvrages, de travaux et d'activités (IOTA) ayant une influence sur l'eau ou le fonctionnement des milieux aquatiques et qui sont soumis à deux régimes délivrés par la police de l'eau : autorisation et déclaration.

Cela permet à la police de l'eau d'imposer un certain nombre de règles devant être respectées. En ce qui concerne la préservation des frayères, des zones de repos et d'alimentation, la loi soumet en particulier à autorisation, la destruction pour une surface supérieure ou égale à 200 m², et à déclaration pour une surface inférieure.

2.14.2.2 Protection des espèces et des zones de frayères

En droit européen comme en droit français, le statut de protection des poissons est très variable selon les espèces.

Certaines espèces comme l'Esturgeon (Acipenser sturio) et l'Apron (Zingel asper) bénéficient d'une protection stricte, incluant celle de leurs « sites de reproduction et aires de repos », au titre de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992 (dite directive « Habitats / Faune / Flore »). Cette protection du « milieu particulier » est reprise en droit français pour les deux espèces citées (arrêté du 20 décembre 2004).

Certains autres poissons peuvent bénéficier, en droit français, de la protection de leurs « milieux particuliers, et notamment [de leurs] lieux de reproduction », ces derniers devant au préalable être désignés dans le cadre d'un arrêté préfectoral (arrêté du 8 décembre 1988). C'est le cas par exemple de certaines zones humides dites d'intérêt environnemental particulier, dont le régime de submersion permet la reproduction d'espèces piscicoles menacées telles que le brochet.

Arrêté du 23 avril 2008 fixant la liste des espèces de poissons et de crustacés et la granulométrie caractéristique des frayères en application de l'article R. 432-1 du code de l'environnement

La protection des habitats reste donc la priorité en matière de protection des espèces piscicoles et de leur devenir. Le décret du 25 mars 2008 relatif aux frayères et aux zones de croissance et d'alimentation de la faune piscicole fixe d'ailleurs que « le fait de détruire les frayères ou les zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole est puni de 20 000 euros d'amende, à moins qu'il ne résulte d'une autorisation ou d'une déclaration dont les prescriptions ont été respectées ou de travaux d'urgence exécutés en vue de prévenir un danger grave et imminent ».

Enfin, l'arrêté du 30 septembre 2014 fixent les prescriptions techniques générales applicables aux installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.5.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du code de L'environnement telles que : « Toute intervention dans le lit mineur d'un cours d'eau pouvant avoir une incidence sur les zones de frayères est interdite pendant la période de reproduction des poissons, des crustacés ou des batraciens présents et susceptibles d'utiliser les frayères. »

A noter que l'arrêté interpréfectoral portant délimitation des frayères et zones d'alimentation et de croissance de la faune piscicole prévues par l'article R.4321-1-1 du code de l'environnement est en cours d'instruction sur le département des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne lors du dépôt du dossier (Com. Pers. ONEMA, juin 2015).

Synthèse des textes réglementaires en viguer à différentes échelles

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Ichtyofaune	Règlement (CE) N° 1100/2007 du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes Directive2006/44/CE DU 6 septembre 2006 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive Habitats : articles, annexe II, annexe IV	Arrêté du 30 septembre 2014 fixant les prescriptions techniques générales applicables aux installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-3 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.1.5.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du code de L'environnement Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L.214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie Décret du 22 septembre 2010 relatif à la gestion et à la pêche de l'anguille Décret du 25 mars 2008 relatif aux frayères et aux zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole, Décret du 14 décembre 2007 relatif aux obstacles à la continuité écologique, au sens du 1° du I de l'article L. 214-17 et de l'article R. 214-1 Arrêté du 20 décembre 2004 relatif à la protection nationale de l'esturgeon. Arrêté du 08 décembre 1988 fixant la liste des poissons protégés sur l'ensemble du territoire-	Arrêté interpréfectoral portant délimitation des frayères et zones d'alimentation et de croissance de la faune piscicole prévues par l'article R.4321-1-1 du code de l'environnement (En cours d'instruction sur le département des Hauts-de-Seine, de Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne)

2.14.2.3 Statut de rareté / menace des espèces

Les listes d'espèces protégées ne sont pas nécessairement indicatrices du caractère remarquable des espèces.

Cette situation amène à utiliser d'autres outils de bioévaluation, établies par des spécialistes, pour évaluer la rareté des espèces présentes (voir tableau ci-après et bibliographie) : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Ces listes de référence n'ont pas de valeur juridique.

Synthèse des documents référence sur les statuts de rareté et menace des espèces

	Niveau européen	Niveau national	Niveau local
Ichtyofaune	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	MNHN, 1994 - Inventaire de la faune menacée en France, MNHN, 1997 - Statut de la faune de France métropolitaine, KEITH & ALLARDI, 2001 - Atlas des poissons d'eau douce de France. KEITH & MARION, 2002 – Methodology for drawing up a Red list oh threatened freshwater fish in France. P. KEITH, H. PERSAT, E. FEUNTEUN & J. ALLARDI (coord.), 2011 - Les poissons d'eau douce de France	Liste des espèces déterminantes de ZNIEFF (guide DIREN IDF 2002)

2.14.3 Outil de planification à l'échelle régionale

2.14.3.1 Schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau (SDAGE)

Les SDAGE sont élaborés sur chacun des six grands bassins hydrographiques métropolitains : Artois-Picardie, Adour-Garonne, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse et Seine-Normandie. Réalisés par le comité de bassin, ils fixent les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée de la ressource en eau. D'une portée juridique importante, ce document d'orientation s'impose aux décisions de l'État en matière de police des eaux, notamment des déclarations d'autorisation administrative (rejets, urbanismes,...) ; de même qu'il s'impose aux décisions des collectivités et établissements publics. La directive cadre européenne (DCE) sur l'eau a renforcé cet outil, en confirmant la nécessité d'une gestion et d'une planification par bassin.

Principales mesures et actions relatives aux zones de frayères et aux berges préconisées dans le SDAGE Seine Normandie en vigueur (approuvé fin octobre 2009) :

Extrait du SDAGE Seine Normandie
Disposition 46 : Limiter l'impact des travaux et aménagements sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides
Disposition 49 : Restaurer, renaturer et aménager les milieux dégradés ou artificiels
Disposition 54 : Maintenir et développer la fonctionnalité des milieux aquatiques particulièrement dans les zones de frayères
Disposition 69 : Concilier le transport par voie d'eau, la production hydroélectrique et le bon état
Disposition 90 : Eviter la propagation des espèces exotiques par les activités humaines

NB : le nouveau SDAGE Seine-Normandie sera adopté par le Comité de bassin durant l'année 2015.

2.14.3.2 Schéma Régional de Cohérence Ecologique

Situés, en petite couronne de Paris, les secteurs d'aménagement concernés sont dans un contexte très urbain. Les milieux semi-naturels et aménagés sont très anthropisés et dégradés et n'appartiennent à aucune des trames définies par le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) d'Ile-de-France.

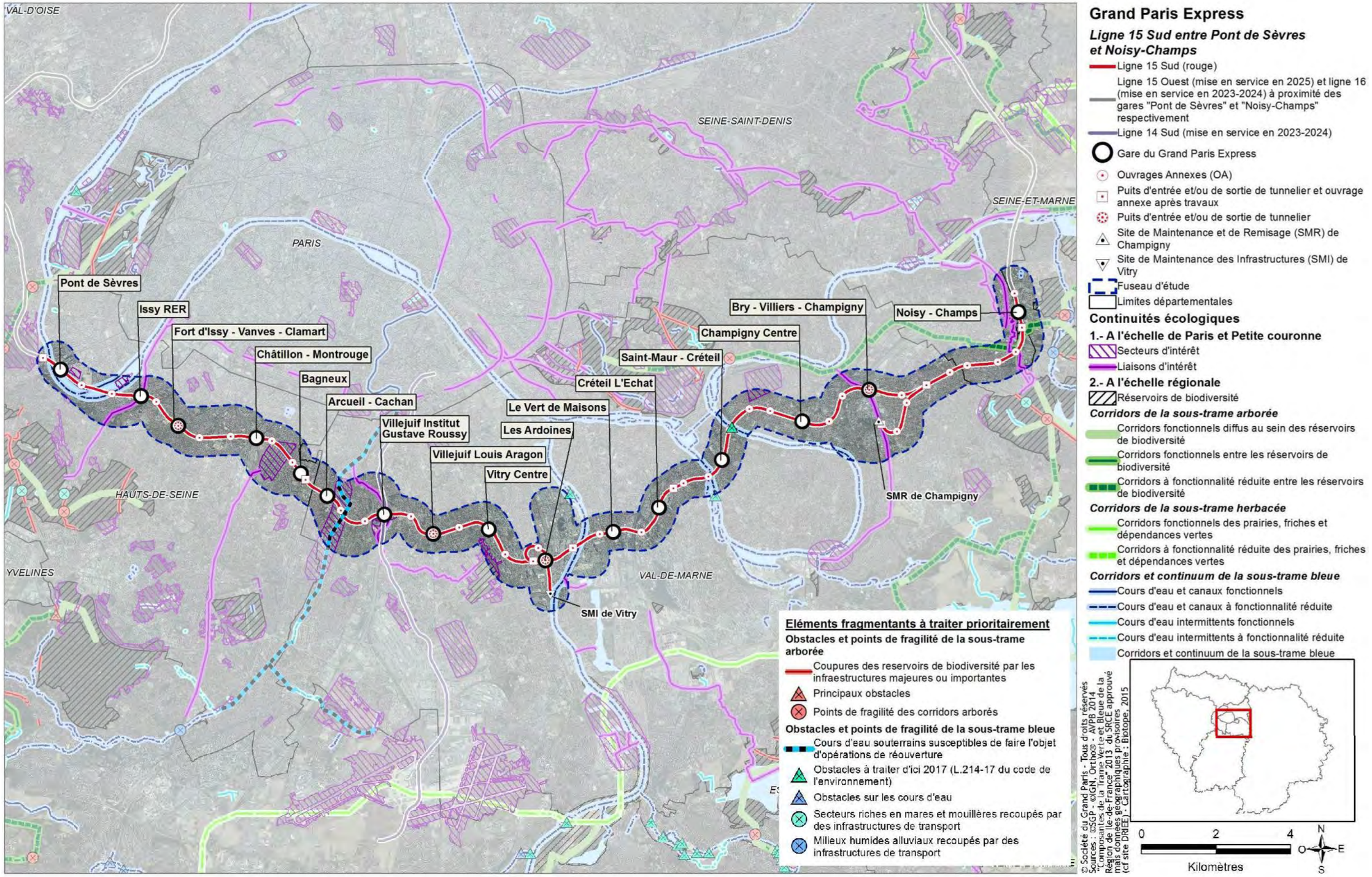
Par voie de conséquence, les secteurs concernés ne constituent pas des réservoirs écologiques à l'échelle régionale, mais sont en interactions avec le corridor alluvial d'importance nationale constitué par la Seine.

2.14.3.3 Schéma Environnemental des berges de l'Ile-de-France

A l'échelle de chaque site, le Schéma environnemental des berges d'Ile-de-France démontre que la fonctionnalité reste réduite en raison d'une artificialisation importante des berges. Sur la base de ce diagnostic, plusieurs objectifs sont définit (Voir carte page suivante):

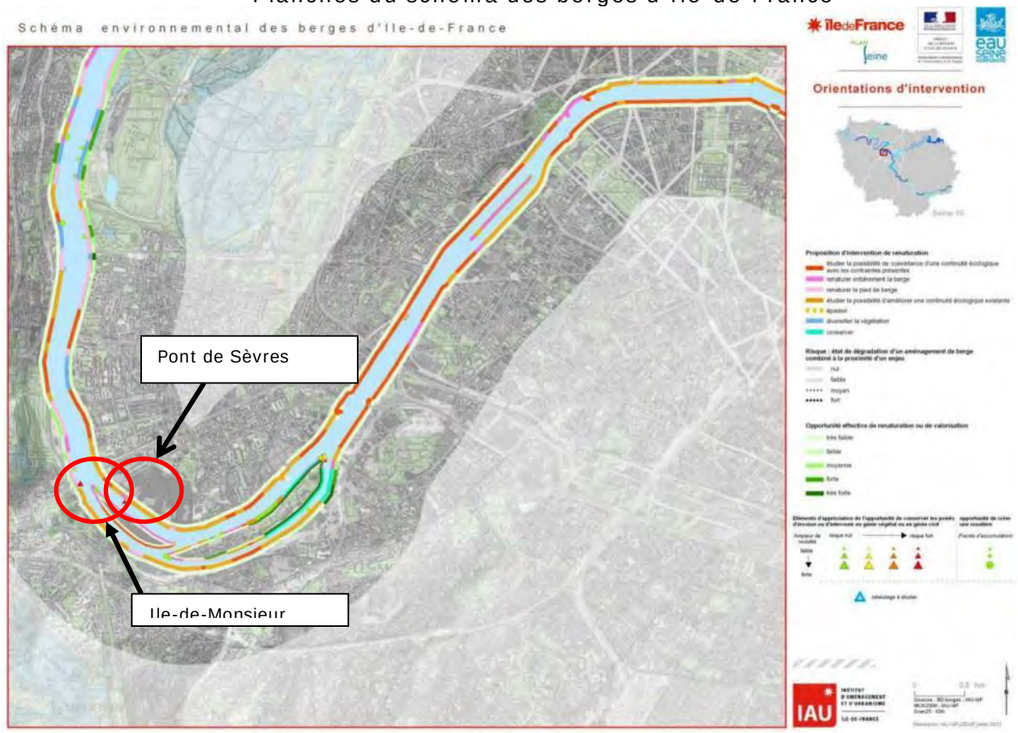
- renaturer entièrement les berges ou les pieds de berges (Ile de Monsieur),
- étudier la possibilité de coexistence de la continuité écologique avec les contraintes présentes (Friche Arrighi Vitry, Pont de Sèvres),
- étudier la possibilité d'améliorer une continuité existante (Friche Arrighi Vitry, Pont de Sèvres).

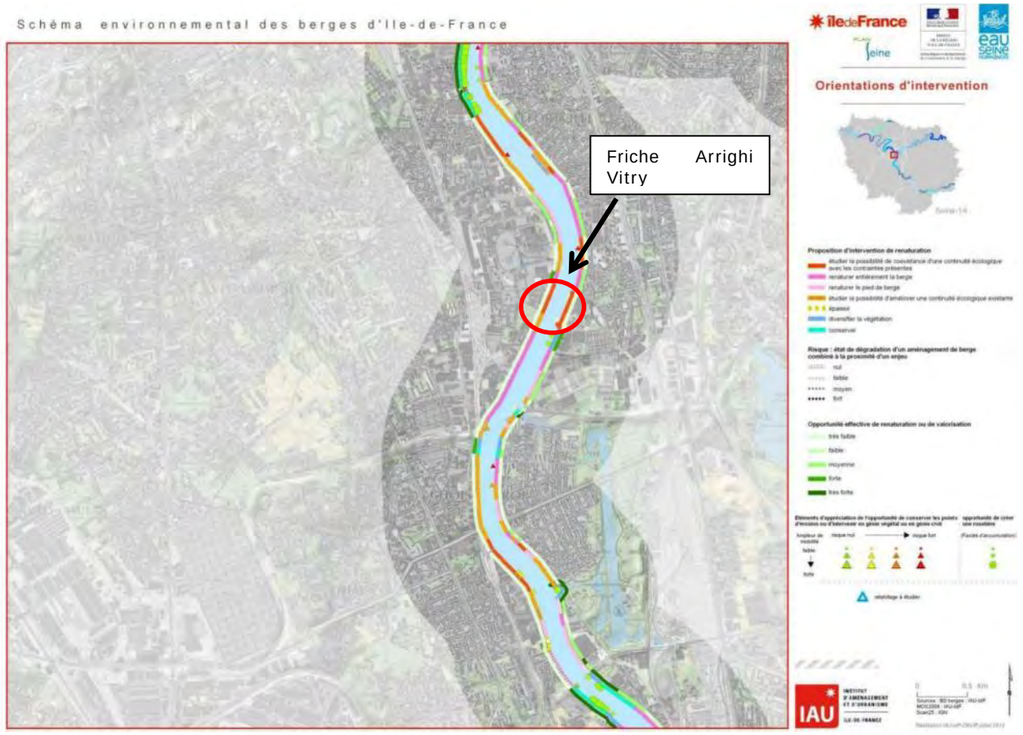
Trame verte et Bleue des départements de Paris, de la Petite couronne et éléments fragmentants aux abords du fuseau d'étude (SRCE IDF, 2013)



Réseau de Transport Public du Grand Paris / Ligne 15 Sud (rouge)

Planches du schéma des berges d'Ile-de-France





2.14.3.1 Approche départementale des Hauts-de-Seine

En 2009 - 2010, le Conseil départemental des Hauts-de-Seine a lancé une étude visant à identifier et à caractériser les continuités écologiques du département. Elle fait état d'une trame aquatique identifiant des« ilots de survie » pour la faune piscicole à l'ouest de l'Ile Seguin. (Cf. Carte Thématique Zones humides). Par ailleurs le CG92 dans le cadre de sa politique Espaces Naturels Sensibles a conduit, dans les années 2000, un projet de restauration d'une frayère sur la Seine.

2.14.4 Rappel méthodologique

2.14.4.1 Méthodologie de prospection

Le diagnostic sur les frayères s'appuie sur l'analyse des habitats naturels (berge et lit mineur) et de la faune piscicole.

La consultation de personnes ressources locales ou d'organismes compétents (ONEMA, CG92, etc.) a permis de collecter des données importantes. Les sources bibliographiques classiques disponibles auprès des collectivités territoriales et services de l'Etat ont été consultées (Données IMAGE – ONEMA, SDENS du CG92, Mairie de Paris, SAEM Val de Seine). Les données fournies par l'ONEMA sur le site IMAGE ont été mobilisées.

L'analyse de ces éléments a permis de lister les espèces patrimoniales et protégées à considérer pour cette étude au regard de la bibliographie. Une espèce est qualifiée de « potentielle » lorsque :

- il est fait mention de sa présence dans une source bibliographique fiable et récente ;
- l'espèce est connue sur des territoires géographiques proches ;
- l'aire d'étude dispose de milieux adaptés à son écologie.

Par conséquent, une espèce potentielle est une espèce non inventoriée dont il n'est pas possible d'écarter définitivement l'absence.

Sur la base de cette première analyse, des expertises ont été menées par la SGP. Des précisions sont apportées sur les espèces recensées, leurs habitats et la fonctionnalité du site.

Chaque résultat d'expertise fait l'objet d'une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur le fuseau d'étude. Ce niveau d'enjeu se définit pour chaque élément (espèce, habitat) au regard de l'enjeu de conservation qui lui est associé. Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids du fuseau d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré. La méthodologie est détaillée en page suivante.

Enjeu FORT : Substrat avec granulométrie variée
Enjeu MODERE : Substrat peu diversifié
Enjeu FAIBLE : Substrat homogène en partie colmaté

2.14.4.2 Support de l'analyse des enjeux

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. Elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.

Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle suivante a été retenue pour chaque secteur d'aménagement:

c. Ichtyofaune

Enjeu FORT : Espèce de portée régionale à supra-régionale
Enjeu MODERE : Espèce de portée départementale à supra-départementale
Enjeu FAIBLE : Espèce de portée locale, à l'échelle d'un ensemble cohérent du paysage écologique (vallée, massif forestier…)
Enjeu NEGLIGEABLE : Espèce de portée locale, à l'échelle de la seule aire d'étude

L'enjeu sur chaque compartiment du lit mineur favorable à l'ichtyofaune a été défini de la manière suivante :

d. Type de berges

Enjeu FORT : berges naturelles
Enjeu MODERE : Berges naturelles dégradées ou partiellement anthropisées
Enjeu FAIBLE : Berges anthropiques avec présence de végétation éparse ou ponctuelle
Enjeu NEGLIGEABLE : Berges anthropisées nues

e. Habitats aquatiques

Enjeu FORT : Végétation hélophytique et aquatique dense en mosaïque
Enjeu MODERE : Végétation aquatique ou hélophyte dense à moyennement dense ou présence de végétation hélophytique et aquatique en cordon dense
Enjeu FAIBLE : Végétation clairsemée

f. Substrat

Le croisement de ces différents paramètres ont permis d'évaluer un niveau d'enjeu global par site.

2.14.5 Etat initial sur la faune piscicole et les frayères

2.14.5.1 Secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur

Pour le secteur de l'Ile de Monsieur, 1,4 km de berge a été prospecté (700 m en amont et 700 m en aval du secteur d'aménagement).

a. Type de berges

Les berges de la Seine au droit du secteur de l'Ile de Monsieur se composent de :

- Berge maçonnée,
- Berge en palplanche,
- Enrochement liés,
- Berge « naturelle ».

La majorité de la berge (rive gauche de la Seine) sur ce secteur se caractérise par des structures bétonnées raides ou en pente forte, couplées ponctuellement à des palplanches métalliques ou des enrochements liés. Ce type de berge offre peu de potentialités d'accueil pour la faune piscicole en période de frai. Elles servent toutefois de support pour des algues et mousses permettant le nourrissage des alevins.

Berge bétonnée en amont du pont de l'Ile-de-Monsieur- Photos prises sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



Palplanches métalliques - Photos prises sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



Berge en enrochement liés en aval du pont de l'Ile-de-Monsieur- Photos prises sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



En amont du secteur d'aménagement, à la marge, les berges reprennent un aspect plus naturel, avec des racines en eau et une ripisylve affleurante. Cet habitat offre des potentialités plus importantes comme un support limité pour la ponte (frayère), de cache mais également un support pour le développement d'algues source de nourriture aux espèces phytophages. L'enjeu est considéré comme Modéré sur ces berges constituées de blocs non liés où la végétation de berge à recoloniser les anfractuosités sous forme d'une ripisylve, peu représentée sur les berges de la Seine parisienne.

Les palplanches métalliques, en sous-berges bétonnées ou non, ont été disposées pour palier au batillage de l'eau, et constituent un milieu non attractif pour la faune piscicole. En effet, le caractère continu de ce type de structure empêche toute potentialité de frai et le manque de rugosité limite également l'installation d'une végétation aquatique servant de nourriture.

L'enjeu est négligeable à faible

Racines d'Aulnes en eau - Photos prises sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



Linéaire cumulé de berge observé en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type de berge	Longueur (ml)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Berge « naturelles » en partie anthropisées	111	Alimentation, cache	Modéré
Berge maçonnée et arbre affleurant	3	Alimentation	Faible
Berge maçonnée	143	Alimentation	Négligeable à faible
Berge maçonnée accompagnée de palplanches métalliques	375	Alimentation	Négligeable à faible

Type de berge	Longueur (ml)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Enrochements liés	768	Alimentation	Négligeable à faible

b. Habitats aquatiques

Les herbiers aquatiques sur présent presque sur l'ensemble du linéaire de berge concerné.

Lorsqu'ils sont denses à moyennement denses, ils fournissent une zone de frai utilisée par la faune piscicole commune et phytophile (Cf. Faune piscicole) comme en témoignent les observations réalisées lors des prospections de terrain (nombreux alevins de cyprinidés observés).

Les espèces observées sont variées (Potamot, myriophylle, nénuphars, rubanier), ce qui augmente le niveau d'attractivité.

A l'inverse, les herbiers clairsemés ou ponctuels ne représentent pas des zones de frayères. Le phénomène de batillage et la faible densité de l'herbier ne permettent pas une fixation et un maintien convenable des œufs. Ces herbiers permettent toutefois l'alimentation des espèces herbivores, voire des zones de caches pour les alevins.

La proximité directe des herbiers aquatique de faible profondeur avec des zones plus profondes favorise également l'alimentation des espèces carnassières de passage en Seine.

L'enjeu est modéré pour les herbiers denses et moyennement denses constituant les principales zones de frayères car le batillage limite la bonne réalisation du frai, malgré les péniches en stationnement. L'enjeu est faible concernant les herbiers clairsemés.

Herbier aquatique dense - Photos prises sur site © O.PELEGRIN - BIOTOPE



Surface cumulée d'herbiers aquatiques en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type d'habitat aquatique	Surfaces (m²)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Herbiers denses à moyennement denses	4 978	Frayère	Modéré
Herbiers clairsemés	1 657	Nourrissage, cache	Faible

c. Substrats

Parmi les substrats, deux types de fonds ont été ponctuellement observés :

- Blocs et graviers,
- Sablo-graveleux.

Les fonds de blocs et graviers, ou divers gravats, sont majoritairement sur les zones de présence de péniches. Les matériaux sédimentent sur des zones de replats en base d'enrochements liés.

Substrat bloc - gravier - Photo prise sur l'aire d'étude © O.PELEGRIN - BIOTOPE



Le fond sablo-graveleux est représenté de manière ponctuelle en aval direct du Pont de Sèvres. Cette frayère est le résultat des actions de restaurations portées par le CG92 dans les années 2000. En offrant une granulométrie diversifiée, ce fond offre un support au frai d'espèces piscicoles lithophiles. Globalement plus diversifiés que les fonds du reste des berges, cette zone peut potentiellement accueillir une diversité aquatique plus développée et un profil hydromorphologique plus proche de l'état naturel.

L'enjeu est faible pour les substrats constitués de blocs. La combinaison d'un substrat sablo-graveleux, d'hélophytes et de blocs limitant l'impact du batillage, l'enjeu est fort pour la frayère restaurée par le CG92.

Surface cumulée de substrat en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type de substrat	Surfaces (m²)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Sablo-graveleux (combiné à formation d'hélophytes)	47	Frayère limitée pour espèce Phyto-lithophiles (frayères CG92)	Fort
Blocs	1 400	Alimentation	Faible

Substrat sablo-graveleux avec végétation hélophytique et blocs - Photos prises sur l'aire d'étude © O.PELEGRIN - BIOTOPE



d. Description des faciès d'écoulement

La description des faciès d'écoulement s'est appuyée sur une clé de détermination empirique (Malavoi et Souchon, 2002) confortée par le dire d'expert. Les variables discriminantes sont la hauteur d'eau (seuil de 60 cm, souvent atteint lors de nos périodes de prospection), et la vitesse d'écoulement (seuil de 30 cm/s).

Important : la description des faciès est réalisée à un instant donné, notamment pour des conditions hydrologiques données (basses eaux, hautes eaux). L'analyse est donc relativement conditionnée à la période d'investigation, dans notre cas période de moyennes à hautes eaux (printemps).

Le faciès d'écoulement présenté ci-dessous correspond au faciès le plus représenté à l'échelle du site. Il n'exclut pas la présence d'autres faciès, notamment dus au changement de substrat.

Les faciès rencontrés sur le secteur d'aménagement, lors de nos investigations correspondent majoritairement à un faciès de chenal lentique : écoulement uniforme sur pente douce.

e. Faune piscicole

Les données bibliographiques ont permis de mettre en évidence 23 espèces de poissons sur la Seine en amont et en aval du secteur d'aménagement avec la domination d'espèces rhéophiles[58] appartenant à la famille des cyprinidés. Le tableau suivant liste les espèces potentiellement présentes sur le secteur d'aménagement ainsi que leurs affinités en termes de frayères.

Les espèces figurant en gras dans le tableau sont les poissons observés lors des prospections de terrain. A noter, que des alevins de cyprinidés ont été observés en effectifs importants au droit du secteur d'aménagement.

Enfin, l'Ecrevisse américaine, faisant partie de la liste ONEMA des espèces invasives et observée en amont du pont de Sèvres lors de notre passage de terrain ne figure pas au sein de cette liste compte tenu de son statut.

Liste des espèces de poissons potentielles et observées à proximité des secteurs d'aménagements concernés

Nom vernaculaire	Type de support de ponte (frayère)	Nom vernaculaire	Type de support de ponte (frayère)
Ablette	Phyto-lithophile[59]	Grémille	Phytophile
Anguille	-	Hotu	Lithophile
Barbeau fluviatile	Lithophile[60]	Perche fluviatile	Phyto-lithophile
Bouvière	Reproduction parasitique (moule)	Perche soleil	Phyto-litophile
Brème	Phytophile[61]	Rotengle	Phytophile
Brème bordelière	Phytophile	Sandre	Phytophile
Brochet	Phytophile	Silure glane	Phyto-lithophile
Carassin	Phytophile	Truite de	Lithophile
Chabot	Nid de graviers	Tanche	Phytophile
Chevaine*	Phyto-lithophile	Vandoise	Psammophile - Lithophile
Gardon*	Phyto-lithophile	Vairon	Lithophile
Goujon	Psammophile[62]		

* espèces observées sur le secteur d'aménagement

Un peu moins de 75 % du peuplement piscicole est composé de cyprinidés accompagnés de percidés (Perche fluviatile) et d'Anguillidés (Anguille). Les cyprinidés, et en particulier les petites espèces (Gardon,…), jouent un rôle important dans la chaine trophique puisqu'ils constituent l'essentiel de l'alimentation des carnassiers.

[58] Organisme vivant dans un dans un hydrosystème courant.
[59] Organisme à la fois inféodé à des plantes aquatiques et à des fonds durs.
[60] Organisme ayant des affinités pour un substrat fait de roches, de pierres, de cailloux.
[61] Organisme ayant des affinités pour des végétaux à des fins de protection, d'alimentation ou de reproduction.
[62] Organisme ayant une affinité pour un substrat sableux.

Parmi les espèces identifiées dans la bibliographie, trois espèces sont protégées au niveau national (Bouvière, Brochet, Vandoise) et deux sont inscrites sur la liste rouge nationale (Anguille, Brochet). Deux espèces sont par ailleurs citées en annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore (Chabot et Bouvière).

Enjeux sur les espèces de poissons potentielles à proximité de l'Ile de Monsieur

Nom vernaculaire	Nom latin	Protection Nationale (Article 1)	Annexe II Directive Habitats	Statut liste rouge nationale/ Européenne/ Mondiale	Espèce Dét. ZNIEFF	Enjeu
Anguille	Anguilla anguilla	-	-	CR/CR/ CR	-	Fort
Brochet	Esox lucius	Oui	-	VU/LC/ LC	Oui (mais uniquement en présence de zone de frayère) En régression	Fort
Bouvière	Rhodeus amarus	Oui	Oui (Favorable)	LC/LC/ LC	Oui En régression	Modéré
Chabot	Cottus gobio	-	Oui (Défavorable inadéquat)	DD/LC/LC	-	Modéré
Vandoise	Leuciscus leuciscus (Linnaeus)	Oui	-	DD/LC/LC	-	Faible à modéré
Truite de rivière	Salmo Truita Fario	Oui	-	LC/LC/LC	Oui (en présence de zones de frayères)	Faible
Vairon	Phoxinus phoxinus	-	-	DD/LC/LC	-	Faible
Autres espèces de poissons	-	-		LC/LC/LC	-	Faible

Légende : CR – En danger critique d'extinction/ VU - Vulnérable/ LC – Préoccupation mineure/ DD : Données insuffisantes

Toutefois, même si ces espèces sont présentes dans la Seine à proximité du secteur d'aménagement, aucune observation n'a été faite en 2014 et aucune zone de reproduction (frayères) avérée n'a été recensée pour celles-ci.

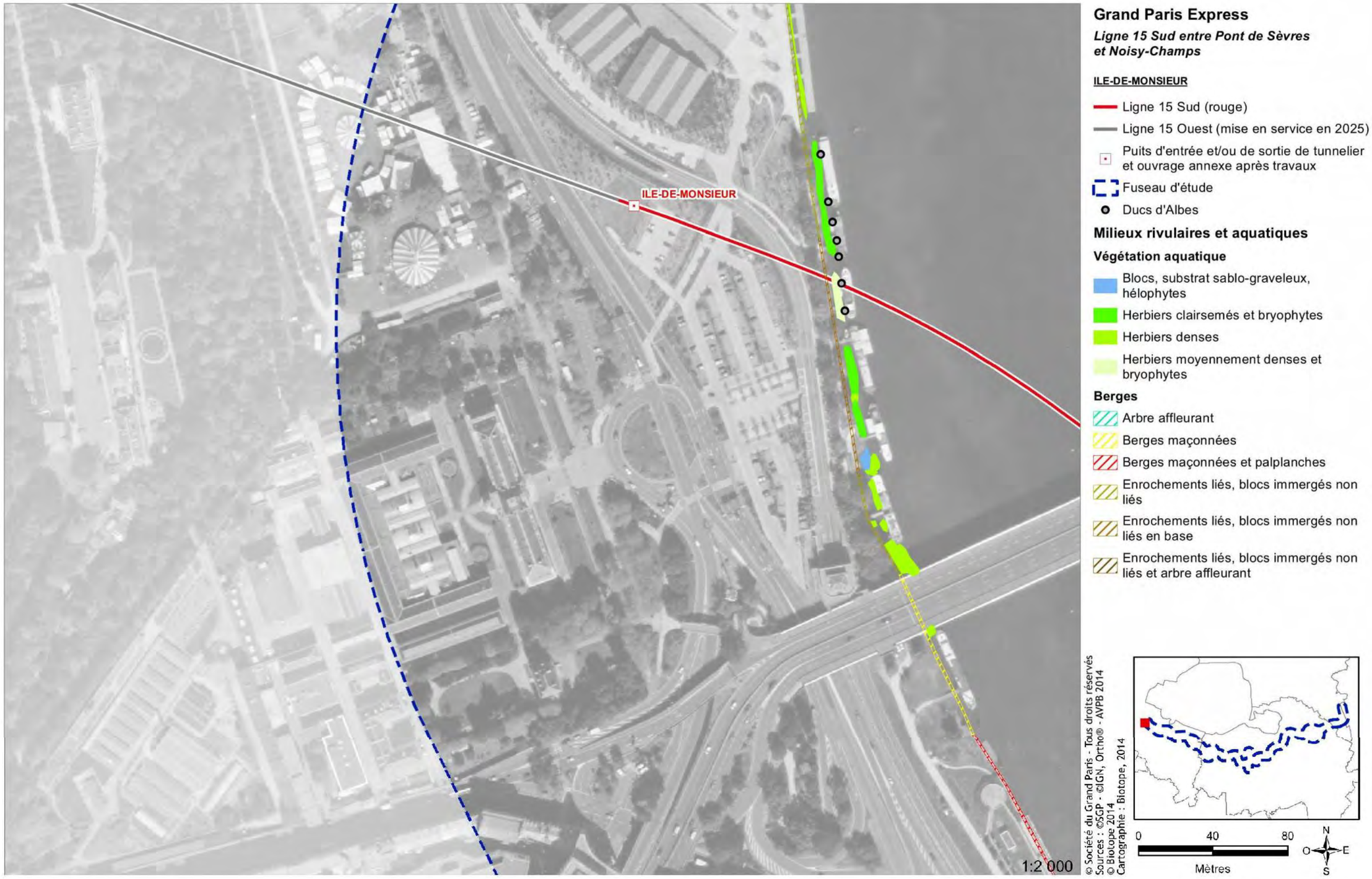
Seule des espèces communes ont été observées (Gardons, Chevaine) et principalement à affinités phytophiles (herbiers aquatiques). Elles trouveront des zones de frayères favorables à leur reproduction.

Enjeux sur les espèces de poissons observées sur le terrain du secteur Ile de Monsieur

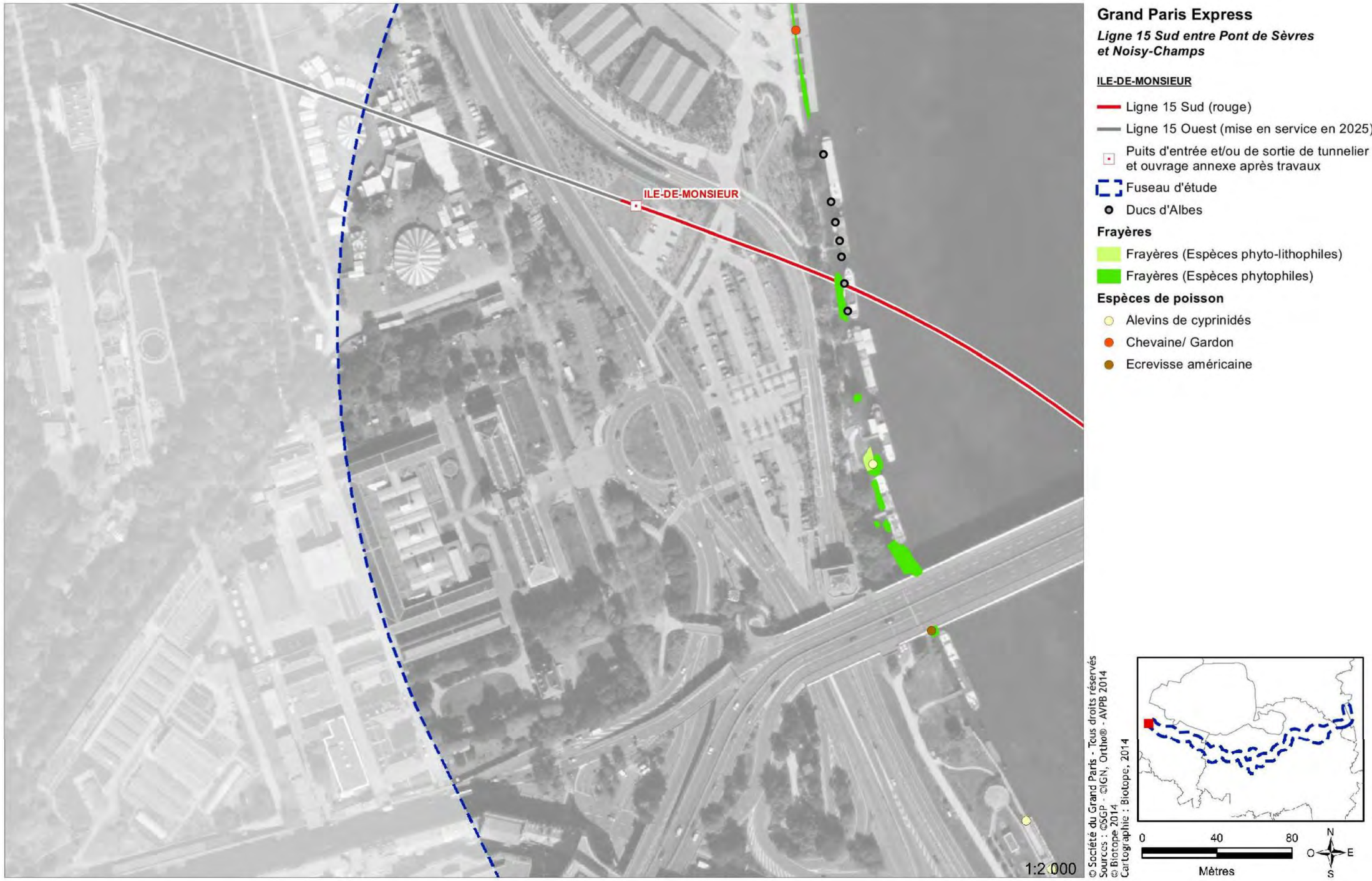
Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (protection nationale)	Enjeu
Gardon et chevaine	LC/ LC	Aucune	Négligeable à faible

Légende LC : Préoccupation mineure

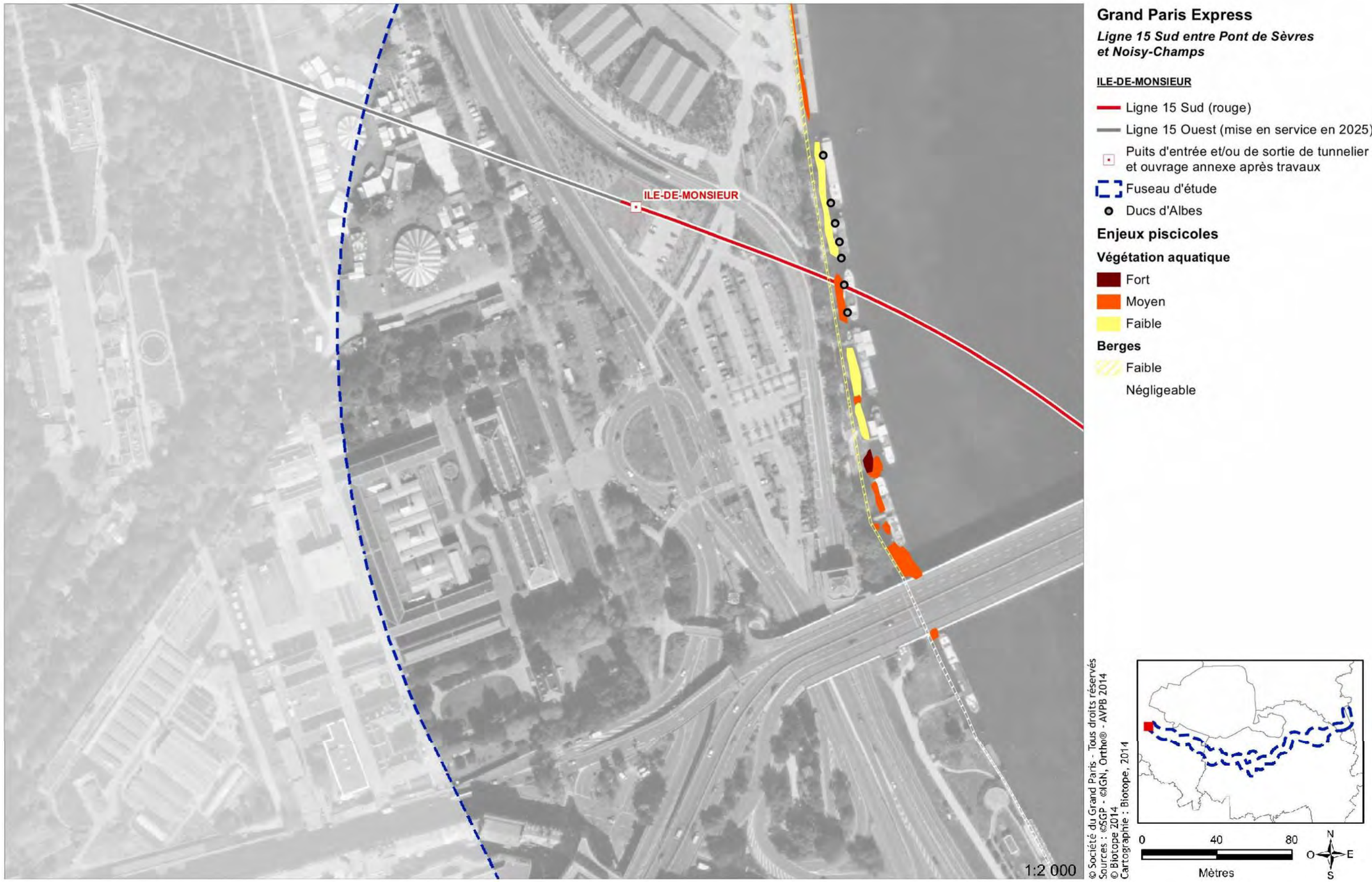
Habitats de berges et habitats aquatiques sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur © Biotope



Délimitation des frayères sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur © Biotope



Enjeux piscicoles sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur © Biotope



2.14.5.2 Pont de Sèvres

Pour le secteur de Pont de Sèvres, 1,4 km de berge a été prospecté (700 m en amont et 700 m en aval du secteur d'aménagement).

a. Type de berge

Les berges de la Seine au droit du secteur d'aménagement de Pont de Sèvres se composent de :

- Berge bétonnée, accompagnée de palplanche métallique,
- Enrochement liés,
- Berge bétonnée, accompagnée d'arbres affleurants.

Les palplanches métalliques, en sous-berges bétonnées, ont été disposées en aval du Pont de Sèvres (rive droite de la Seine) pour palier au batillage de l'eau, et constituent un milieu non attractif pour la faune piscicole. En effet, le caractère continu de ce type de structure empêche toute potentialité de frai et le manque de rugosité limite également l'installation d'une végétation aquatique servant de nourriture. L'enjeu est considéré comme négligeable à faible.

Palplanches métalliques - Photo prise sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



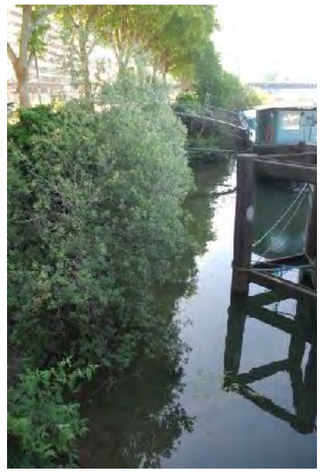
En amont et en aval immédiat du Pont de Sèvres, la berge se caractérise par des structures bétonnées raides ou en pente forte, couplées ponctuellement à des palplanches métalliques ou des enrochements liés. Ce type de berge offre peu de potentialités d'accueil pour la faune piscicole en période de frai. Elles servent toutefois de support pour des algues et mousses permettant le nourrissage des alevins. L'enjeu est considéré comme négligeable à faible.

Berge bétonnée en amont du Pont de Sèvres - Photo prise sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



Ponctuellement au droit du secteur d'aménagement et en amont, les berges maçonnées ont été recolonisées par des arbres qui affleurent en Seine. Cet habitat offre des potentialités plus importantes comme un support de cache mais également un support pour le développement d'algues source de nourriture aux espèces phytophages. L'enjeu est faible pour un arbre isolé ou des arbres clairsemés à Modéré pour un cordon plus dense et continu.

Arbres affleurants en Seine, avec blocs et herbiers clairsemés - Photo prise sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



Linéaire de berge observé en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type de berge	Longueur (ml)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Berge maçonnée et arbres affleurants	159	Alimentation, cache	Faible à Modéré
Berge maçonnée accompagnée de palplanches métalliques	226	Alimentation	Négligeable à faible
Berge maçonnée	714	Alimentation	Négligeable à faible
Enrochements liés	301	Alimentation	Négligeable à faible

b. Habitats aquatiques

Les herbiers aquatiques de surface plus ou moins importante sont présents sur l'ensemble du linéaire de berge concerné et sensiblement similaire au secteur de l'Ile de Monsieur.

L'enjeu est modéré pour les herbiers denses et moyennement denses constituant les principales zones de frayères car le batillage limite la bonne réalisation du frai, malgré les péniches en stationnement. L'enjeu est faible concernant les herbiers clairsemés.

Herbier aquatique clairsemé (gauche) hélophyte ponctuel sur bloc (droite) - Photos prises sur site © O.PELEGRIN - BIOTOPE



Surface cumulée d'herbiers aquatiques en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type d'habitat aquatique	Surface (m²)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Herbiers denses à moyennement denses	4 088	Frayère	Modéré
Herbiers clairsemés	3 076	Nourrissage, cache	Faible

c. Substrats

L'unique substrat observé concerne des fonds constitués de blocs. Les fonds de blocs et graviers, ou divers gravats, sont majoritairement sur les zones de présence des péniches. Les matériaux sédimentent sur des zones de replats en base d'enrochements liés. L'enjeu est faible pour les substrats constitués de blocs.

Substrat bloc - gravier - Photos prises sur l'aire d'étude © O.PELEGRIN - BIOTOPE



Surface cumulée de substrat en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type de substrat	Surface (m²)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Blocs	626	Alimentation	Faible

d. Description des faciès d'écoulement

Les faciès rencontrés sur le secteur d'aménagement, lors de nos investigations correspondent majoritairement à un faciès de chenal lentique : écoulement uniforme sur pente douce.

e. Faune piscicole

Les données bibliographiques (identiques à celle de l'Ile de Monsieur) ont permis de mettre en évidence 21 espèces de poissons sur la Seine en amont et en aval du secteur d'aménagement avec la domination d'espèces rhéophiles appartenant à la famille des cyprinidés. A noter, que des alevins de cyprinidés ont été observés en effectifs importants au droit du secteur d'aménagement.

De la même manière que pour l'Ile de Monsieur, la représentation des cyprinidés est importante et majoritaire. Cette famille est accompagnée de percidés (Perche fluviatile) et d'Anguillidés (Anguille).

Parmi les espèces identifiées dans la bibliographie, trois espèces sont protégées au niveau national (Bouvière, Brochet, Vandoise) et deux sont inscrites sur la liste rouge nationale (Anguille, Brochet). Deux espèces sont par ailleurs citées en annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore (Chabot et Bouvière).

Toutefois, même si ces espèces sont présentes dans la Seine à proximité du secteur d'aménagement, aucune observation n'a été faite en 2014 et aucune zone de reproduction (frayères) avérée n'a été recensée pour celles-ci.

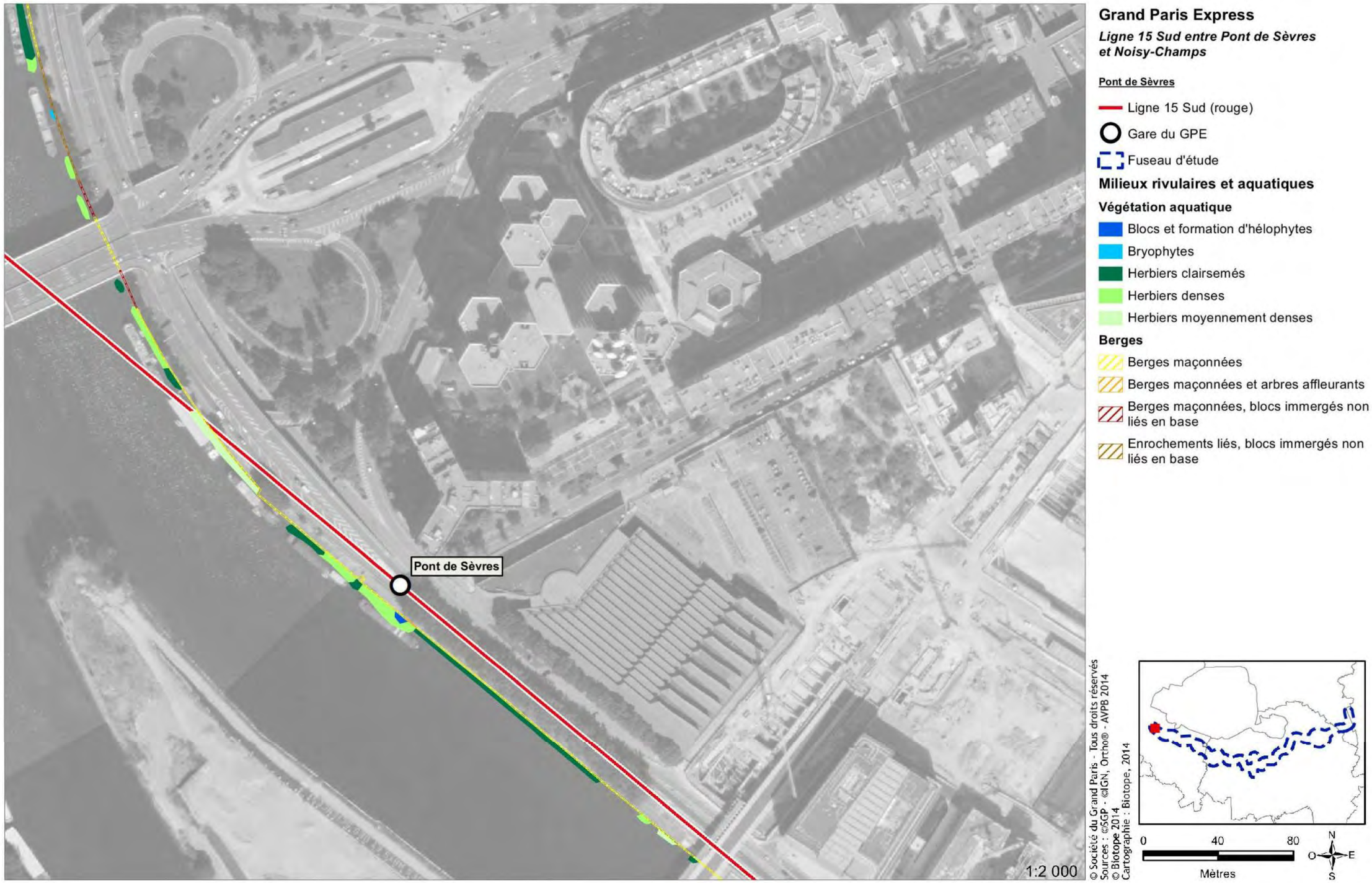
Seules des espèces communes ont été observées (Gardons, Chevaine) et principalement à affinités phytophiles (herbiers aquatiques). Elles trouvent des zones de frayères favorables à leur reproduction.

Enjeux sur les espèces de poissons observées sur le terrain du secteur de Pont de Sèvres

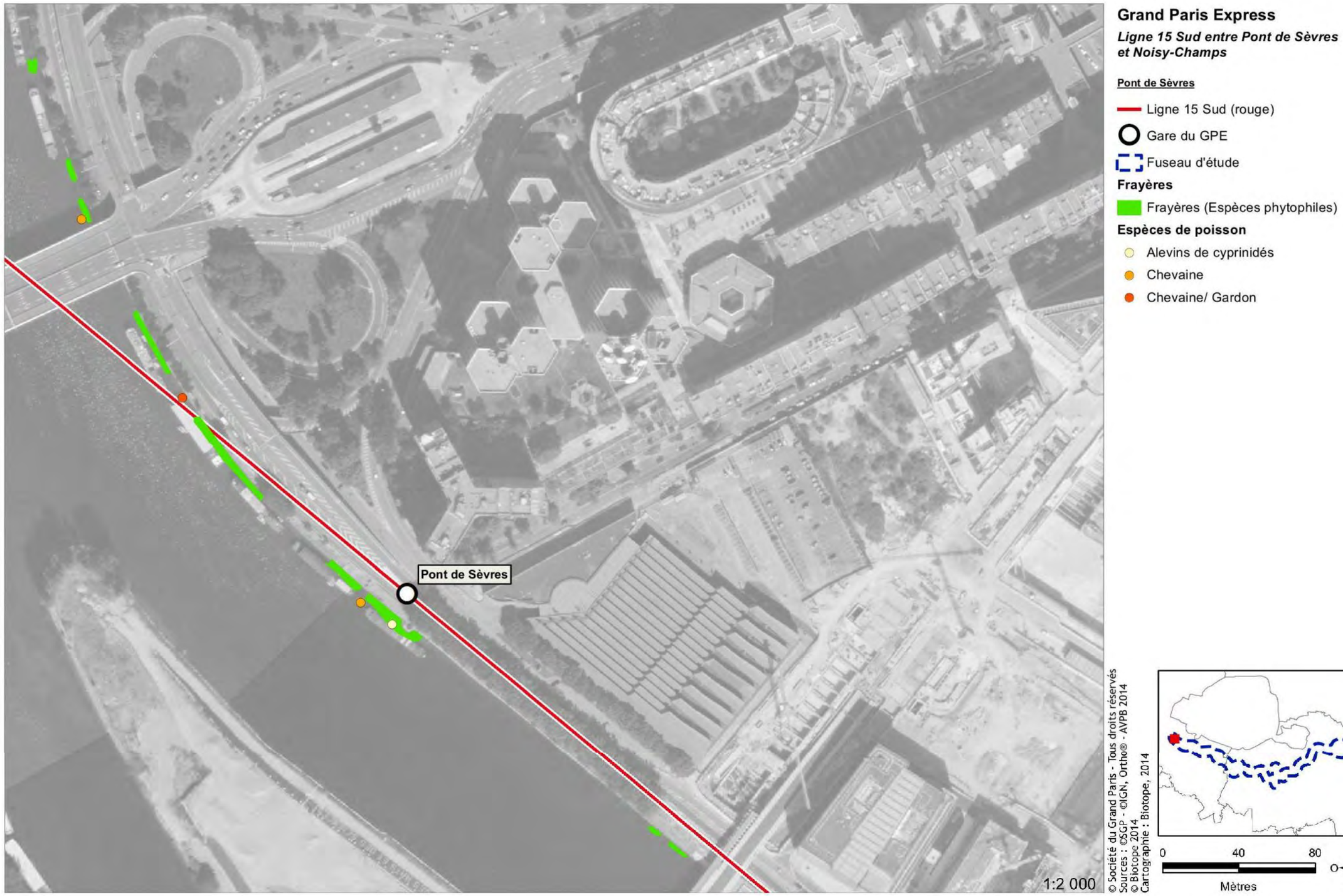
Nom français	Statuts en Île-de-France (espèce déterminante ZNIEFF, statut de rareté et de menace)	Contraintes réglementaires (protection nationale)	Enjeu
Gardon et chevaine	LC/ LC	Aucune	Négligeable à faible

Légende LC : Préoccupation mineure

Habitats de berges et habitats aquatiques sur le secteur d'aménagement du Pont de Sèvres © Biotope



Délimitation des frayères sur le secteur d'aménagement du Pont de Sèvres © Biotope



Enjeux piscicoles sur le secteur d'aménagement du Pont de Sèvres © Biotope



2.14.5.3 Friche Arrighi

Pour le secteur de la Friche Arrighi Vitry, 700 m de berges ont été prospectés (350 m en amont et 350 m en aval du secteur d'aménagement).

a. Type de berge

Les berges de la Seine au droit du secteur d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry se composent de :

- Berge bétonnée,
- Berge bétonnée, accompagnée d'arbres affleurants.

La majorité des berges se caractérise par des structures bétonnées raides, couplées à des palplanches métalliques par endroits. Ce type de berge offre peu de potentialités d'accueil pour la faune piscicole en période de frai, notamment du fait d'un batillage important associé à la navigation et de l'absence quasi généralisée de support. L'enjeu est négligeable à faible.

Berge et pilier d'accostage bétonnée avec palplanche métallique - Photos prises sur site © O.PELEGRIN- BIOTOPE



Le caractère continu de ce type de structure empêche toute potentialité de frai et le manque de rugosité limite également l'installation d'une végétation aquatique.

Ponctuellement au droit du secteur d'aménagement et en aval, les berges maçonnées ont été recolonisées par de la végétation qui affleure en Seine. Cet habitat offre des potentialités plus importantes comme un support de cache mais également un support pour l'alimentation des espèces phytophages. Cette végétation principalement herbacée et ponctuellement arbustive représente respectivement un enjeu faible à Modéré.

Berge bétonnée et végétation affleurante - Photos prises sur site © O.PELEGRIN-BIOTOPE



Linéaire de berge observé en amont et en aval du secteur d'aménagement

Type de berge	Longueur (ml)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Berge maçonnée accompagnée de palplanches métalliques	562	Alimentation	Négligeable à faible
Berge maçonnée	120	Alimentation	Négligeable à faible
Berge maçonnée et végétation affleurante dégradée	16	Alimentation, cache	Faible

b. Habitats aquatiques

Les secteurs d'herbiers aquatiques moyennement denses à clairsemés sont ponctuels et localisés en aval des pontons d'accostage. Ils fournissent une zone de nourrissage et de frayère limitée en termes de surface. Les espèces observées restent cependant variées (Myriophylle, nénuphars, rubanier). L'enjeu est Modéré à faible en fonction de la densité et de la surface des herbiers.

Herbier aquatique moyennement dense (gauche) - Photos prises sur site © O.PELEGRIN - BIOTOPE



Surface cumulée d'herbiers en amont et en aval du secteur d'aménagement de la friche Arrighi

Type d'habitat aquatique	Surface (m²)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Herbiers denses à moyennement denses	285	Frayères	Modéré
Herbiers clairsemés	255	Nourrissage, cache	Faible

c. Substrats

Il est possible d'observer la présence d'un fond sablo-graveleux reconstitué sous les pontons d'accostages en amont du secteur d'aménagement. Ce type de fonds est très peu présent sur le linaire. En offrant des granulométries diversifiées, ils peuvent servir de support au frai d'espèces piscicoles phyto-lithophiles en période de hautes eaux. Globalement plus diversifiés que les fonds du reste des berges, à l'abri du batillage ces zones peuvent potentiellement accueillir une biodiversité aquatique plus développée que sur l'ensemble du reste du linéaire. Elles représentent un enjeu faible à Modéré.

Substrat sablo-graveleux sans et avec végétation aquatique - Photos prises sur l'aire d'étude © O.PELEGRIN - BIOTOPE



Surface cumulée de substrat en amont et en aval du secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur

Type de substrat	Surface (m²)	Type d'habitat piscicole	Enjeu
Sablo-graveleux	26	Frayère limitée pour les espèces phyto-lithophiles	Faible à modéré

d. Description des faciès d'écoulement

Les faciès rencontrés sur le secteur d'aménagement, lors de nos investigations correspondent majoritairement à un faciès de chenal lentique : écoulement uniforme sur pente douce.

e. Faune piscicole

Les données bibliographiques ont permis de mettre en évidence 14 espèces de poissons sur la Seine à proximité du secteur d'aménagement, avec la domination d'espèces rhéophiles appartenant à la famille des cyprinidés. Le tableau suivant liste les espèces potentiellement présentes sur le secteur d'aménagement, ainsi que leurs affinités en matière de ponte (frayère) : d'après les sources bibliographiques :

Nom vernaculaire	Type de support de ponte (frayère)	Nom vernaculaire	Type de support de ponte (frayère)
Anguille	-	Gardon	Phyto-lithophile
Brème	Phytophile	Goujon	Psammophile
Brème bordelière	Phytophile	Hotu	Lithophile
Brochet	Phytophile	Perche fluviatile	Phyto-lithophile
Carpe commune	Phytophile	Rotengle	Phytophile
Chevaine	Phyto-lithophile	Sandre	Phytophile
Epinoche	Phytophile	Vandoise	Psammophile - Lithophile

Un peu plus de 97 % du peuplement piscicole est composé de cyprinidés. De plus, les effectifs, toutes familles de poissons confondues, sont faibles ce qui présume d'une faible présence d'habitats favorables au frai.

Parmi les espèces identifiées au sein de la bibliographie, deux espèces sont protégées au niveau national (Vandoise, Brochet) est inscrite comme « En danger critique d'extinction » et une comme « Vulnérable » sur la liste rouge nationale (Anguille, Brochet).

Enjeux sur les espèces de poissons potentielles à proximité de la Friche Arrighi Vitry

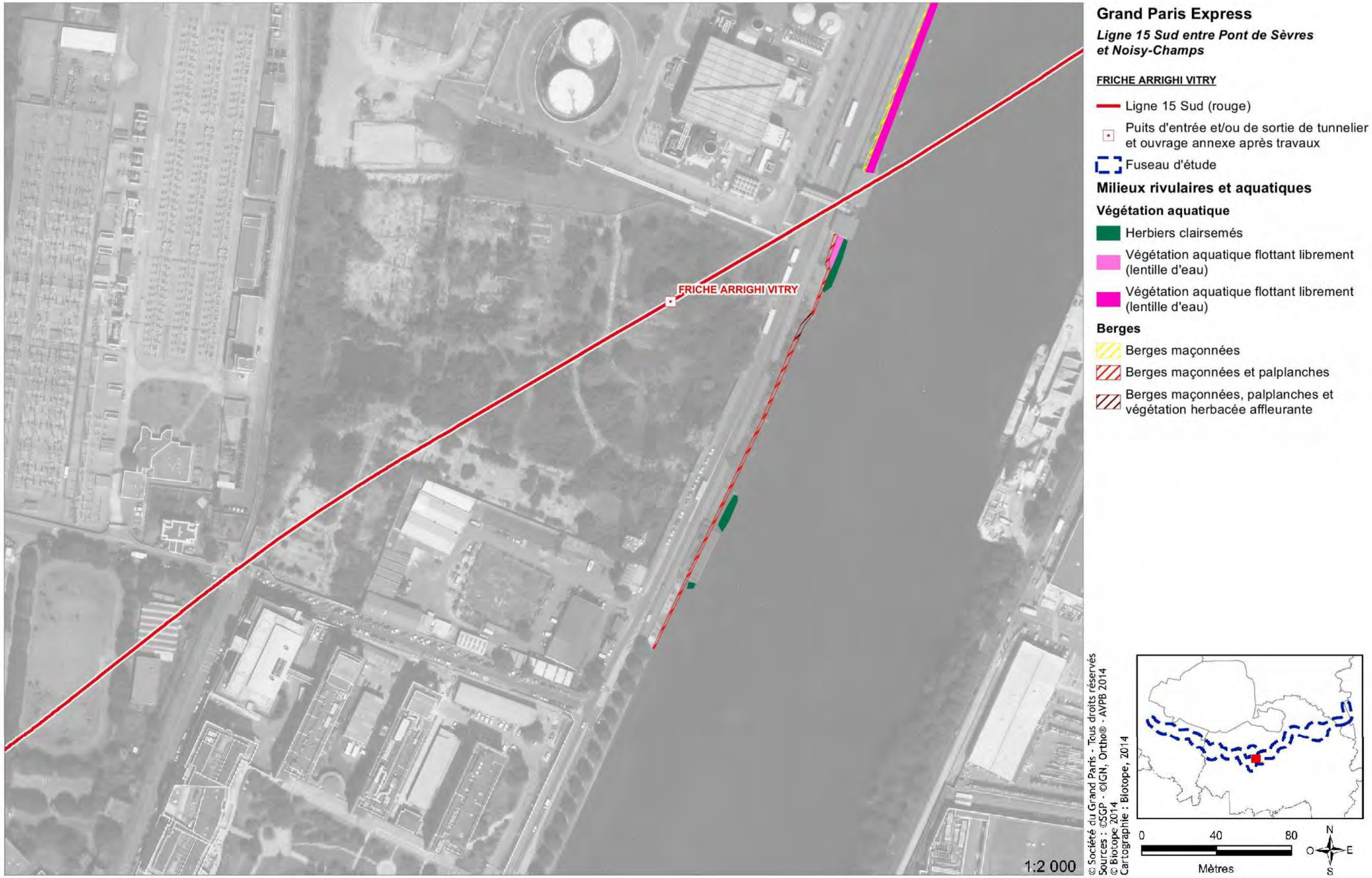
Nom vernaculaire	Nom latin	Protection Nationale (Article 1)	Annexe II Directive Habitats	Statut liste rouge nationale/ Européenne/Mondiale	Espèce Dét. ZNIEFF	Enjeu
Anguille	Anguilla anguilla	-	-	CR/CR/ CR	-	Fort
Brochet	Esox lucius	Oui	-	VU/LC/ LC	Oui (en présence de zone de frayère) En régression	Fort
Vandoise	Leusciscus leusciscus	Oui	-	DD/LC/ LC	-	Modéré
Autres espèces de poissons	-	-	-	LC/LC/LC	-	Faible

Légende : CR – En danger critique d'extinction/ VU - Vulnérable/ LC – Préoccupation mineure/ DD : Données insuffisantes

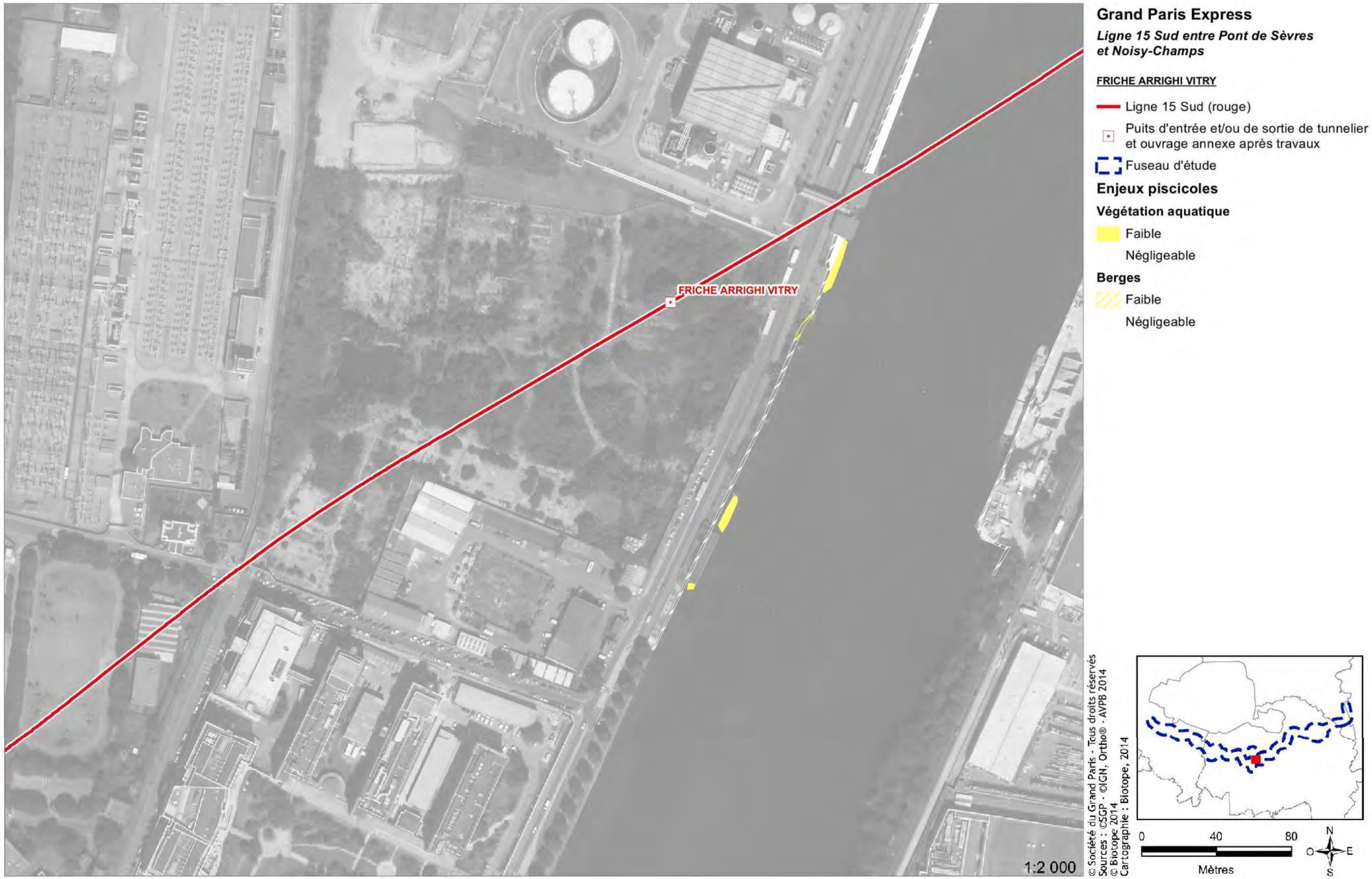
Toutefois, même si ces espèces sont présentes dans la Seine à proximité du secteur d'aménagement, aucune observation n'a été faite en 2014 et aucune zone de reproduction (frayères) avérée n'a été recensée pour celles-ci.

Aucune espèce piscicole n'a été observée sur ce secteur d'aménagement. Cependant, il est possible d'affirmer que seule des espèces communes et principalement à affinités phytophiles (herbiers aquatiques) trouvent au droit de ce secteur d'aménagement des zones de frayères limitées mais favorables à leur reproduction.

Habitats de berges et habitats aquatiques sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry © Biotope



Enjeux piscicoles sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry © Biotope



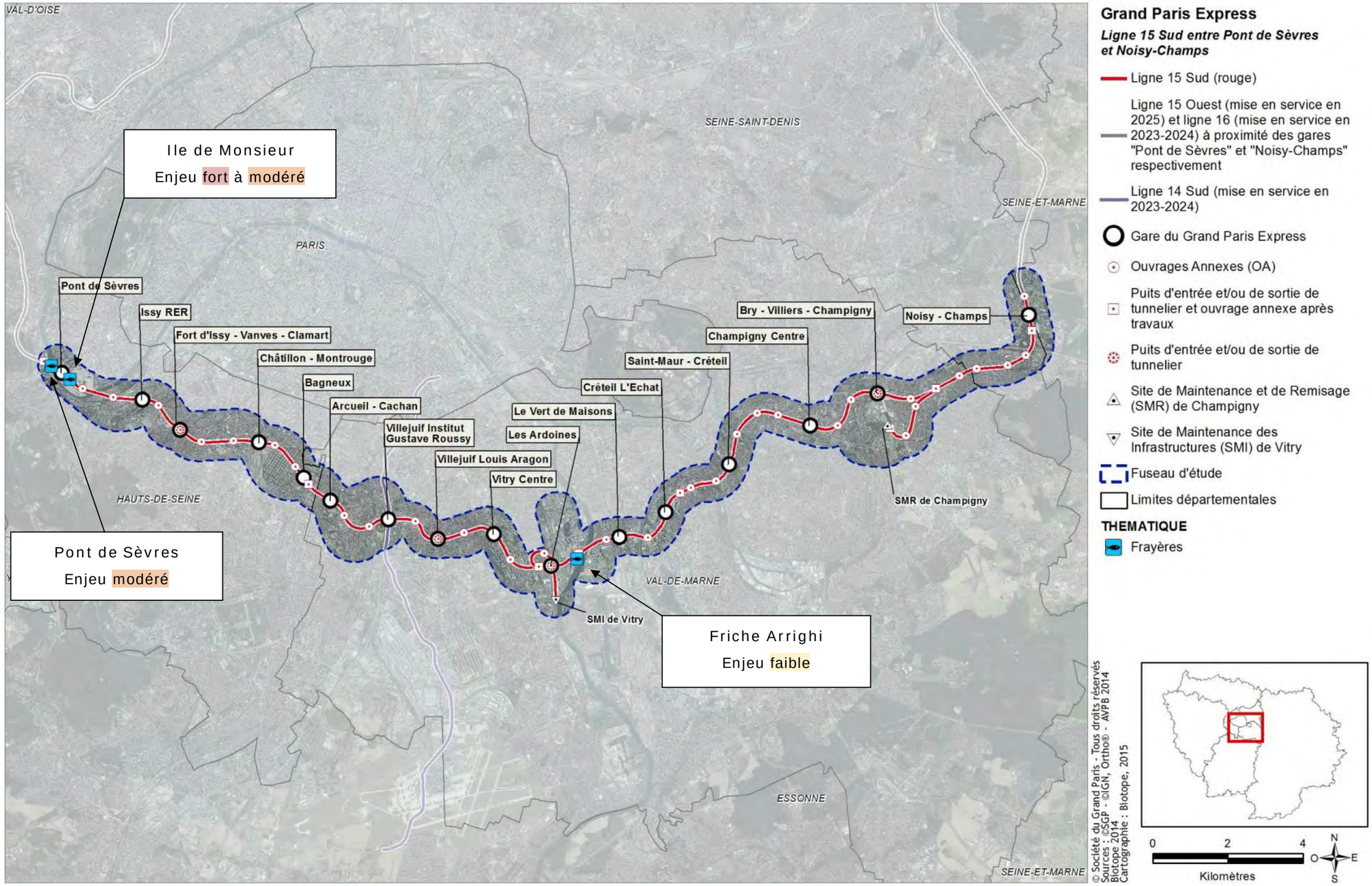
2.14.6 Synthèse des enjeux liés aux frayères

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Berges de Seine anthropiques mais fond formé de blocs et graviers éparses combinés à la présence importante d'herbiers aquatiques formant des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants. Présence avérée de frayères d'enjeu modéré à fort au niveau de l'Ile de Monsieur.
	Berges de Seine anthropiques mais fond formé de blocs et graviers éparses plus limité et combinés à la présence d'herbiers aquatiques formant des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants. Présence avérée de frayères d'enjeu modéré au niveau de Pont de Sèvres
Issy RER à Arcueil Cachan	Pas de berges sur cette section
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Pas de berges sur cette section
Vitry Centre à Champigny Centre	Capacité d'accueil limité pour la ponte de l'ichtyofaune. Principalement milieu de déplacement des espèces piscicoles. Présence avérée mais limitée de frayères au niveau de la Friche Arrighi
Champigny Centre à Noisy-Champs	Pas de berges sur cette section

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

Synthèse des enjeux liés aux frayères sur la Ligne 15 Sud



2.15 Agriculture et pédologie

Pour ce volet, les dernières données disponibles ont été utilisées :

- Le MOS de 2008 (données IAU-IDF),
- Le Recensement Parcellaire Graphique (RPG) de 2010 (version libre), qui permet le recensement et la localisation sous SIG des surfaces sur lesquelles les exploitants perçoivent des aides de la Politique Agricole Commune (PAC),
- Les données du Recensement agricole de 2010 (données DRIAAF), disponibles pour les départements de la Grande couronne : les données sont agrégées par commune (SAU, nombre d'exploitation…).

2.15.1 Occupation agricole du sol

Le fuseau d'étude est localisé dans un contexte urbain dense de petite couronne parisienne.

L'occupation du sol (MOS 2008) répertorie quatre parcelles à vocation agricole. Il s'agit uniquement de cultures intensives sous « serres » d'une surface d'environ 1.3 hectares à l'échelle du fuseau d'étude. La carte en page suivante localise les grands types d'agriculture dans le périmètre d'étude selon le MOS.

De plus, l'analyse structurelle et institutionnelles via les Plan Locaux d'Urbanisme (PLU) des différentes communes présentes sur le fuseau d'étude a permis d'identifier un secteur de vignoble sur la commune de Cachan.

Numéro de parcelle	Type d'agriculture	Surface exploitée (ha)	Localisation
17	Serres municipales	0,128	Issy-les-Moulineaux (92040)
289	Culture sous serres	0,200	Cachan (94016)
42	Vignes	0,060	Cachan (94016)
49	Culture sous serres	0,609	Vitry-sur-Seine (94008)
295	Culture sous serres	0,396	Créteil (94028)

Par ailleurs, les jardins familiaux peuvent également être comptabilisés dans le volet agricole. Ces jardins familiaux sont majoritairement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs.

2.15.2 Caractéristiques des exploitations agricoles et des jardins familiaux

2.15.2.1 Des Serres municipales destinées à la production florale

Les serres municipales d'Issy-les-Moulineaux sont à destination de l'horticulture. Elles sont régulièrement ouvertes au public afin d'initier le public à l'art floral.

Les serres horticoles de la ville de Cachan produisent plus de 150 000 fleures chaque année. Ces productions sont à destination des parcs gérés par la commune.

De même, la ville de Vitry consacre un espace sous serre pour la production de fleurs à destination des espaces verts communaux.

La ville de Créteil est, quant à elle, dans une dynamique d'augmentation de sa production horticole. La commune a développé avec la communauté d'agglomération Plaine centrale du Val-de-Marne un centre de production horticole à Mandres-les-Roses. Cette exportation vise à remplacer les vieilles serres de Créteil et Limeil-Brévannes.



Serres municipales d'Issy-les-Moulineaux (à gauche), à Vitry-sur-Seine (au centre) et à Cachan (à droite) – source : Grand Paris Seine Ouest et Vitry-sur-Seine

2.15.2.2 Vignoble de Cachan

Le vignoble de Cachan constitué de cépages Sauvignon et Cémillon a été planté en 2000 sur 600m². L'activité viticole est une ancienne tradition autrefois largement présentes sur les coteaux de la Bièvre. La ville de Cachan a souhaité ainsi retrouver le caractère ancestral de l'activité.

En termes de production, les 300 pieds de vignes produisent près de 300 bouteilles de vin blanc.

Le site est géré par le service des espaces verts de la commune et les habitants participent aux vendanges. Aucun emploi d'agriculteur – exploitant n'est destiné pour ce site.



Vignoble de Cachan (source : ville de Cachan)

2.15.2.3 Les jardins familiaux

Bien que représenté sur une faible superficie, la présence de jardins familiaux est à souligner. Au nombre de 12, ces jardins familiaux, principalement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs (FNJFC).



Jardins familiaux au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny © SGP-Biotope, 2014

2.15.3 Dispositifs en place en faveur de l'agriculture

Le recensement parcellaire graphique de 2010 n'identifie pas de surfaces sur lesquelles des exploitants percevraient des aides de la PAC.

De plus, aucun PRIF agricole ou convention agricole n'est contracté sur le fuseau d'étude.

2.15.4 Pédologie

Les sols sont situés à l'interface entre la surface, ou le terrain naturel, et le sous-sol, que ce soit la roche en place ou un élément artificiel.

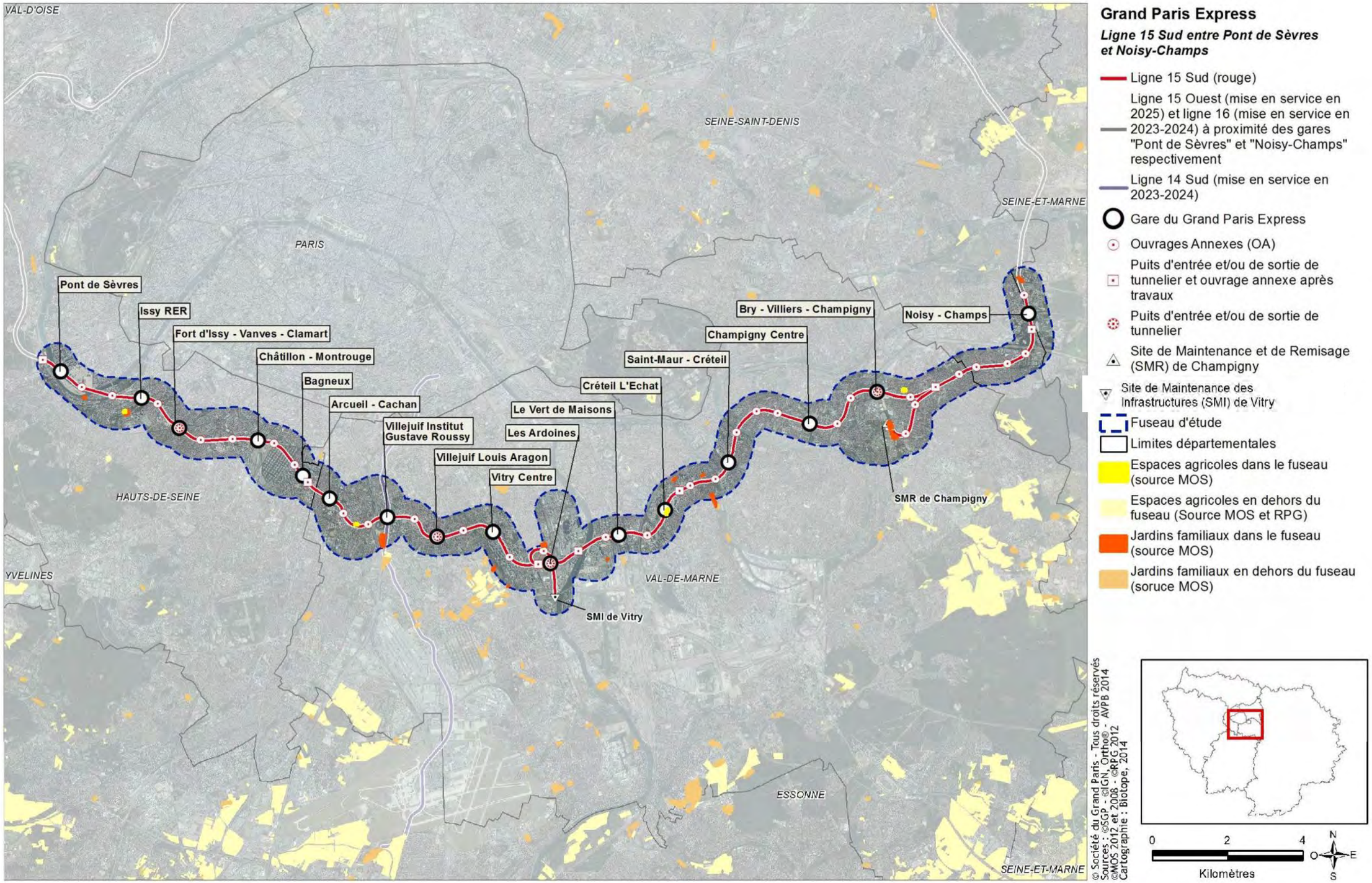
Leur formation, la pédogenèse, résulte de processus physiques, chimiques et biologiques faisant intervenir la dégradation de la roche mère, le relief (action mécanique de la pente), le climat (érosion par l'eau et le vent), la végétation et les activités humaines.

L'analyse pédologique commence généralement par l'établissement des unités pédologiques permettant de définir les différents types de sols.

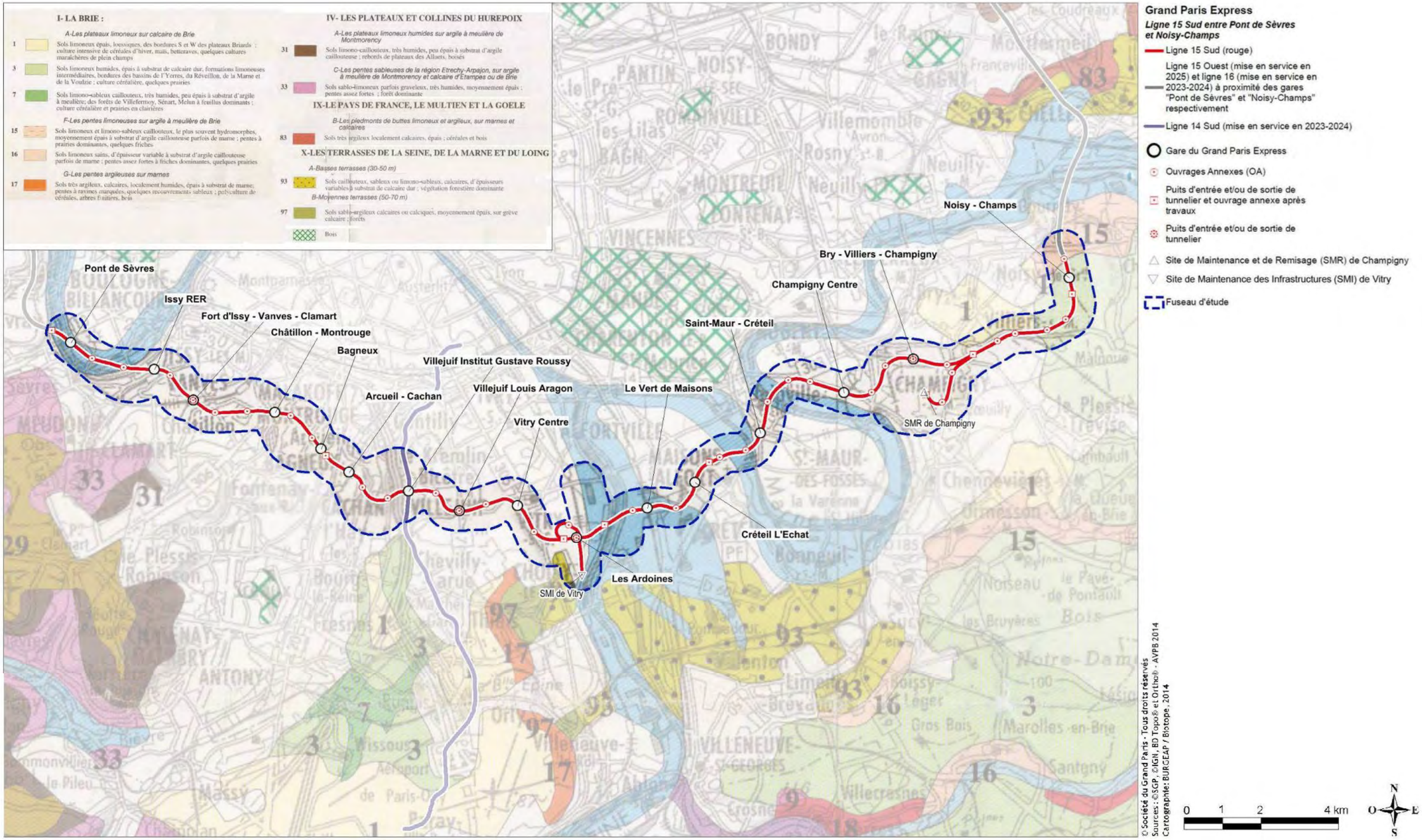
Les unités pédologiques de la carte page suivante ont été définies par l'INRA dans le cadre du programme IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols). Il s'agit d'une analyse couvrant l'ensemble du territoire régional.

Les éléments présentés dans cette partie, unités de sol et texture, ont été fournis par l'INRA, par l'intermédiaire de la DRIAAF Ile-de-France (direction régionale et interdépartementale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt). Ils explicitent la légende de la carte.

Identification des parcelles agricoles et jardins familiaux à l'échelle du fuseau d'étude (source : MOS, 2012 et 2008)



Types de sols et unités pédologiques à l'échelle du fuseau d'étude (source : INRA)



2.15.4.1 Types de sols rencontrés

En premier lieu, il convient de préciser que, dans Paris et dans les départements de la petite couronne, la très grande majorité des sols n'ont plus rien de naturel et ont été fortement anthropisés lors de travaux de construction et/ou d'aménagement. Ces sols n'ont donc pas de qualité particulière au sens de la présente analyse. Ils ne sont d'ailleurs pas identifiés, représentés en blancs par défaut et non numérotés

Cette carte permet de constater que le tracé et le fuseau associé n'interfèrent avec aucune unité pédologique répertoriée en dehors des sols urbains et des sols de vallée alluviale.

a. Sols anthropisés

Ces sols sont très largement majoritaires dans l'emprise du fuseau. Cela est dû à la très forte urbanisation de la zone d'étude. Ils correspondent à la fois aux zones remblayées et réaménagées, aux zones bâties remblayées ou non et aux zones imperméabilisées de toutes natures (voiries, aménagements divers).

b. Unité pédologique 1

Cette unité pédologique se rencontre sur le secteur de Villiers-sur-Marne jusqu'à la gare de Noisy-Champs.

Il s'agit de sols limoneux se développant sur le plateau de Brie.

La future emprise de la gare de Noisy-Champs s'inscrit au sein de l'unité pédologique 1.

Il convient de noter qu'entre l'édification de la carte pédologique de l'INRA (1998) et aujourd'hui, de nombreux projets sur ce secteur ont modifié les propriétés des sols.

c. Unité pédologique 15

Cette unité pédologique se rencontre à l'extrémité est du fuseau, au nord de la gare de Noisy-Champs.

Il s'agit de sols limoneux et limono-sableux caillouteux, le plus souvent hydromorphes, moyennement épais à substrat d'argile caillouteuse parfois de marne. Cette unité se développe sur les pentes du plateau de Brie.

Il convient de noter qu'entre l'édification de la carte pédologique de l'INRA (1998) et aujourd'hui, de nombreux projets sur ce secteur ont modifié les propriétés des sols.

d. Unité pédologique 93

Cette unité pédologique se rencontre sur le secteur du SMI de Vitry-sur-Seine.

Il s'agit de sols caillouteux, sableux ou limono-sableux, calcaires, d'épaisseurs variables à substrat de calcaire dur, se développant sur les terrasses de la Seine, de la Marne et du Loing.

Il convient de noter qu'entre l'édification de la carte pédologique de l'INRA (1998) et aujourd'hui, de nombreux projets sur ce secteur ont modifié les propriétés des sols.

2.15.5 Synthèse des enjeux liés l'agriculture et la pédologie

Compte tenu de la nature souterraine du projet et du contexte pédologique, il n'y a pas d'enjeu en ce qui concerne la pédologie.

Hiérarchisation des enjeux relatifs à l'agriculture et la pédologie

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Agriculture : présence de serres municipales
	Pédologie : pas d'enjeu sur cette section
Issy RER à Arcueil - Cachan	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section
	Pédologie : as d'enjeu sur cette section
Arcueil - Cachan à Vitry Centre	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble
	Pédologie : pas d'enjeu sur cette section
Vitry Centre à Champigny Centre	Agriculture : présence de cultures sous serres
	Pédologie : unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible
Champigny Centre à Noisy-Champs	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section hormis la présence de jardins familiaux au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny
	Pédologie : unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.16 Paysage, patrimoine architectural et archéologie

Dans la démarche d'étude, le chapitre « paysage » est associé à l'analyse du patrimoine culturel protégé : les sites et monuments naturels classés et les monuments historiques d'une part, le patrimoine archéologique d'autre part.

En effet, différents textes législatifs protègent les différentes strates du patrimoine qui notamment en contexte urbain participent pour beaucoup à la qualité des paysages. Ils sont les garants du maintien des qualités spatiales et visuelles d'un lieu. Ils permettent à chacun de forger son propre regard sur le paysage commun.

2.16.1 Patrimoine culturel protégé

Les sites naturels, les monuments historiques, les Aires de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine (AMVAP) ou les Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain ou Paysager (ZPPAUP) et les secteurs sauvegardés, dont la valeur patrimoniale est notoire, participent à l'identité paysagère d'une région et dans certains cas à sa notoriété. Leur présence peut générer des contraintes réglementaires et les conséquences du projet sur ce patrimoine doivent être clairement identifiées.

L'inventaire des éléments de patrimoine est réalisé à l'échelle du fuseau de la Ligne 15 Sud et intègre :

- Tous les sites classés et inscrits compris dans le fuseau, que ce soit dans leur totalité ou partialement ;
- Tous les immeubles protégés au titre des monuments historiques (classés ou inscrits) compris ou extérieur au fuseau mais dont la servitude de protection (périmètre de protection de 500m, PPA ou PPM) est recoupée par le fuseau d'étude ;
- Les Aires de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine (AMVAP) ou les Zones de Protection Architectural, Urbain ou Paysager (ZPPAUP) comprises totalement ou partialement dans le fuseau.

L'appréciation des sensibilités sur le patrimoine culturel tient compte :

- du niveau de protection du monument ou du site (classé ou inscrit),
- de l'objet protégé (site totalement ou partiellement protégé),
- de l'importance pour la préservation de l'objet du contexte paysager (importance des interrelations visuelles, notion de site…),
- et surtout de la position dans le fuseau et de la nature du projet (ouvrage, gare, etc).

Les organismes compétents en matière de paysage et de patrimoine architectural ont également été consultés :

- La DRIEE Ile-de-France pour les sites inscrits et classés,
- L'IAU-IDF, la base de données Mérimée et l'Atlas des Patrimoines, mis en ligne par le Ministère de la Culture et de la Communication concernant les monuments historiques, les ZPPAUP, les AMVAP et les secteurs sauvegardés,

Les sites des communes notamment pour le détail des sous-secteurs de ZPPAUP.

2.16.1.1 Sites inscrits et classés

a. Rappel réglementaire

La loi du 2 mai 1930 codifiée aux articles L.341-1 à L.341-22 du Code de l'environnement permet de préserver des espaces du territoire français qui présentent un intérêt général du point de vue scientifique, pittoresque et artistique, historique ou légendaire.

La loi prévoit deux niveaux de protection : le classement et l'inscription.

- Les effets juridiques de l'inscription d'un monument naturel ou d'un site sont relativement limités puisque « L'inscription entraîne, sur les terrains compris dans les limites fixées par l'arrêté, l'obligation pour les intéressés de ne pas procéder à des travaux autres que ceux d'exploitation courante en ce qui concerne les fonds ruraux et d'entretien normal en ce qui concerne les constructions, sans avoir avisé, quatre mois d'avance, l'administration de leur intention » (art. L341-1 du code de l'environnement). Cette déclaration préalable est adressée au préfet de département, qui recueille l'avis de l'architecte des Bâtiments de France sur le projet.

  L'administration peut proposer certaines adaptations au projet mais ne peut s'opposer aux travaux projetés qu'en procédant au classement du site. Le permis de démolir est obligatoire pour toute démolition de construction (art. R421-28 du Code de l'Urbanisme).

- Le classement constitue une protection beaucoup plus forte puisque : « Les monuments naturels ou les sites classés ne peuvent ni être détruits ni être modifiés dans leur état ou leur aspect sauf autorisation spéciale » (art. L341-10 du code de l'environnement). Selon l'ampleur des travaux, cette autorisation est délivrée par le Ministre ou le Préfet du département après le recueil de l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF) et éventuellement de la Commission Départementale de la Nature, des Paysages et des Sites (CDNPS) ou de la Commission Supérieure des Sites, Perspectives et Paysages (CSSPP).

b. Identification et caractérisation des sites

La sensibilité des sites classés ou inscrits est essentiellement liée aux modifications potentielles qui peuvent être apportées au sein d'un périmètre (pas de notion de co-visibilité comme pour les monuments historiques).

La sensibilité du site au projet est évaluée au regard des caractéristiques du site (taille, occupation des sols, composition paysagère, représentations et perceptions sociales…) et du projet. Le statut (classé/inscrit) n'est pas le seul élément à prendre en compte. Globalement, il s'agit de déterminer si le projet est susceptible de modifier notablement la composition et la perception du site. Ceci s'apprécie en fonction de l'ampleur des zones concernée et de la capacité du site à accepter ce type de projet. Pour cela, sont analysés les types aménagements prévus et leur susceptibilité d'intégration dans la composition ou non (objet ou motif paysager de même nature que l'existant, objet très ponctuel pratiquement imperceptible comme les ouvrages annexes…).

Le fuseau traverse plusieurs emprises de protection de sites, dont sept sont classés sur les communes de Saint-Cloud, Sèvres, Meudon et Vanves. Ceux-ci sont présentés dans le tableau ci-après.

Liste des sites classés et inscrits traversés par le fuseau d'étude

N°	Communes concernées	Nom du site	Statut de protection	Surface (ha)	Description et sensibilité (Source : DRIEE Ile de France, Paysages)
1	Saint-Cloud et Sèvres	Bois de Saint-Cloud et du parc de Villeneuve-l'Etang (N° du site : 6110)	Classé	438,7	Sensibilité forte Site majeur à la fois en termes d'ampleur (450 ha aux abords de Paris, visibilité depuis l'ensemble de la boucle de Boulogne dont il domine les coteaux) et d'histoire (aménagement par Le Notre). Cette protection se superpose au classement au titre de monument historique des sols et bâtis du Domaine de Saint-Cloud (code du patrimoine).
2	Sèvres	Ile Monsieur (N° du site : 6125)	Classé	8,76	Sensibilité forte La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930 pour son caractère artistique, historique, scientifique, légendaire et pittoresque. Ancienne ile autonome rattaché à la plaine de Saint-Cloud, elle a été réaménagée récemment en parc promenade et base de sports nautiques. Située au cœur de la boucle de Boulogne, elle est très visible depuis les axes routiers, les coteaux et bords de Seine périphériques.
3	Sèvres	Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres (N° du site : 6126)	Inscrit	4,43	Sensibilité modérée La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930. Infrastructure historique (route du roi de Versailles à Paris) aujourd'hui très fréquentée et ayant nécessité un remaniement important du site initial. L'ensemble partage les sites classés mitoyens (Domaine de Brimborion et Parc de la propriété des Tybilles)
4	Sèvres	Domaine de Brimborion, parcelles 130 à 136, 195 à 198, 200 à 244 et 253 à 255 section D (N° du site : 6124)	Classé	12.7	Sensibilité forte La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930 pour son caractère pittoresque. Ce site, constitué d'un parc historique boisé de taille moyenne, surplombe en position de Belvédère la boucle de la Seine de Boulogne, offrant des vues sur l'Ile Seguin et le parc de Saint Cloud
5	Sèvres et Meudon	Immeubles nus et bâtis Nom usuel : Colline du Brimborion (N° du site : 6091)	Inscrit	35.24	Sensibilité modérée La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930, dans le but de surveiller le devenir de ce territoire. Le site construit en limite des sites plantés du Domaine de Brimborion et du Parc de la propriété des Tybilles
6	Sèvres et Meudon	Bois de Meudon et Viroflay et leurs abords (N° du site : 6023)	Inscrit	1430	Sensibilité modérée La protection du site a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930 pour son caractère pittoresque. Le fuseau tangente la limite de ce site constitué de la forêt domaniale de Meudon
7	Meudon	Parc de la propriété Les Tybilles (N° du site : 6083)	Classé	1,9	Sensibilité forte La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930 pour son caractère pittoresque. Situé au point haut de la route des Gardes, le site domine le val de Seine et offre une perspective jusqu'à la tour Eiffel. Cette propriété est formée d'un parc planté de très beaux arbres et d'une maison d'habitation qui date du siècle dernier.
8	Meudon	Carrières de craie Arnaudet (souterraines) (N° du site : 7149)	Classé	3.4	Sensibilité forte Le périmètre de protection représente les terrains à l'air libre recouvrant les galeries. La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930 pour son caractère artistique et scientifique. Les carrières souterraines de craie de Meudon, étagées sur trois niveaux, dont l'activité a pris fin au début de ce siècle, présentent un double intérêt :scientifique (une partie des carrières renferme un réseau karstique rempli d'argiles fossilifères où furent découverts les restes d'un mammifère jusque-là inconnu : le coryphodon) et architectural (l'ensemble des carrières est constitué de larges galeries, parallèles et perpendiculaires les unes aux autres avec voûtes en berceau, à l'esthétique et acoustique exceptionnelles).
9	Meudon	Propriété de Monsieur Rodin (Musée Rodin) (N° du site : 1101)	Classé	4.6	Sensibilité forte La protection a été décidée en application de la loi du 26 avril 1906. Il s'agit d'un musée national et d'une institution publique placée sous l'autorité du Ministère de la Culture. Le parc de 32 hectares s'incline depuis le plateau vers la vallée de la Seine qu'il domine offrant des vues qui portent à l'ouest jusqu'à la terrasse de l'observatoire de Meudon.
10	Vanves	Parc Frédéric Pic (N° du site : 1101)	Classé	5,3	Sensibilité forte La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930. Le classement concerne le parc municipal Frédéric-Pic à Vanves. Cette protection n'intéresse que la partie boisée du parc, qui s'étend sur un terrain en légère déclivité. Sa partie nord-ouest est occupée par un petit canal artificiel, bordé de peupliers, qui débouche à l'Ouest sur un bassin. La partie centrale est occupée par un petit pavillon entouré d'arbres (sapins, cèdres, tilleuls). Cet ensemble boisé, en plein cœur de Vanves, est à conserver et à préserver, car il demeure l'un des seuls espaces verts de cette commune.
11	Saint-Maur des Fossés	Quartiers anciens (N° du site : 6478)	Inscrit	7,5	Sensibilité modérée Le site est majoritairement construit et situé à proximité du tracé de référence. La protection a été décidée en application de la loi du 2 mai 1930 pour son caractère pittoresque. La ville de Saint-Maur-des-Fossés, offre un ensemble de témoins historiques et archéologiques concentrés en un même quartier. Le site est constitué par l'îlot le plus ancien de Saint-Maur-des-Fossés sur les traces du domaine de l'ancienne abbaye de Saint-Maur où le village s'est autrefois développé autour de la demeure seigneuriale. Il accueille notamment les édifices témoins de l'histoire locale : reste de l'abbaye de Saint-Maur avec la tour et les murs d'enceinte, l'église Saint-Nicolas et l'hôtel de Largentière. Le secteur incluant le parc de l'abbaye de Saint-Maur présente un fort intérêt paysager : terrasse plantée de marronniers dominant un square dont l'accès par la rue de l'abbaye est flanqué de la tour Rabelais.

c. Enjeux relatifs aux sites inscrits et classés

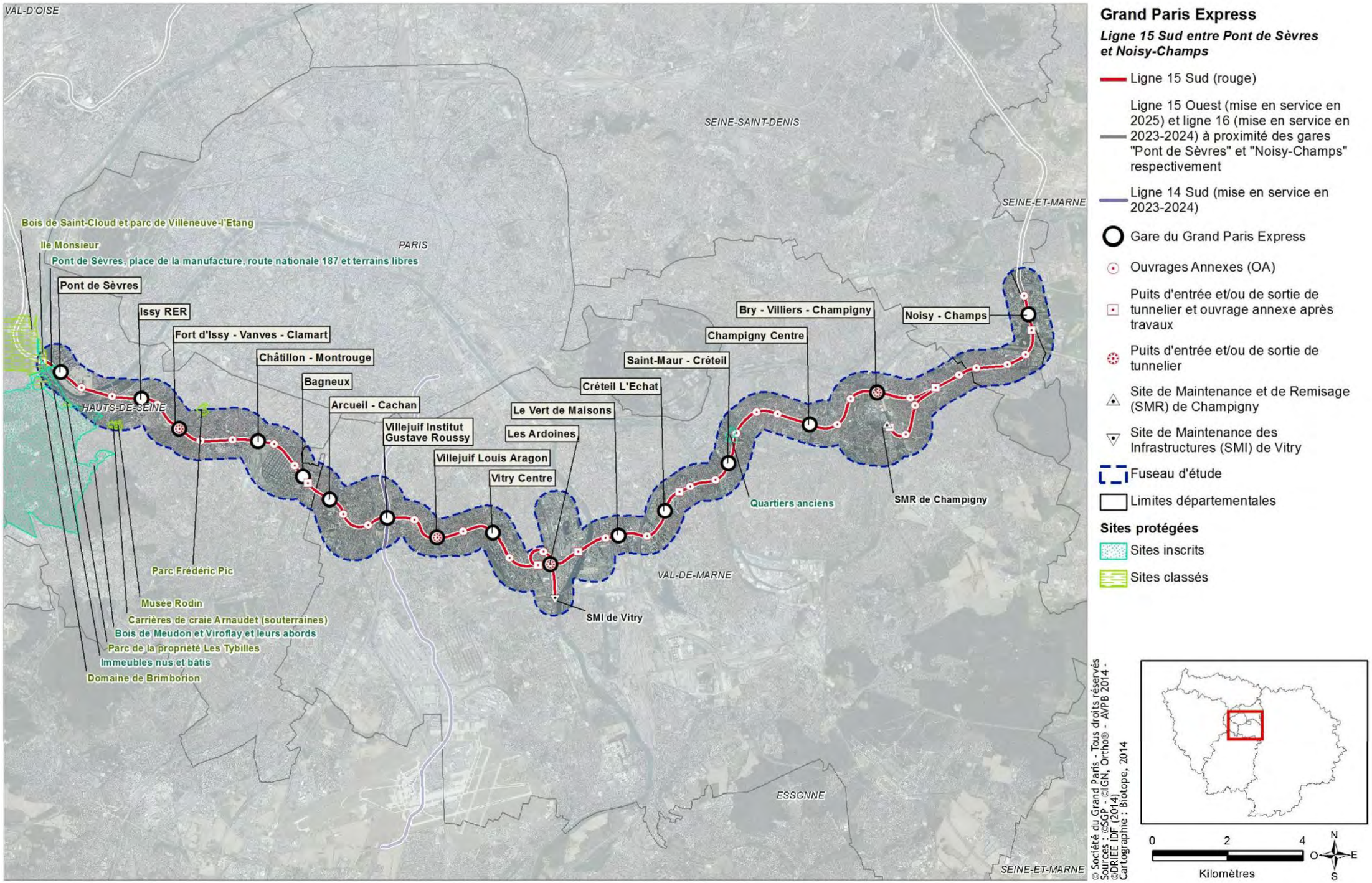
Tous les sites classés présentent une sensibilité forte à modéré puisque la réglementation implique que l'état des lieux ne doit pas être modifié. Toutefois la réglementation prévoit une procédure de demande d'autorisation spéciale de travaux et, en fonction des critères de classement et de l'histoire du site, permet des modifications plus ou moins importantes. C'est ainsi que par exemple le site classé de l'Ile Monsieur a été aménagé en base nautiques et pôle d'échange. Ce site fait également l'objet de procédure dans le cadre de l'aménagement du parking par Grand Paris Seine Ouest (GPSO).

L'ensemble des sites classés et inscrits regroupés dans la boucle de Boulogne Billancourt au voisinage du Pont de Sèvres sur les coteaux de Saint-Cloud – Bellevue forme toutefois un ensemble paysagé et de grande ampleur dont l'aspect historique et paysager est remarquable. Les sites classés situés dans ce secteur représentent un enjeu fort. Les sites inscrits associés représentent un enjeu modéré au regard de leur caractéristiques et de la prégnance des infrastructures.

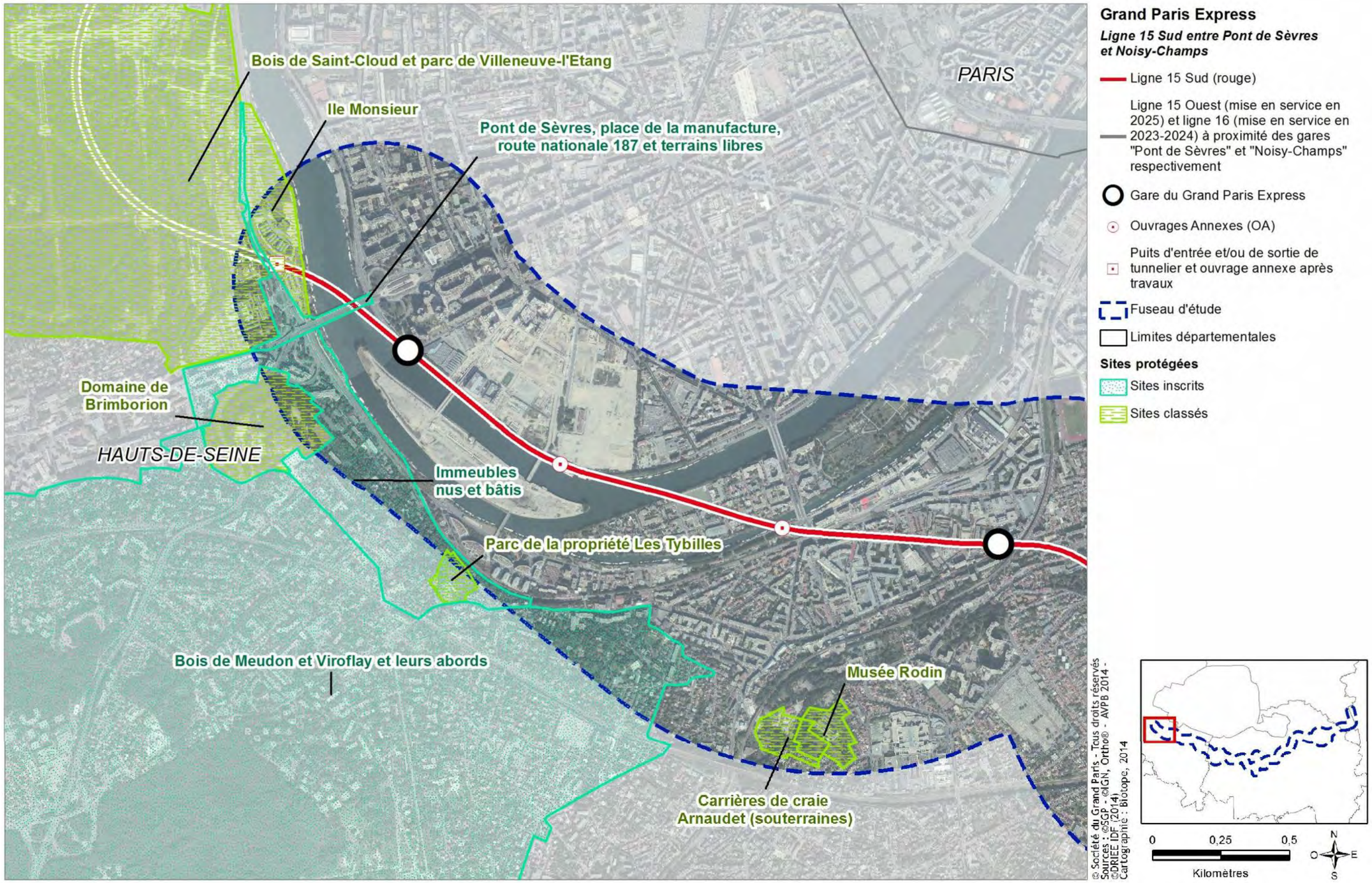
D'autres sites existent ponctuellement dans le fuseau. Seul le site inscrit des quartiers anciens de Saint-Maur-des-Fossés représente, au centre du fuseau, un enjeu modéré au regard de son statut (inscrit) et de ses caractéristiques (site urbain). Les autres sites ne représentent pas un enjeu vis-à-vis du projet.

L'analyse des impacts permettra de définir si un dossier procédure d'autorisation spéciales de travaux est nécessaire pour le projet de la ligne 15 SUD.

Sites classés et inscrits à l'échelle du fuseau d'étude



Sites classés et inscrits à l'échelle du fuseau d'étude dans les communes de Saint-Cloud, Sèvres et Meudon



2.16.1.2 Monuments historiques inscrits et classés

a. Rappel réglementaire

Le contexte législatif relatif aux monuments historiques se traduit par la définition de deux niveaux de protection :

- le classement des immeubles. « Les immeubles dont la conservation présente, du point de vue de l'histoire ou de l'art un intérêt public sont classés comme monuments historiques en totalité ou en partie par les soins de l'autorité administrative » (art. L621-1 du code du patrimoine).

- l'inscription des immeubles. « Les immeubles ou parties d'immeubles publics ou privés qui, sans justifier une demande de classement immédiat au titre des monuments historiques, présentent un intérêt d'histoire ou d'art suffisant pour en rendre désirable la préservation peuvent, à toute époque, être inscrits, par décision de l'autorité administrative, au titre des monuments historiques. Peut être également inscrit dans les mêmes conditions tout immeuble nu ou bâti situé dans le champ de visibilité d'un immeuble déjà classé ou inscrit au titre des monuments historiques » (art. L621-25 du code du patrimoine).

La protection des immeubles classés ou inscrits s'étend au champ de visibilité de ceux-ci, défini ainsi : « Est considéré, pour l'application du présent titre, comme étant situé dans le champ de visibilité d'un immeuble classé ou proposé pour le classement tout autre immeuble, nu ou bâti, visible du premier ou visible en même temps que lui et situé dans un périmètre n'excédant pas 500m ». (art. L621-30 du code du patrimoine)

Pour les immeubles soumis à ce régime, qu'ils soient inscrits ou classés, un périmètre de protection de 500m de rayon, générant une servitude opposable aux tiers, est institué.

Toutefois, depuis la loi du 13 décembre 2000 dite de « Solidarité et Renouvellement Urbain », un Périmètre de Protection Adapté (PPA) - lors d'une procédure de classement ou d'inscription - ou un Périmètre de Protection Modifié (PPM) - pour les immeubles déjà protégés - peuvent se substituer au périmètre de 500m, sur proposition de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Ces périmètres, selon configuration spécifiques des abords des immeubles, peuvent être réduits à moins de 500m ou au contraire étendus. La notion de « champ de visibilité » avec le monument est ici déterminante.

b. Identification et caractérisation des Monuments Historiques

Tous les immeubles protégés au titre des monuments historiques compris dans le fuseau ou extérieur au fuseau mais dont la servitude de protection (périmètre de protection de 500m, PPA ou PPM) est recoupée par le fuseau d'étude ont été recensés.

Les documents ci-après présentent les résultats des recherches sur les monuments historiques:

- les tableaux précisent les statuts de protection des monuments et le détail des éléments concernés par les protections (époque, éléments protégés, etc.) ;
- les photos représentant les monuments historiques associées à des vues aérienne axonométriques permettent de caractériser les monuments et de les positionner dans leur contexte avec pour se repérer des sites emblématiques connus du plus grand nombre et les gares et pôles d'échange déjà existants ;
- les plans permettent de repositionner les monuments par rapport au fuseau et le tracé de la Ligne 15 Sud.

La sensibilité des monuments historiques est évaluée en fonction de l'importance du site, de son statut (classé ou inscrit), de sa position dans le paysage (position en belvédère ou tissu urbain dense) et le fuseau. En effet, plus il est proche du tracé, plus il est potentiellement sensible au regard des enjeux de covisibilité notamment.

Lorsque le périmètre de protection du monument ne concerne pas le secteur proche du tracé, le projet ne peut être considéré dans le champ de visibilité du projet, la sensibilité est alors faible à nulle.

Liste des monuments historiques recensés sur le fuseau d'étude

N°	Nom de l'immeuble	Statut de protection	Type de servitude	Description et sensibilité
Commune de Saint-Cloud				
1	Domaine national de Saint Cloud (Réf. PA00088141)	Classé	Aucun périmètre	Eléments protégés: - Cascade et bassin du grand jet (classement par liste de 1900). - Les six fours de la manufacture nationale deporcelaine, actuellement musée national de la porcelaine (classement par arrêté du 15 mars 1993). - Bâtiments et sols du domaine national (classement par arrêté du 9 novembre 1994). - Façades et toitures du bâtiment dit Double du Grand Livre ainsi que le sol de la parcelle sur laquelle il est implanté (classement par arrêté du 8 décembre 1994). - Bâtiments de l'ancienne école nationale de céramique ainsi que le sol de la parcelle sur laquelle elle est implantée (classement par arrêté du 8 décembre 1994). Epoque: 17e, 18e, 19e, 1ère moitié 20e siècle Sensibilité forte car le monument est situé dans la zone dégagée offrant de larges vues sur le val de Seine
Commune de Sèvres				
2	Manufacture Royale de Porcelaine (ancienne) (réf. PA00088155)	Inscrit	R500	Adresse : Léon-Journault (avenue) ; Brongniart (rue) Eléments protégés: - Les façades et toitures du pavillon dans la cour de l'école avec son escalier extérieur et les balustrades qui l'entourent ; - la grille d'entrée du 18e siècle en avant de la façade principale de l'école; - la porte d'entrée dans la cour du Roi avec sa grille en fer forgé et les façades et toitures des pavillons adjacents à cette grille ; - les façades et toitures du bâtiment principal de l'école avec l'escalier d'honneur et sa porte en fer forgé, - la bibliothèque avec sa décoration, la salle d'études du premier étage avec piliers de bois ; - les façades et toitures du pavillon dit du Roi ; - la salle des gardes, la fontaine dans ladite salle, le boudoir du Roi (inscription par arrêté du 30 5.octobre 1935) Epoque : 18e siècle Sensibilité forte car le monument est situé dans une zone dégagée offrant des perspectives vers le tracé
3	Immeuble 11 place de la Libération (réf. PA00088153)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : 11 place de la Libération Eléments protégés: Façade et toiture sur rue, ainsi que l'escalier (inscription par arrêté du 10 décembre 1986) Epoque : 2e moitié 18e siècle Sensibilité modérée car le monument partiellement inscrit est en limite du fuseau d'étude dans un contexte urbain dense
4	Immeuble 17 Grande Rue (Réf. PA00088152)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : 17 Grande Rue Eléments protégés: Façade et toiture sur rue, ainsi que le portail (inscription par arrêté du 16 mars 1987) Epoque : 2e quart 19e siècle Sensibilité modérée car le monument partiellement inscrit est en limite du fuseau d'étude dans un contexte urbain dense
5	Cristallerie ou Manufacture des cristaux de la Reine (Réf. PA00088149)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : 16 rue Troyon Eléments protégés: Façades et toitures sur rue et sur cour ainsi que l'escalier (inscription par arrêté du 1er décembre 1986) Epoque : 2e quart 18e siècle Sensibilité forte car le monument est situé dans le fuseau d'étude et offre des vues vers le tracé
6	Collège arménien (Réf. PA92000011)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : 26 rue Troyon Eléments protégés : Les façades et toitures, ainsi que le vestibule, le grand escalier et, au premier étage, le salon d'honneur et le petit salon (inscription par arrêté du 8 juillet 2003) Epoque : 2e moitié 18e siècle Sensibilité forte car le monument est situé dans le fuseau d'étude et offre des vues sur le tracé
Commune de Meudon				
7	Domaine de Bellevue (Réf. PA00088124)	Inscrit	R500	Adresse : 1 allée Pompadour Eléments protégés : Parcelle avec son pavillon. (inscription par arrêté du 3 juillet 1990) Epoque : 3e quart 18e siècle Sensibilité faible car le monument inscrit est situé en dehors du fuseau d'étude
8	Domaine de Bellevue : glacières de	Inscrit	R500	Adresse : 1 allée Pompadour

N°	Nom de l'immeuble	Statut de protection	Type de servitude	Description et sensibilité
	l'ancien château de Bellevue (réf. PA00088169)			Eléments protégés : glacières de l'ancien château de Bellevue .(inscription par arrêté du 17 juillet 1990) Epoque : 3e quart 18e siècle Sensibilité faible car le monument inscrit est situé en dehors du fuseau d'étude
9	Maison de plaisance de J.J. Huvé (Réf. PA00088122)	Classé	R500	Adresse : 13 route de Vaugirard Eléments protégés : Pavillon, élévation (classement par arrêté du 12 mars 1945) Epoque : 4e quart 18e siècle Sensibilité forte car le monument classé est inclus dans le fuseau d'étude
10	Maison de Marcel Dupré (réf. PA00135374)	Partiellement Inscrit	Aucun périmètre	Adresse : 40 boulevard Anatole-France Eléments protégés : Salle de musique (inscription par arrêté du 20 mars 1995) Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité nulle car le monument partiellement inscrit n'a pas de périmètre de protection (éléments intérieurs au bâti)
11	Musée Rodin ou Villa les Brillants (réf. PA00088123)	Classé	R500	Adresse : 19 avenue Auguste-Rodin Eléments protégés : Musée et parc (classement par arrêté du 17 février 1972) Epoque : 2e moitié 19e siècle, 2e quart 20e siècle Sensibilité forte car le monument classé est situé dans le fuseau d'étude
Commune d'Issy-les-Moulineaux				
12	La Tour aux Figures (Réf. PA00088178)	Classé	R500	Adresse : sur l'île Saint Germain Eléments protégés : La Tour aux Figures en totalité (classement par arrêté du 10 septembre 2008). Epoque : 4e quart 20e siècle Sensibilité nulle car le périmètre du monument (hors fuseau) recoupe faiblement le fuseau d'étude
13	Eglise Notre-Dame-des Pauvres (Réf. PA92000018)	Inscrit	R500	Adresse : 27 boulevard Gallieni ; 4-6 rue Charlot Eléments protégés : L'église en totalité (cad. V 70) : inscription par arrêté du 13 décembre 2007 Epoque : 3e quart 20e siècle Sensibilité nulle car le périmètre du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
14	Palais des Arts et des Congrès (Réf. PA92000021)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : 23-25 rue Victor-Cresson Eléments protégés : La façade principale et la toiture du massif antérieur ainsi que le hall et le foyer (inscription par arrêté du 26 septembre 2011)14. Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité faible car le monument est situé en limite du fuseau d'étude et est intégré dans un tissu bâti dense
15	Ancien château des Conti (réf. PA00088111)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : Berthelot (rue) 3 Eléments protégés : Fontaine (inscription par arrêté du 8 mai 1933) Sensibilité forte car le monument est situé au cœur du fuseau proche du tracé
16	Maison Suisse de Retraite (réf. PA92000002)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : 23 avenue Jean-Jaurès ; 14 rue Minard Eléments protégés : Corps de logis du 18e siècle et les sols des terrasses subsistantes (bassins compris) (cad. AE 44) : inscription par arrêté du 10 juin 1996 Epoque : 18e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
17	Eglise Saint-Etienne (réf. PA00088112)	Inscrit	R500	Adresse : place de l'Eglise Eléments protégés : Eglise (inscription par arrêté du 10 avril 1929) Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
18	Domaine du séminaire Saint-Sulpice (réf. PA92000001)	Partiellement classé-inscrit	R500	Adresse : 25 à 35 rue du Général-Leclerc ; 17 à 23 rue Minard Eléments protégés : - Ancien séminaire, à l'exception des parties classées : inscription par arrêté du 16 février 1996 - Nymphée ; grande chapelle ; - chapelle de la Solitude, y compris l'oratoire ; - chapelle Notre-Dame de Toutes-Grâces ; - bassin circulaire du 17e siècle situé en face du bâtiment principal du séminaire (cad. AE 59 ; AT 2, 17 à 19) ; - passage souterrain sous la rue Minard, y compris l'édicule Saint-Joseph (cad. non cadastré) : classement par arrêté du 12 avril 1996 Epoque : 17e siècle, 18e siècle, 19e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
Commune de Bagneux				
19	Eglise Saint-Hermelan	Classé	R500	Adresse : 8 Place de la République

N°	Nom de l'immeuble	Statut de protection	Type de servitude	Description et sensibilité
	(réf. PA00088067)			Eléments protégés : Eglise : classement par liste de 1862 Epoque : 1ère moitié 13e siècle, 19e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
20	Maison dite de Richelieu (réf. PA0008806)	Partiellement classé-inscrit	R500	Adresse : 4 Rue Etienne-Dolet Eléments protégés : - La statue du 18e siècle située dans le parc de l'immeuble - Le cadran solaire, dans le parc municipal Richelieu - - Les façades et toitures de la maison, ainsi que les pièces du premier étage couvertes de plafonds peints "à la française" Epoque : 1ère moitié 17e siècle, 18e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
21	Maison, ancien presbytère (réf. PA00088171)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : Place de la République, avenue Gabriel-Péri Eléments protégés : Boudoir du premier étage : inscription par arrêté du 13 décembre 1990 Epoque : 1er quart 19e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
Commune de Vanves				
22	Lycée Michelet (réf. PA00088159)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : boulevard du lycée Eléments protégés : - Façades et toitures de l'ensemble des bâtiments construits avant 1900 ; - intérieur du gymnase et de la salle des fêtes (cad. 1983 C 4) : inscription par arrêté du 10 juillet 1986 Epoque : 4e quart 17e siècle ; 2e moitié 19e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
23	Eglise Saint-Rémy (réf. PA00088158)	Inscrit	R500	Adresse : 17 Rue de la République Eléments protégés : Eglise Saint-Rémy : inscription par arrêté du 19 octobre 1928 Epoque : 15e siècle, 19e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
Commune de Malakoff				
24	Hôtel (ancien) (réf. PA00088115)	Inscrit	R500	Adresse : 98 Avenue Pierre-Brossolette Eléments protégés : Façades et toitures (inscription par arrêté du 28 octobre 1980) Epoque : 1er quart 19e siècle Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe faiblement le fuseau d'étude
Commune de Châtillon				
25	Eglise Notre-Dame-du-Calvaire (réf. PA92000012)	Inscrit	R500 (PPM à l'étude)	Adresse : 2 avenue de la Paix Eléments protégés : L'église en totalité, à l'exclusion du sol de la parcelle (inscription par arrêté du 24 juin 2004). Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité forte car le monument est situé à l'intérieur du fuseau d'étude
Commune d'Arcueil				
26	Immeuble, 47 rue Emile Raspail	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 47 rue Emile Raspail Eléments protégés : Fontaine et perron du 18s dans le jardin : inscription par arrêté du 10 avril 1929 Epoque : 18e siècle Sensibilité faible car le monument partiellement inscrit est situé en limite du fuseau dans un tissu bâti dense
27	Eglise Saint Denys (réf. PA00079846)	Classé	PPM	Adresse : rue Emile Raspail Eléments protégés : Eglise Saint-Denys (classement par liste de 1862) Epoque : 4e quart 12e siècle ; 1ère moitié 13e siècle ; 15e siècle ; 18e siècle Sensibilité faible car le monument classé est situé en limite du fuseau dans un tissu bâti dense
28	Maisons des Gardes de l'Ancien Château (réf. PA00079848)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 24 rue Emile Raspail Eléments protégés : Façades (inscription par arrêté du 10 avril 1929) Epoque : 17e siècle Sensibilité faible car le monument classé est situé en limite du fuseau dans un tissu bâti dense
Communes d'Arcueil et Cachan				
29	Aqueduc des eaux de Rungis (réf. PA27.00079845)	Inscrit	PPM	Eléments protégés : - Aqueduc dans son ensemble avec ses ouvrages extérieurs : regards n°s 13, 14, 15, 17 et 18, et partie superposée du 19s du pont-aqueduc

N°	Nom de l'immeuble	Statut de protection	Type de servitude	Description et sensibilité
				(délimitée par les regards n°s 13 et 14) entre Arcueil et Cachan (inscription par arrêté du 10 février 1988) Epoque : 19e siècle Sensibilité forte car le monument inscrit est situé dans le fuseau dans un site offrant des perspectives
	Aqueduc des eaux de Rungis – partie du XVIIeme siècle entre les regards n°13 et 14 (réf. PA00079845)	Classé	R500	Eléments protégés : Partie 17s du pont-aqueduc Médicis (à l'exclusion de la partie 19s) délimitée par les regards n°s 13 et 14 (classement par arrêté du 26 février 1991) Epoque : 17e siècle Sensibilité forte car le monument classé est situé dans le fuseau dans un site ouvert
Commune de Cachan				
30	Aqueduc gallo-romain(restes) (réf. PA00079853)	Classé	PPM	Eléments protégés : Vestiges (classement par liste de 1862) Sensibilité forte car le monument classé est situé dans le fuseau dans un site ouvert
31	Maison Renaissance (ancien Fief des Arcs) (réf. PA00079856)	Classé	PPM	Adresse : rue Besson Eléments protégés :Aqueduc (classement par liste de 1875) Epoque : 16e , 17e , 18e , 19e siècle Sensibilité forte car le monument classé est situé dans le fuseau dans un site ouvert
32	Hospice Raspail (réf. PA00079855)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 1 rue Gallieni Eléments protégés :Salle de billard (décoration du 18e siècle), (inscription par arrêté du 6 juin 1933) Epoque : 18e siècle Sensibilité faible même si le monument est situé à proximité du tracé préférentiel les éléments protégés sont à l'intérieur de l'espace bâti
33	Hôtel de Ville (réf. PA94000015)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 8 rue Camille-Desmoulins Eléments protégés :Les façades et toitures ; le vestibule des pas perdus ; le grand escalier ; la salle des fêtes et des mariages ; la salle du conseil ; le square de la Libération ; le sol de la parcelle (cad. R 181) : inscription par arrêté du 11 mars 2002 Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité forte car le monument est situé à proximité du tracé préférentiel
34	Maison Eyrolles (réf. PA94000004)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 28 avenue du Président-Wilson Eléments protégés : Façades et toitures ; vestibule d'entrée ; grande pièce de réception ; salle à manger (cad. F 5) : inscription par arrêté du 6 janvier 1997 Sensibilité forte car le périmètre de protection du monument partiellement inscrit recoupe le tracé préférentiel
35	Périmètre de protection modifié Regard n°11		PPM	Adresse : Rue des Saussaie, avenue Léon Blum (PPM entièrement présent dans le fuseau d'étude) Sensibilité modéré car le monument est ponctuel et situé dans un tissu bâti
36	Périmètre de protection modifié Regard n°10		PPM	Adresse : Rue de la Pléiade, sentier des Garennes (PPM entièrement présent dans le fuseau d'étude) Sensibilité modéré car le monument est ponctuel et situé dans un tissu bâti
Commune de l'Haÿ-les-Roses				
37	Roseraie du conseildépartemental et les regards de l'aqueduc		PPM	Adresse : Rue Albert Watel (PPM présent en partie sur le fuseau) Sensibilité nulle car le périmètre de protection du monument recoupe à la marge le fuseau d'étude
Commune de Villejuif				
38	Eglise Saint Cyr – Sainte Juliette (réf. PA00079914)	Inscrit	R500 (PPM à l'étude)	Adresse : Place de la Mairie Eléments protégés : Eglise : inscription par arrêté du 19 octobre 1928 Sensibilité modérée à forte car le monument inscrit est situé dans le fuseau d'étude mais dans un tissu bâti dense
39	Mire dite de Cassini (réf. PA00079916)	Inscrit	R500	Adresse : Passage de la Pyramide, 157bis avenue de Paris Eléments protégés : Mire dite de Cassini (cad. R 29) : inscription par arrêté du 29 octobre 1928 Epoque : 18e siècle Sensibilité nulle car le périmètre du monument ponctuel recoupe à la marge le fuseau d'étude
40	Ancien Hôtel de la Capitainerie des Chasses (réf. PA94000003)	Partiellement inscrit	R500 (PPM à l'étude)	Adresse : 87, 89, 91 rue Jean-Jaurès Eléments protégés : Façades et toitures, ainsi que le passage cocher et l'escalier central de l'immeuble sis 89, rue Jean-Jaurès (cad. X 294, 89, 343) : inscription par arrêté du 17 septembre 1996 Sensibilité modérée à forte car le monument inscrit est situé dans le fuseau d'étude mais dans un tissu bâti dense
41	Stade Karl-Marx	Partiellement	R500	Adresse : 46, avenue Karl-Marx

N°	Nom de l'immeuble	Statut de protection	Type de servitude	Description et sensibilité
	(réf. PA00125474)	classé-inscrit		Eléments protégés : Façades et toitures du gymnase-tribune (cad. AT 39) : inscription par arrêté du 9 mars 1993 Epoque : 20e siècle Sensibilité faible à modérée car le périmètre de protection du monument recoupe largement le fuseau d'étude
42	Groupe scolaire Karl Marx (réf. PA00079915)	Partiellement inscrit et classé	R500 (PPM à l'étude)	Adresse : avenue Karl-Marx Eléments protégés : Groupe scolaire (cad. AT 38) : classement par arrêté du 31 octobre 1996 Epoque :2e quart 20e siècle Sensibilité faible à modérée car périmètre de protection du monument recoupe largement le fuseau d'étude
Commune de Vitry-sur-Seine				
43	Hôtel particulier (réf. PA00079922)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 1 rue Edouard-Tremblay Eléments protégés : Façades et toitures (cad. BP 70) : inscription par arrêté du 10 février 1969 Epoque : 17e siècle Sensibilité forte car le monument est situé à proximité du tracé préférentiel
44	Eglise Saint-Germain (réf. PA00079921)	Classé	PPM	Adresse : place de l'Eglise Eléments protégés : Eglise Saint-Germain : classement par liste de 1862 Epoque : 13e, 15e, 18e et 19e siècle Sensibilité faible à modérée car le périmètre de protection modifié du monument ne recoupe que partiellement le tracé préférentiel
Commune d'Alfortville				
45	Anciennes usine gazière cokerie Paris-Sud (réf. PA94000023)	Partiellement inscrit	R500	Adresse : rue du Capitaine-Alfred-Dreyfus et 2, digue d'Alfortville, quai de la Révolution Eléments protégés : - Le bâtiment des garages-vestiaires en totalité sis dans le parc d'activités Val-de-Seine, rue du Capitaine-Alfred-Dreyfus (cad. AN 76, 80, 91) : inscription par arrêté du 12 avril 2011 - Le bâtiment social en totalité, sis 2, digue d'Alfortville, quai de la Révolution (cad. AN 5) : inscription par arrêté du 12 avril 2011 - - Le bâtiment administratif (cad. AN 83), y compris l'œuvre de Fernand Léger, la galerie de liaison (cad. AN 73, 83) et le laboratoire (cad. AN 73 ; Choisy-le-Roi AF 125), en totalité, sis dans le parc d'activités Val-de-Seine, rue du Capitaine-Alfred-Dreyfus et quai de la Révolution : inscription par arrêté du 12 avril 2011 Epoque : 2e moitié 20e siècle Sensibilité forte à modérée car le périmètre de protection du monument recoupe partiellement le tracé préférentiel et le monument est situé dans une zone dégagée (bord de Seine)
Commune de Maisons-Alfort				
46	Cité HBM du Square Dufourmantelle (réf. PA94000021)	Partiellement Inscrit	PPM	Adresse : délimitée par la rue Jean-Jaurès, la rue de Rome, l'avenue de la Liberté et le square Gabriel-Fauré Eléments protégés : - Les façades et toitures de l'ensemble des bâtiments ; - le sol de la parcelle ; - la sculpture de Maurice Saulo " le petit chaperon rouge " (cad. BI 1) : inscription par arrêté du 27 juin 2007 Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité forte car le monument est situé à proximité du tracé préférentiel
47	Groupe scolaire Jules-Ferry (réf. PA94000016)	Inscrit	PPM	Adresse : 216bis - 218 rue Jean-Jaurès Eléments protégés : - En ce qui concerne les anciennes écoles des filles et des garçons (actuels collège et école primaire): les façades et toitures des écoles des filles et des garçons, à l'exception de celles de la cantine construite ultérieurement dans la cour de l'actuel collège, ainsi que l'escalier principal de chacune des deux écoles, y compris les deux peintures d'Emile Beaume au niveau des paliers du premier étage et les couloirs du rez-de-chaussée, du premier et du deuxième étages de l'école des garçons (cad. BG 111) ; - en ce qui concerne l'école maternelle: les façades et toitures, le préau, le réfectoire, les couloirs du rez-de-chaussée et du premier étage et l'escalier principal de l'école maternelle (cad. BG 112) : inscription par arrêté du 12 juillet 2002 Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité forte car le monument est situé à proximité du tracé préférentiel
48	Château du Réghat (ancien) (réf. PA00079886)	Inscrit	PPM	Adresse : 34 Avenue Victor-Hugo Eléments protégés : Façades et toitures sur jardin (cad. BD 26) : inscription par arrêté du 26 novembre 1979 Epoque : 2e moitié 18e siècle, 19e siècle Sensibilité nulle car le monument est situé très en dehors du fuseau d'étude
49	Groupe scolaire Condorcet (réf. PA00133018)	Inscrit	PPM	Adresse : 4 rue de Vénus Eléments protégés : Groupe scolaire: inscription par arrêté du 19 juillet 1994

N°	Nom de l'immeuble	Statut de protection	Type de servitude	Description et sensibilité
				Epoque : 2e quart 20e siècle Sensibilité nulle car seul le périmètre de protection du monument borde le fuseau d'étude
Commune de Créteil				
50	Eglise Saint-Christophe (réf. PA00079873)	Inscrit	PPM	Adresse : 4 Rue Félix Maire Eléments protégés : Eglise Saint-Christophe : inscription par arrêté du 19 octobre 1928 Epoque : 12e siècle, 13e siècle Sensibilité nulle car seul le périmètre de protection du monument borde le fuseau d'étude
51	Colombier (ancien) (réf. PA00079872)	Inscrit	PPM	Adresse : 18bis rue des Mèches Eléments protégés : Colombier: inscription par arrêté du 6 avril 1972 Epoque : 2e moitié 14e siècle Sensibilité nulle car seul le périmètre de protection du monument borde le fuseau d'étude
Commune de Saint-Maur-des-Fossés				
52	Hôtel de Largentière (ancien) (réf. PA00079902)	Inscrit	R500	Adresse : 5-7, rue de Paris Eléments protégés : Façades et toitures (cad. F 6) : inscription par arrêté du 5 mars 1971 Epoque : 2e moitié 16e siècle, 18e siècle Sensibilité forte car le monument est à proximité du tracé préférentiel
53	Eglise Saint-Nicolas (réf. PA00079901)	Classé	R500	Adresse : Place Armes Eléments protégés : Eglise Saint-Nicolas : classement par arrêté du 3 février 1947 Epoque : 11e, 13e siècle Sensibilité forte car le monument est à proximité du tracé préférentiel
54	Abbaye de Saint-Maur (réf. PA00079900)	Classé	R500	Adresse : avenue de Condé ; rue de l'Abbaye ; square de l'Abbaye Eléments protégés : Sols, vestiges et substructions du site de l'ancienne abbaye, y compris les tours et les murs d'enceinte (cad. 1982 E 21 ; G 29) : classement par arrêté du 13 juin 1988 Epoque : 9e, 18e siècle Sensibilité forte car le monument est à proximité du tracé préférentiel
Commune de Joinville-Le-Pont				
55	Château de Parangon (réf. PA00079882)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 68 rue de Paris Eléments protégés : Façades et toitures du corps principal et de l'aile en prolongement ; portail d'entrée sur rue (cad. 1960 X 119) : inscription par arrêté du 3 août 1976 Epoque : 17e siècle Sensibilité forte car le périmètre de protection du monument intègre une partie du tracé préférentiel
Commune de Champigny-sur-Marne				
56	Eglise Saint-Saturnin (Réf. PA00079858)	Classé	PPM	Adresse : rue de l'Eglise Eléments protégés : Eglise Saint-Saturnin : classement par arrêté du 22 juillet 1913 Epoque : 4e quart 12e siècle, 13e, 19e siècle Sensibilité forte car le périmètre de protection concerne le du tracé préférentiel
57	Pavillon Scandinave (Réf. PA00135377)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 23 avenue Martelet Eléments protégés : Façades et toitures du pavillon scandinave ; maison, en totalité (cad. BE 158) : inscription par arrêté du 7 juillet 1995 Epoque : 4e quart 19e siècle, 1er quart 20e siècle Sensibilité faible à modérée car le monument situé à l'intérieur du fuseau mais éloigné du tracé préférentiel
58	Château de Coeuilly (réf. PA00079857)	Partiellement inscrit	PPM	Adresse : 35 à 41 boulevard du Château ; 4 à 6 rue de l'Abreuvoir ; 28 rue Colombe-Hardellet Eléments protégés : Façades et toitures du bâtiment principal subsistant: inscription par arrêté du 16 mars 1977 Epoque : 17e siècle, 19e siècle Sensibilité faible à nulle car le périmètre de protection du monument borde le fuseau d'étude
Commune de Villeneuve-le-Roi				
59	Menhir dit La Pierreffite (Réf. PA00079918)	Classé	R500	Eléments protégés : Menhir dit La Pierreffite, dans le parc de la mairie: classement par liste de 1889 Sensibilité nulle car le monument ponctuel est situé hors fuseau et est entouré par du bâti en périphérie

c. Enjeux relatif aux Monuments Historiques

La Ligne 15 Sud concentre un nombre important de périmètres de protection de monuments historiques classés et inscrits, majoritairement situés sur la partie ouest du fuseau. Trois secteurs concentrent particulièrement plusieurs monuments:

- le secteur Sèvres-Meudon-Issy-les-Moulineaux (7 monuments dont la sensibilité est forte vis-à-vis de l'emprise du fuseau d'étude et du tracé de la ligne 15 Sud),
- le secteur Arcueil-Cachan (6 monuments dont la sensibilité est forte vis-à-vis de l'emprise du fuseau d'étude et du tracé de la ligne 15 Sud),
- le secteur Villejuif (2 monuments dans le fuseau dont la sensibilité est forte vis-à-vis de l'emprise du fuseau et du tracé de la ligne 15 Sud).

Néanmoins, cette sensibilité est à pondérer compte tenu du fait que l'infrastructure est essentiellement souterraine.

Monuments historiques recensés sur les communes de Sèvres et Meudon



1. Domaine National de Saint-Cloud



2. Manufacture Royale de Porcelaine



3. Immeuble 11 Place de la Libération



4. Immeuble 17 Grande Rue



5. Manufacture des cristaux de la Reine



6. Collège Arménien





7. Domaine de Bellevue



8. Glacières de l'ancien Château de Bellevue



9. Maison de plaisance J.J Huvé



10. Maison de Marcel Dupré



11. Musée Rodin

Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

Monuments historiques recensés sur la commune d'Issy-les-Moulineaux





12. La tour aux figures



13. Eglise Notre-Dame-des-Pauvres



14. Palais des Arts et des Congrès



15. Ancien Château des Conti (fontaine)



16. Maison Suisse de retraite



17. Eglise Saint Etienne



18. Domaine de Saint-Sulpice

Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

(1) Monument historique pris en compte dans le dossier

Monuments historiques recensés sur les communes de Bagneux, Vanves et Châtillon



19. Eglise Saint-Hermeland



20. Maison dite de Richelieu



21. Maison (ancien presbytère)



22. Lycée Michelet



23. Eglise Saint-Rémy



24. Hôtel particulier (ancien)



25. Eglise Notre-Dame-du-Calvaire



Monuments historiques recensés sur les communes d'Arcueil et Cachan





26. Immeuble 47 rue Emile Raspail



27. Eglise Saint-Denys



28. Maison des Gardes de l'Ancien Château



29. Aqueduc des eaux de Rungis



30. Aqueduc gallo-romain (pilier restant)



31. Maison Renaissance



32. Hospice Raspail



33. Hôtel de Ville



34. Maison Eyrolles

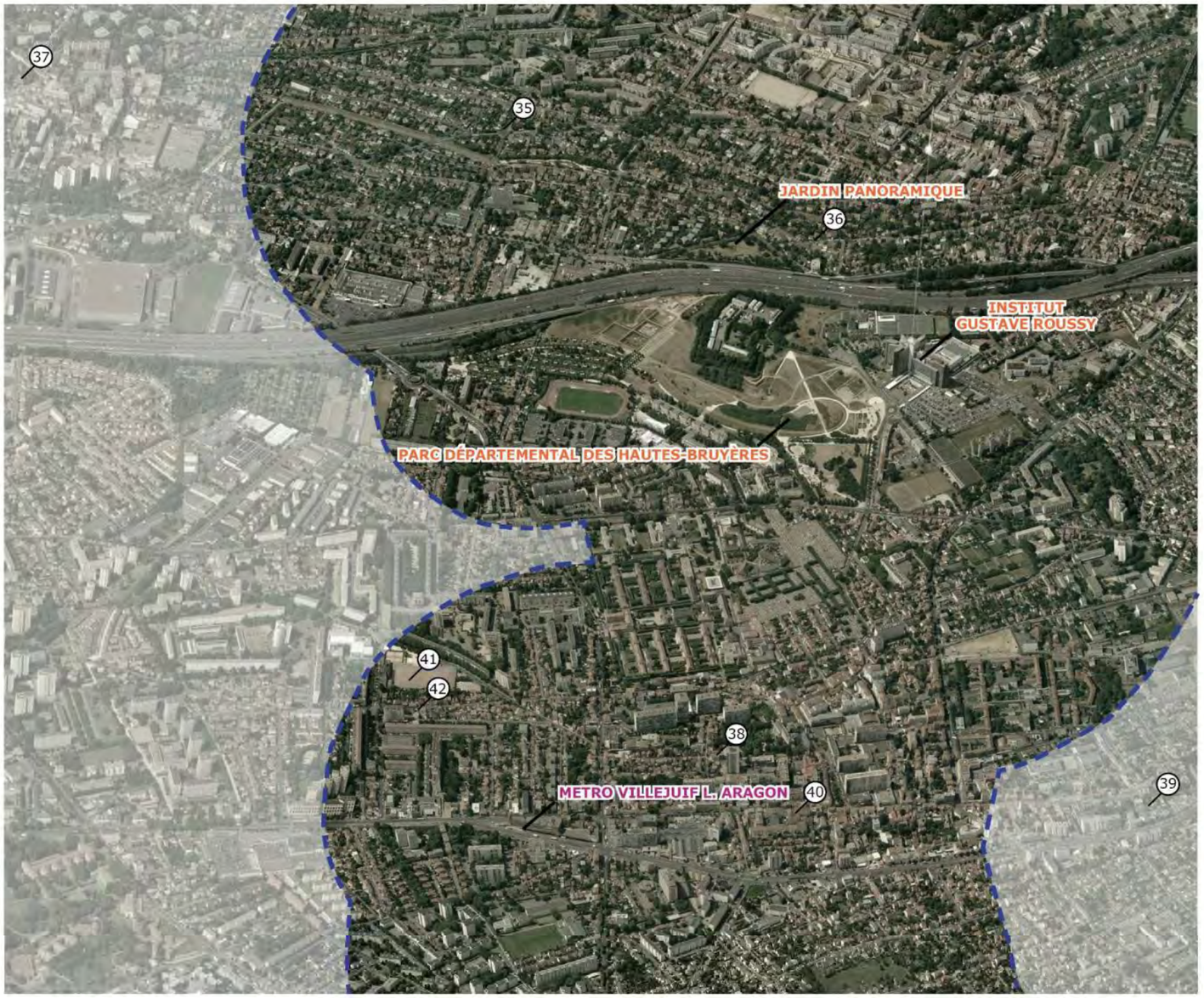
Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

Monuments historiques recensés sur les communes d'Haÿ-les-Roses et Villejuif





35. Regard n°10



36. Regard n°11



37. Roseraie du Conseil Général et les regards de l'aqueduc (PPM)



38. Eglise Saint-Cyr-Sainte-Juliette



39. Mire de Cassini



40. Ancien Hôtel de la Capitainerie des Chasses



41. Stade Karl Mar



42. Groupe scolaire Karl Marx

Fuseau d'étude - DUP

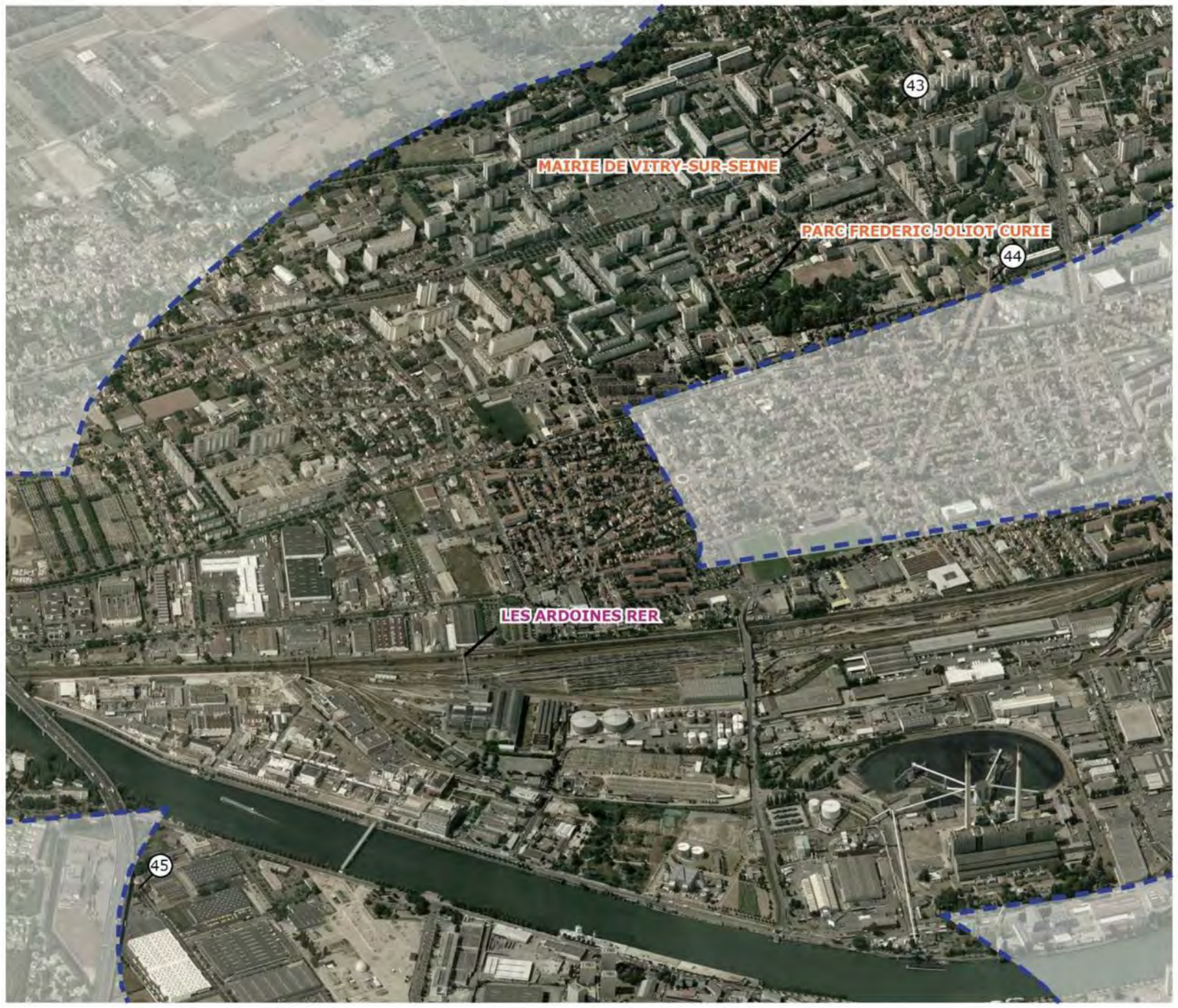
METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

v

Monuments historiques recensés sur les communes Vitry-sur-Seine et Alfortville





43. Hôtel Particulier



43. Eglise Saint-Germain



45. Ancienne usine gazière cokerie Paris-Sud

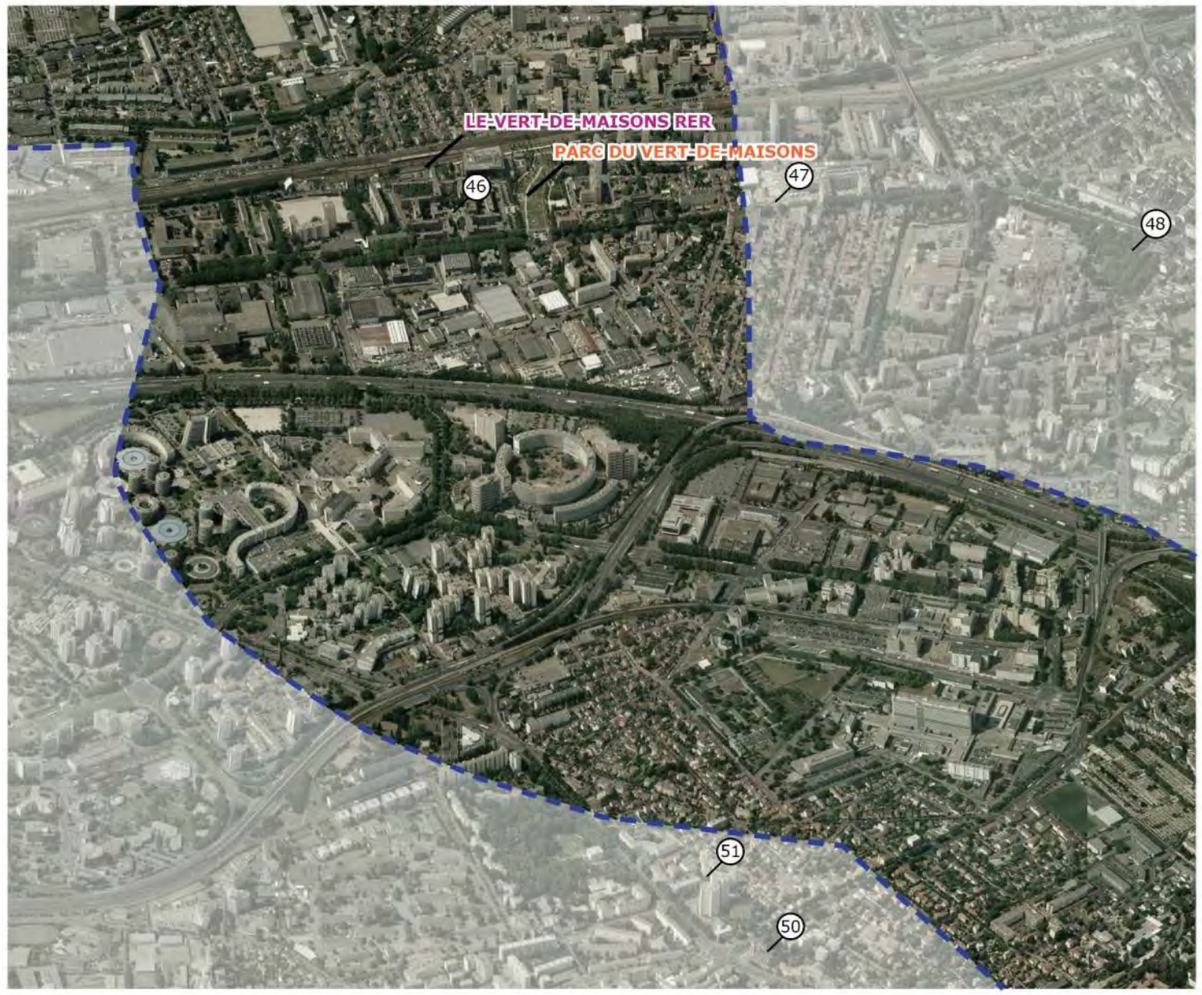
Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

Monuments historiques recensés sur la commune de Maisons-Alfort





46. Cité HBM du Square de Dufourmantelle



47. Groupe scolaire Jules Ferry



48. Château du Réghat



50. Eglise Saint-Christophe



51. Colombier

Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

Monuments historiques recensés sur les communes de Saint-Maur-des-Fossés et Joinville-le-Pont





49. Groupe scolaire Condorcet



52. Hôtel de Largentière (ancien)



53. Eglise Saint-Nicolas



54. Abbaye de Saint-Maur



55. Château de Parangon

Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

Monuments historiques recensés sur la commune de Champigny-sur-Marne





56. Eglise Saint-Saturnin



57. Pavillon Scandinave



58. Château de Coeuilly

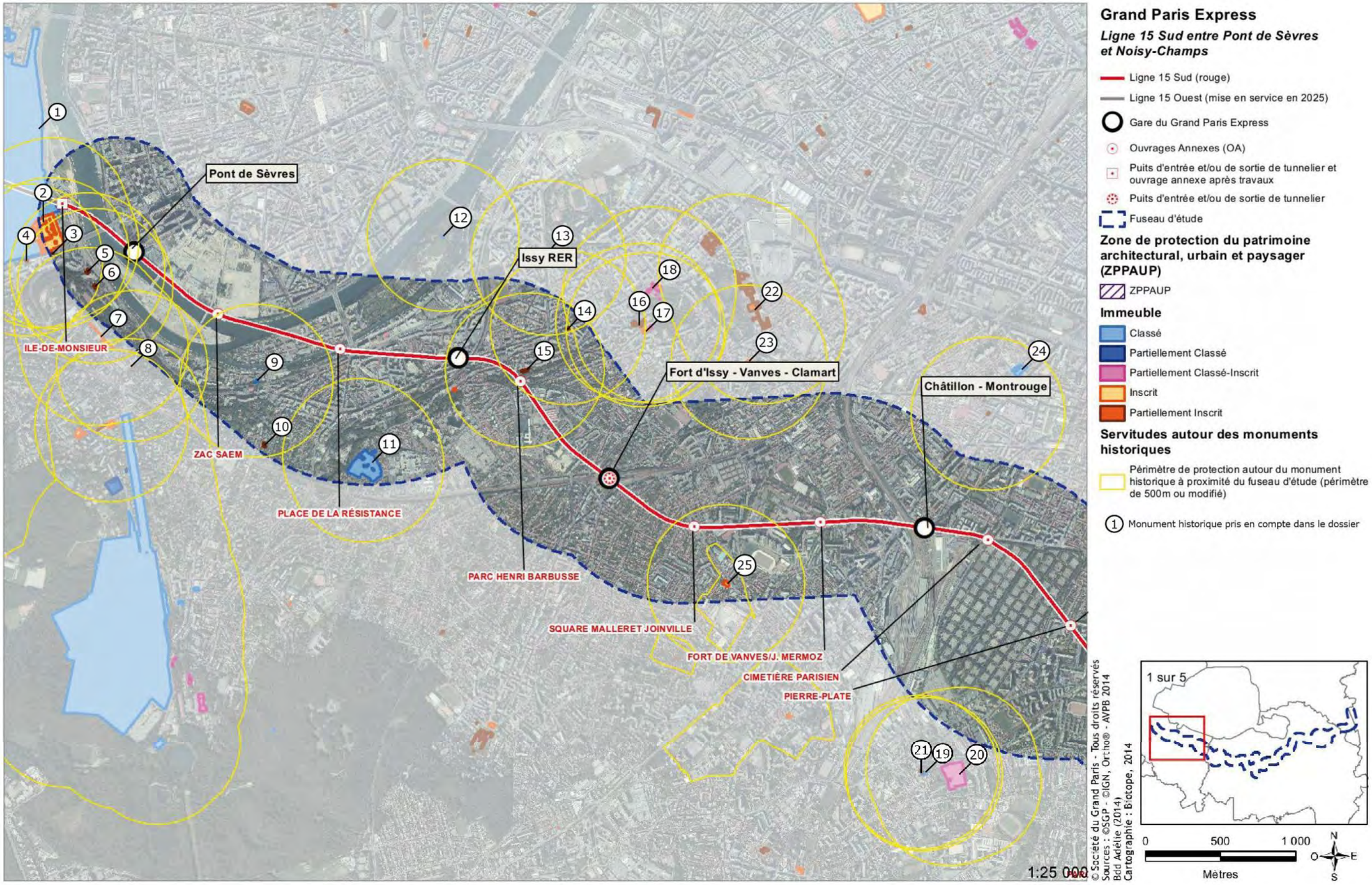
Fuseau d'étude - DUP

METRO Pôle d'échange

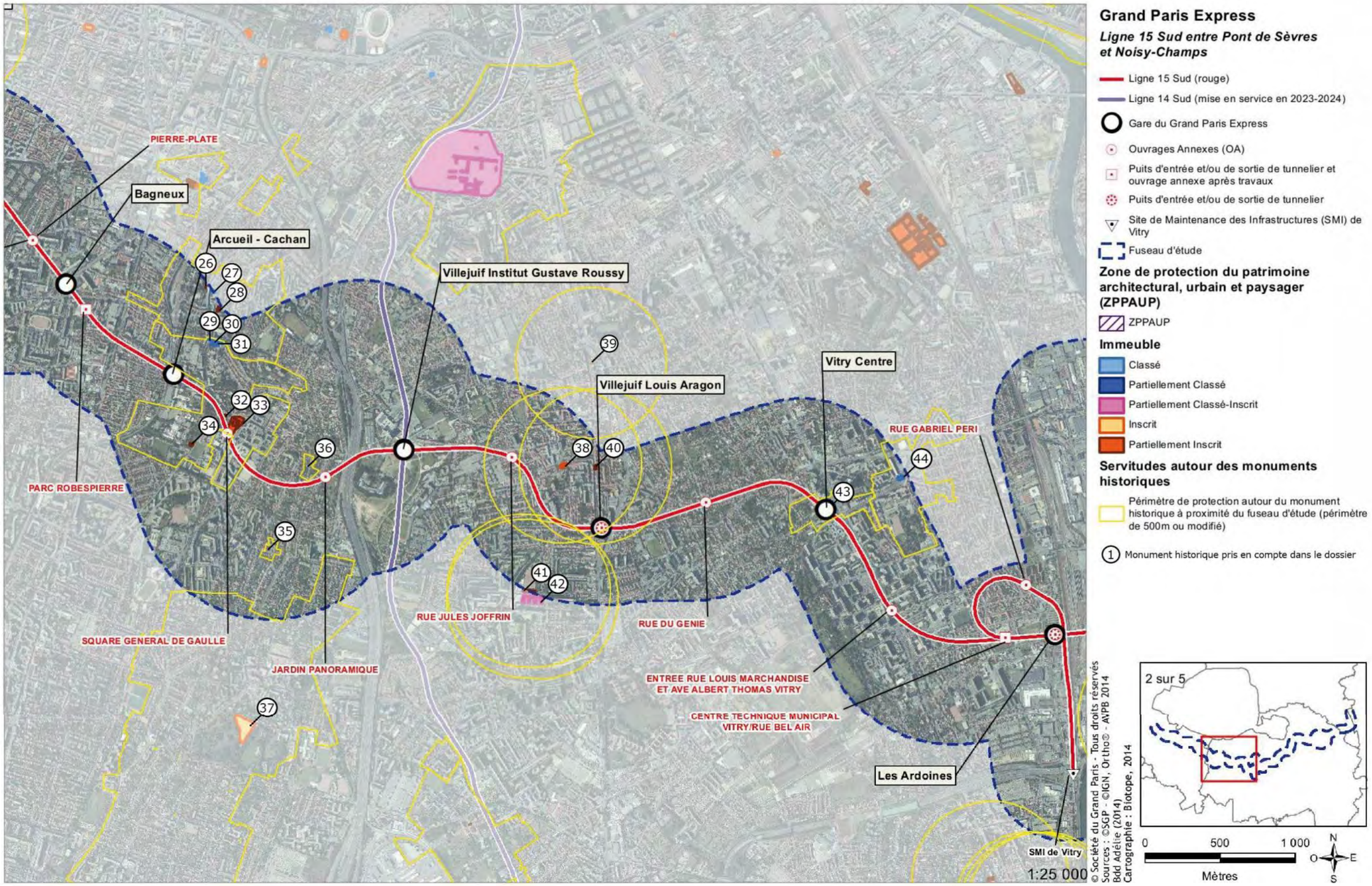
PARC Site emblématique

① Monument historique pris en compte dans le dossier

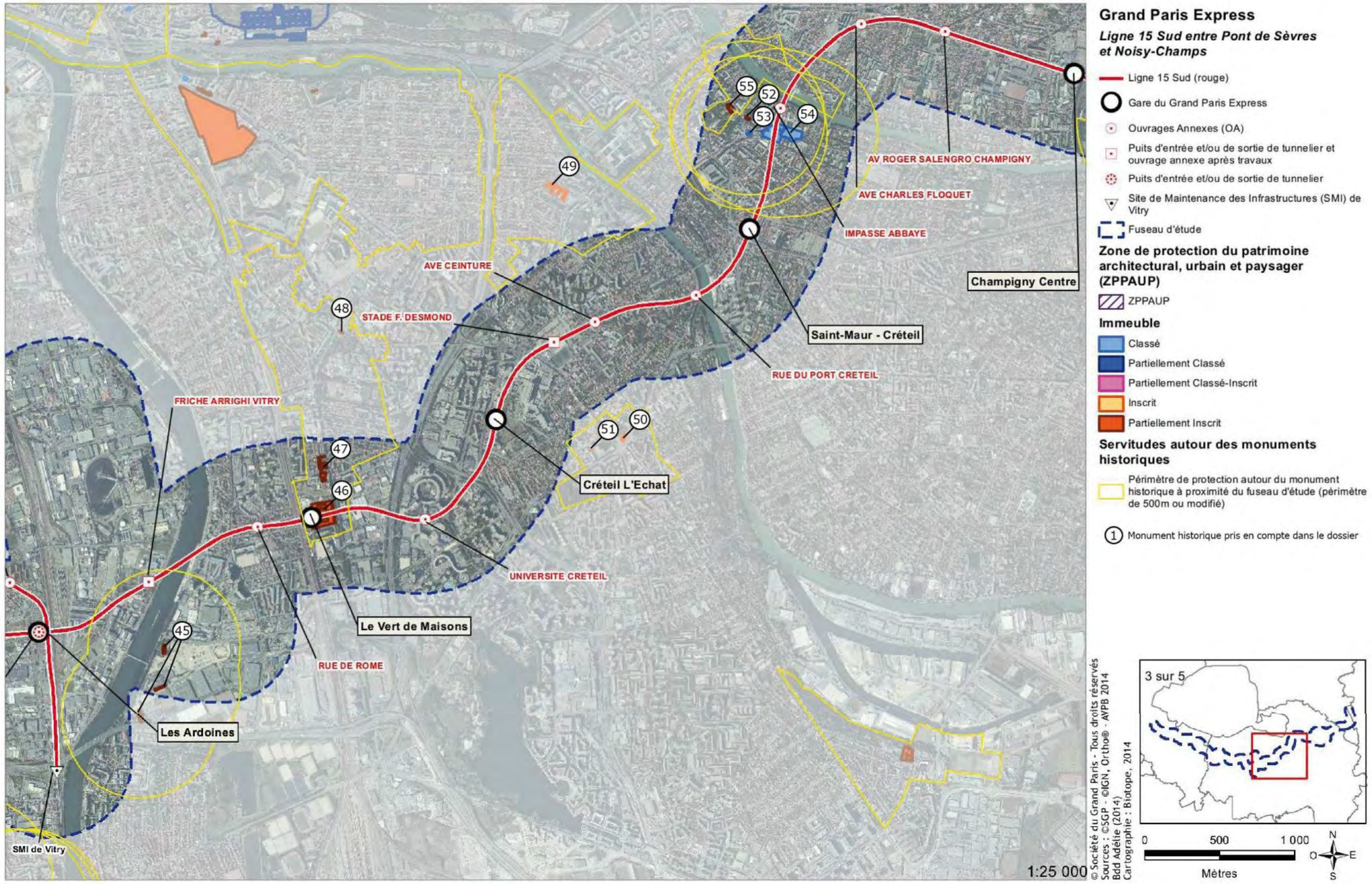
Localisation des monuments historiques et sites inscrits et classés recensés sur le fuseau d'étude – secteur Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge



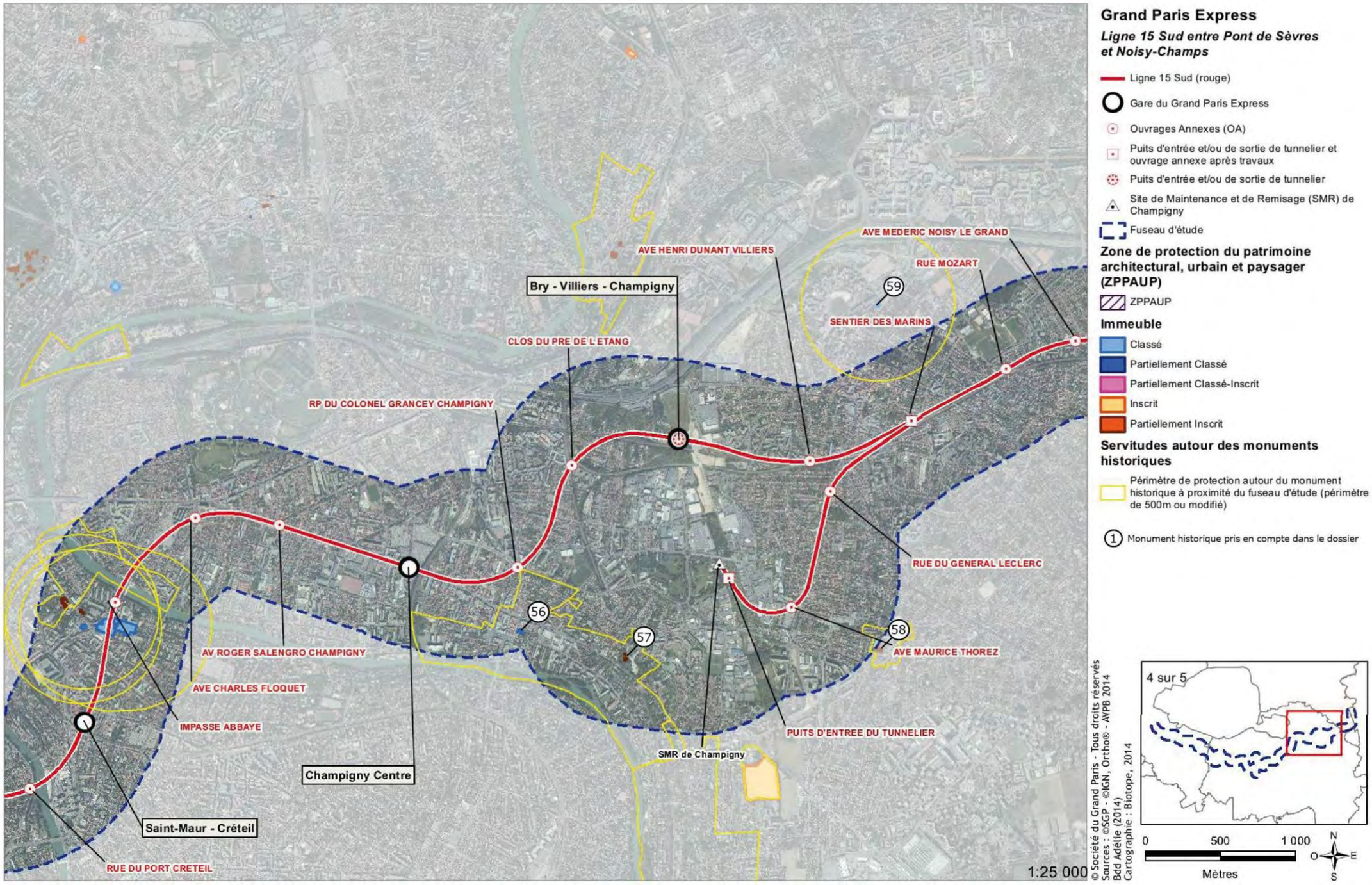
Localisation des monuments historiques et sites inscrits et classés recensés sur le fuseau d'étude – secteur Bagneux - Vitry



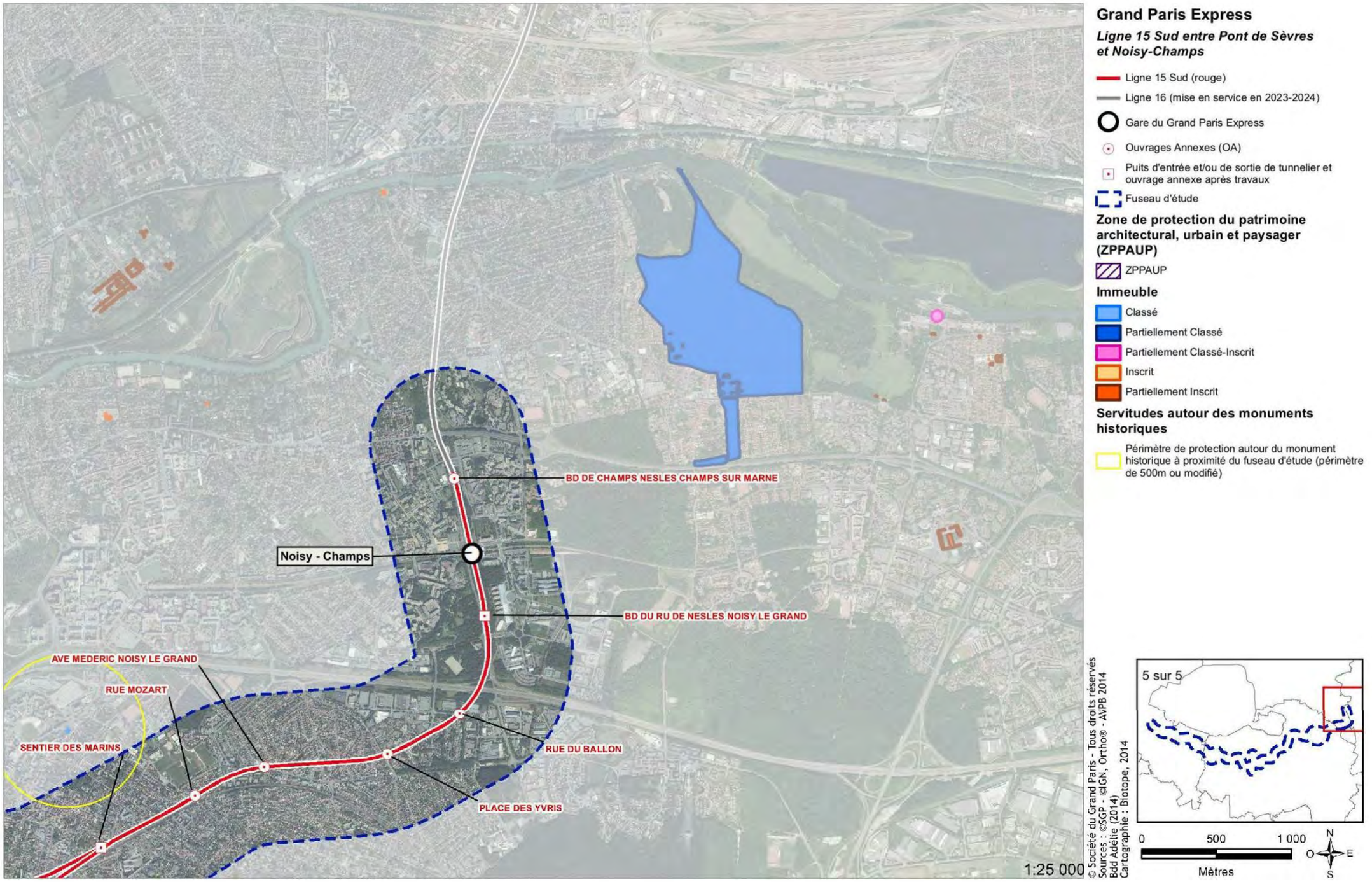
Localisation des monuments historiques et sites inscrits et classés recensés sur le fuseau d'étude – secteur Vitry - Saint-Maur



Localisation des monuments historiques et sites inscrits et classés recensés sur le fuseau d'étude – secteur Saint-Maur – Champigny-sur-Marne



Localisation des monuments historiques et sites inscrits et classés recensés sur le fuseau d'étude – secteur Champigny-sur-Marne – Noisy-Champs



2.16.1.3 Les AMVAP/ZPPAUP et les secteurs sauvegardés

a. Rappel règlementaire

Les Zones de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager (ZPPAUP) visent à assurer la protection du patrimoine architectural et urbain (loi n°83-8 du 7 janvier 1983 relative à la répartition des compétences entre les collectivités locales et l'Etat, modifiée par la loi n°93-24 du 8 janvier 1993 relative à la protection et la mise en valeur des paysages). Ces dispositions législatives ont été codifiées sous les articles L. 642-1 et suivants du code du patrimoine. Une ZPPAUP est une servitude d'utilité publique annexée aux POS/PLU et instaurée à l'initiative des communes.

Les travaux de construction, démolition, transformation ou modification des immeubles compris dans le périmètre de la Z.P.P.A.U.P sont soumis à autorisation, donnée par l'autorité compétente (commune, communauté de commune ou préfet) après avis conforme de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Cette autorisation est donnée au regard des règles spécifiques émises par la commune lors de l'institution du périmètre. Ces zones permettent d'adapter la protection à l'espace à protéger.

Le 12 juillet 2010, à la suite de la publication de la loi dite Grenelle 2, les ZPPAUP sont devenues des AMVAP (Aire de Mise en Valeur de l'Architecture et du Patrimoine), des servitudes d'utilité publique élaborées selon les mêmes principes que leurs prédécesseurs. Ainsi, les AMVAP poursuivent un objectif de mise en valeur du patrimoine bâti et des espaces dans le respect des principes de développement durable.

Les ZPPAUP créées avant le 14 juillet 2010 continuent de produire leurs effets pendant 6 ans (jusqu'au 13 juillet 2016) en application de l'article L 642-8 du code du patrimoine. En cas de travaux, l'autorisation spéciale est accordée par l'autorité compétente en matière de permis de construire après avis conforme de l'ABF.

b. Identification et caractérisation des AMVAP/ZPPAUP et secteurs sauvegardés

L'emprise du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud traverse la partie nord de la ZPPAUP de la commune de Clamart, entre les rues Carnot – Condorcet et la ligne de train Paris Montparnasse – Versailles Chantier.

Dans cette emprise de la ZPPAUP approuvée en conseil municipal du 24 juin 2009, trois zones aux qualifications spécifiques concernent le fuseau :

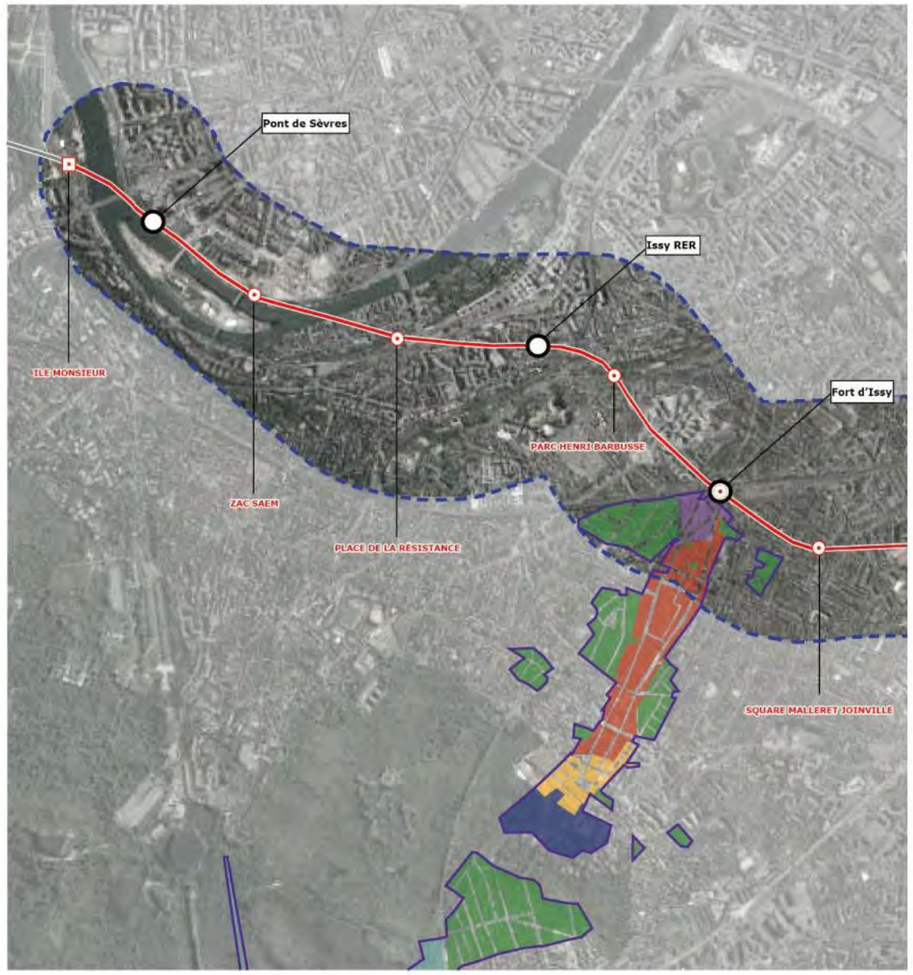
- Gare (ZP2) ;
- Villas et jardin parisien (ZP3) ;
- Avenues (ZP5).

Pour chacune de ces zones un règlement spécifique précis réglemente les constructions pour garantir le respect des caractéristiques architecturales et paysagères de chaque zone (repérage des éléments de qualité, alignement, retrait des bâtiments, hauteurs à la parcelle, variété des matériaux de construction…)

Par ailleurs, la ZPPAUP se substitue au périmètre de protection des monuments historiques inclus dans son zonage. Sur les sept monuments historiques du territoire communal, tous sont situés dans la ZPPAUP mais aucun n'est situé dans le fuseau d'étude ou à proximité.

Ce secteur présente donc une sensibilité modérée à faible.

Il n'y a aucune autre AMVAP ni secteur sauvegardé dans l'emprise du fuseau. Les enjeux relatifs à la préservation d'ensembles urbains patrimoniaux sont donc faibles à l'échelle du fuseau.



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

Zone de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP)

- Limites de la ZPPAUP de Clamart

Patrimoine remarquable

- Village
- Gare
- Villas et jardin parisien
- Cité Boigues
- Avenues
- Cimetière paysager

La ZPPAUP de Clamart (source: Ville de Clamart)

2.16.2 Paysage

Au sens de la Convention Européenne du Paysage dite « convention de Florence » (Conseil de l'Europe, 2000), le « Paysage désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations ».

La description de l'état des lieux et de la sensibilité d'un paysage passe donc par la description de ses caractéristiques physiques, de son occupation des sols, des usages et des perceptions sociales de ce territoire. Les premiers fondements naturels et humains des paysages de l'aire d'étude sont donc en partie présentés dans les autres parties du document.

Le paysage est un concept culturel, il peut être variable en fonction des filtres sociaux propre à chaque l'observateur. Toutefois, à l'échelle d'un territoire, il est possible de dégager des caractéristiques fortes et partagées qui permettent d'évaluer la sensibilité d'un paysage et l'acceptabilité d'un projet susceptible de le modifier.

L'atlas des paysages est une source bibliographique, un référentiel de base. Il propose une description du territoire selon un découpage en unités paysagères. Celles-ci sont des enveloppes géographiques homogènes de combinaison de facteurs humains et naturels. Elles désignent des secteurs ayant globalement les mêmes caractéristiques ou les mêmes problématiques en termes d'évolution ou de sensibilité patrimoniale. Les limites paysagères sont généralement des transitions difficiles à cartographier par un simple trait. Les cartographies des unités paysagères identifient donc différents ensembles et la typologie peut varier en fonction des critères pris en compte. Elle reprend en général le découpage des structures géographiques structurantes (occupation des sols dominante, vallées, plateau…)

Pour l'Ile de France, les unités paysagères (dénommées grands ensembles paysagers) ont été délimitées et décrites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU-IDF, 2010). La présente partie de l'étude s'appuie donc sur ce découpage pour présenter le contexte. Ce découpage est avant tout descriptif, il n'a pas d'incidence réglementaire.

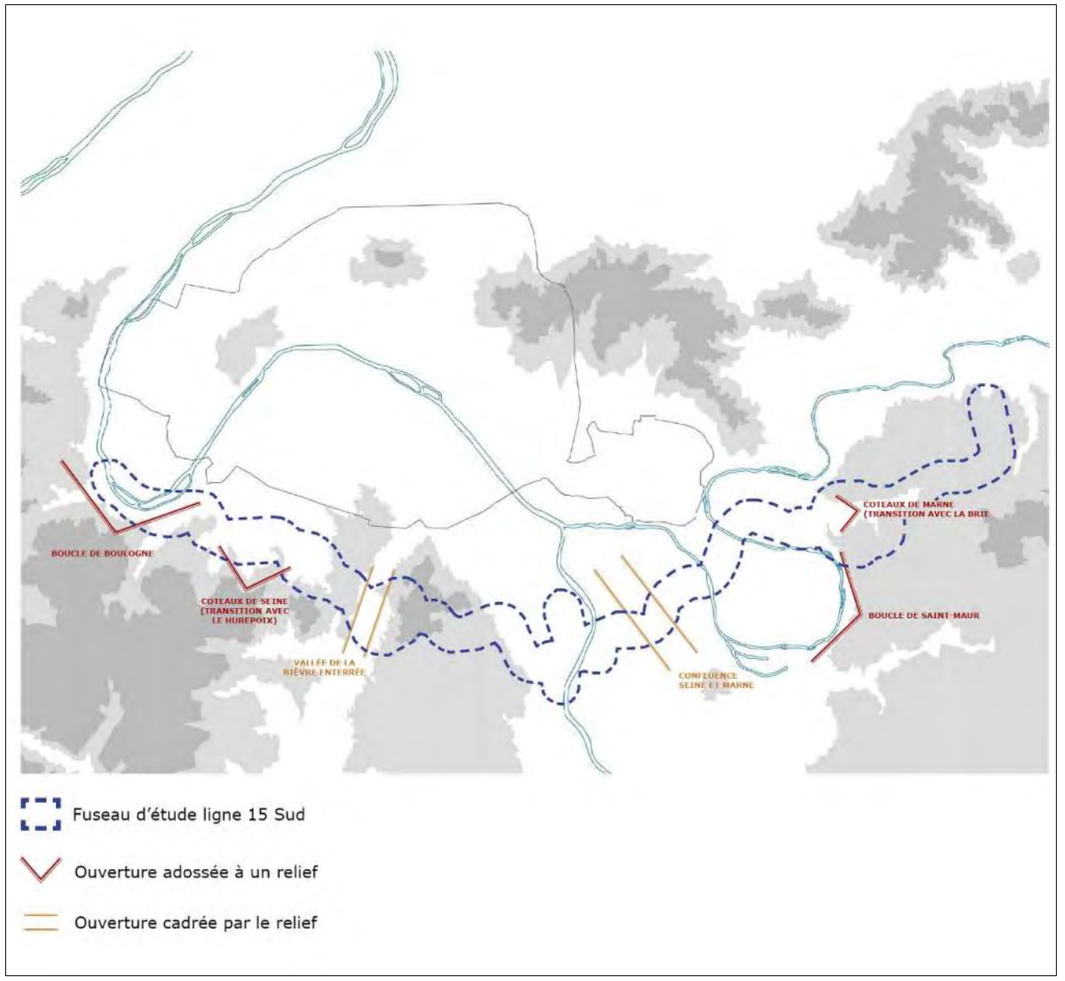
Afin de préciser les enjeux propres au fuseau d'étude, le paysage est ensuite décrit selon des séquences inter gares homogènes.

2.16.2.1 Unités paysagères concernées et sensibilité paysagère associée

Le fuseau de la Ligne 15 Sud reliant la gare de Pont de Sèvres à Noisy-Champs traverse l'ensemble du sud et du sud-est de le la petite couronne l'agglomération parisienne.

C'est un territoire globalement urbanisé mais dans lequel les traces de son histoire et sa géographie restent présentes et lisibles. Ainsi le fuseau traverse en plusieurs endroits des paysages forts marqués par des reliefs importants et la présence des cours d'eau de l'Île-de-France (Seine, Marne, Bièvre). La carte suivante replace le fuseau d'étude par rapport au relief et aux principaux cours d'eau et permet d'identifier les grands traits paysagers qui structure le territoire et les modes de perception du paysage.

Les coteaux se distinguent alors en créant des ouvertures adossées au relief et des ouvertures, au contraire, cadrées par celui-ci

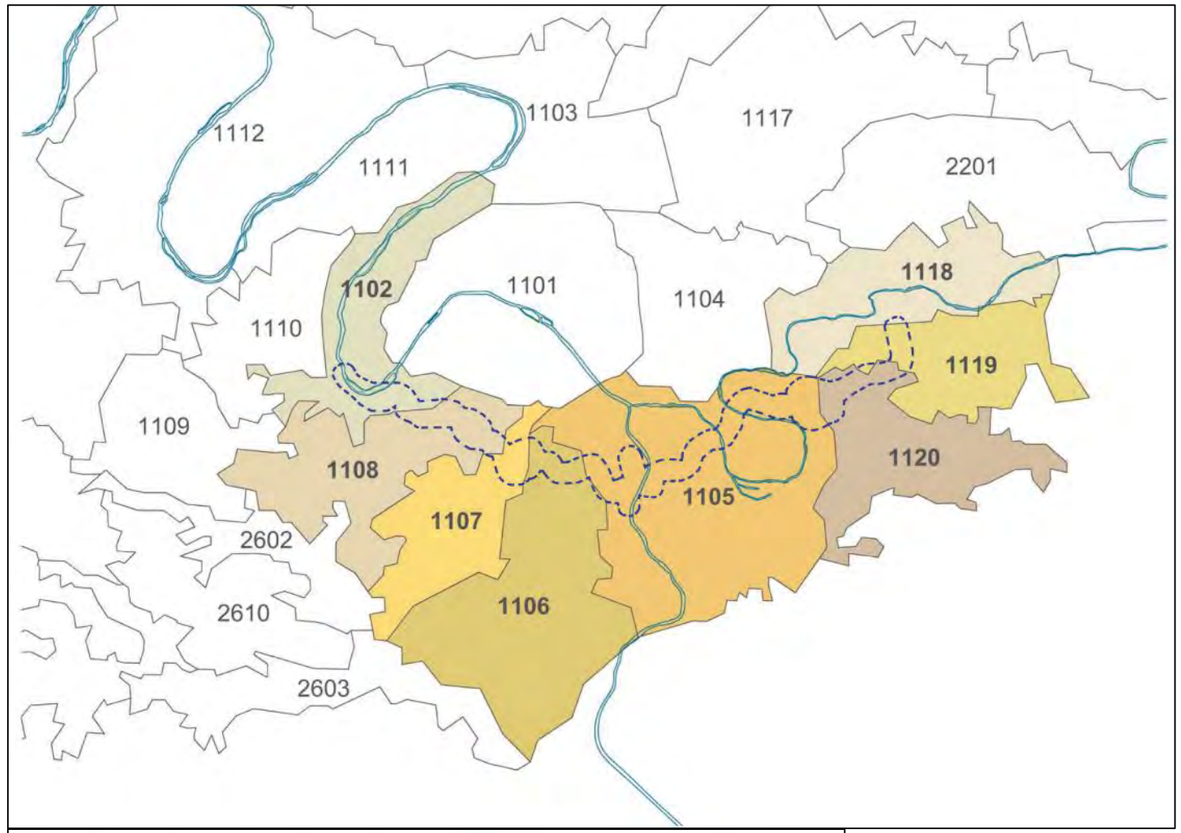


Position du fuseau par rapport aux traits paysagers structurants

Cette structure paysagère se retrouve dans l'inventaire des unités paysagères réalisé par l'IAU-IDF en 2010. L'analyse du paysage s'appuie sur ce découpage pour replacer le fuseau d'étude dans son contexte. Ce découpage est simplement descriptif et n'implique pas de contraintes règlementaires.

Le fuseau d'étude recoupe les unités paysagères qui sont décrites dans l'illustration suivante.

Localisation des unités paysagères recoupées par le fuseau d'étude





Enjeux par unité paysagère concernée par la Ligne 15 Sud

Unité paysagère	Description	Enjeux paysagers
1102 – Boucle de Boulogne	Les berges de la Seine sont longées de part et d'autre par des routes. L'îles Seguin et l'île Saint-Germain font l'objet de projets de requalification paysagères. Le Bois de Boulogne revêt quant à lui une façade très urbaine avec ses nombreuses routes qui le traversent. Il présente diverses ambiances paysagères et différentes fonctions sociales et récréatives. Il est entièrement classé au titre de la loi 1930. Autour, le tissu urbain est particulièrement dense. Les Coteaux de Saint-Cloud et Meudon et dans une moindre mesure le coteau d'Issy forme un ensemble remarquable avec de nombreux sites et monuments protégées. .	FORTS Le Bois de Boulogne n'est pas recoupé par le fuseau. En revanche, les îles Seguin et Saint Germain et les coteaux sont concernées.
1105 – Confluence Seine-Marne	Le tissu urbain est mixte alternant entre zones industrielles en lien avec la Seine (navigabilité) et zones pavillonnaires. Le Val de Seine est marqué par un important nœud routier (A86, RN6, RN186, RN406) couplé à la gare de triage de Villeneuve-Saint-Georges et par les anciennes gravières reconverties en bases de loisirs. La confluence avec la Seine est marquée par la boucle très appuyée de Saint-Maur-des-Fossés, qui forme un site remarquable souligné par des coteaux marqués et coiffés du Bois de Vincennes qui contrastent avec le paysage industriel du Port Autonome de Paris - Port de Bonneuil..	FORTS A MODERES Plus d'un tiers du fuseau passe sur cette unité paysagère. Le fuseau traverse trois fois les deux fleuves (une fois la Seine et deux fois la Marne) mais ne recoupe pas les bases de loisir.
1106 – Plateau de Longboyau	Ce vaste plateau entièrement urbanisé est limité par l'Yvette, la Bièvre et la Seine. Le tissu urbain est mixte : zones résidentielles, tissu collectif, zones industrielles et commerciales, etc. Le réseau routier y est particulièrement développé. La partie centrale du plateau est occupée par l'aéroport d'Orly et ses plateformes enherbées, où quelques parcelles agricoles subsistent encore.	FAIBLES Le fuseau s'inscrit au nord dans des zones urbanisées à faible sensibilité.
1107 – Vallée de la Bièvre urbaine	La lecture de la vallée est rendue difficile par le tissu urbain dense (d'autant plus que la rivière est enterrée). Le réseau routier est ramifié et délimite des quartiers principalement résidentiels. Le Parc de Sceaux forme un vaste secteur emblématique au centre du tissu urbain.	MODERES Un tissu résidentiel dense peut présenter localement des sensibilités Le Parc de Sceaux est évité par le fuseau.
1108 – Plateau de Clamart	Ce vaste plateau est entièrement urbanisé hormis au niveau de la vaste forêt domaniale de Meudon. Il accueille également l'aérodrome de Vélizy-Villacoublay qui crée un espace de respiration. L'unité est également bornée par les boisements des coteaux de la vallée de la Bièvre amont au sud.	FAIBLES Le fuseau évite la forêt de Meudon.
1118 – Vallée de la Marne urbaine	L'omniprésence du tissu urbain complexifie la lecture géographique de la vallée dont les coteaux sont peu marqués. Le tissu résidentiel est prédominant, l'emprise de la gare de triage de Vaire est également bornée par les boisements des coteaux de la vallée de la Bièvre.	FAIBLES Le fuseau s'inscrit en marge de cette unité paysagère,
1119 – Marne-la-Vallée	Sur ce plateau, anciennement agricole peu vallonné, s'est développée la ville nouvelle de Marne la Vallée, notamment à l'ouest. Le tissu urbain est contrasté alternant, zones résidentielles, parcs tertiaires ou zones industrielle et logistiques notamment autour de la Francilienne, de l'A4 et de l'aérodrome de Lognes. L'ensemble forestier constitué des Bois Saint-Martin, Bois de Grâce et Bois de la Granges forme dans le prolongement de la Cité Descartes un vaste espace verdoyant.	FAIBLES Le fuseau s'inscrit dans un contexte urbanisé en marge des boisements structurants
1120 – Vallée du Morbras	Ce petit vallon annexe au Val de Seine est particulièrement urbanisé par du tissu résidentiel essentiellement. Il est borné: - au Sud par la forêt domaniale de Notre-Dame précédée par les espaces agricoles de Noiseau, de Pontault-Combault et de Roissy-en-Brie - à l'Est par la forêt de Ferrières.	MODERES Un tissu résidentiel dense peut présenter localement des sensibilités

2.16.2.2 Analyse paysagère par séquence inter-gares et hiérarchisation des enjeux liés au paysage

L'évaluation des sensibilités paysagères a été établi sur la base de :

- La présence d'un ou plusieurs sites protégés au titre de la loi 1930, d'un ensemble de monuments historiques ou d'une ZPPAUP/AMVAP soulignant la présence de sites ou formes urbaines remarquables ;

- La présence de boisements qui jouent des rôles paysagers importants et qui sont sensibles au défrichement et à la fragmentation par les infrastructure ;

- La présence d'ensemble d'espaces récréatifs de pleine nature qui jouent des rôles sociaux (cadre de vie) importants dans un contexte d'urbanisation dense ;

- La présence d'espaces agricoles qui jouent des rôles paysagers en tant qu'espaces de respiration et qui sont sensibles à la pression urbaine (mitage, disparition…).

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, le fuseau traverse en grande partie un tissu bâti, plus ou moins dense selon les secteurs. Il n'existe donc pas de limite franche entre les différentes séquences paysagères. L'analyse paysagère s'appuie de fait sur un découpage par séquence inter-gares présenté dans le tableau de la page suivante.

Approche paysagère par séquence inter-gares

Séquences inter-gares	Description paysagère et enjeux	Point de vue caractéristique
Section Ile Monsieur - Pont de Sèvres – Issy RER	Communes: Saint-Cloud, Sèvre, Boulogne Billancourt, Meudon, Issy-les-Moulineaux Séquence paysagère: Boucle de Boulogne-Billancourt Le fuseau traverse l'anse de la boucle de Boulogne constitué par un paysage marqué et contrasté: - Au sud-ouest sur la rive gauche un versant en pente et boisé (Parcs de St Cloud de Brimborion): espace non bâti à caractère patrimonial avec plusieurs points de vue remarquables ; - Au nord-est sur la rive droite hinterland ouvert et plat (Ile Seguin, Ile St-Germain et presqu'île Monsieur et anciens terrains du trapèze): anciennes friches industrielles en mutation et en cours de requalification. L'ensemble est parcouru par de nombreuses infrastructures accentuant avec la présence du fleuve les effets de morcellement mais aussi les emprises non bâties laissant entrevoir de larges perspectives sur les sites et monuments protégées. La section concentre un nombre important de sites (parc de St Cloud, Ile Monsieur) et de monuments (Domaine de St Cloud, collège arménien) l'ayant transformé en un espace sanctuarisé. Les enjeux paysagers sont donc forts.	Le coteau de Meudon depuis le pont de Sèvre 
Section Issy RER – Arcueil Cachan	Communes: Issy-les-Moulineaux, Vanves, Malakoff, Montrouge, Bagneux, Arcueil, Cachan Séquence paysagère: Plateau de Clamart, Coteaux de Seine en transition avec les plateaux boisés du Hurepoix Hormis à Issy-les-Moulineaux où les coteaux de la Seine sont pentus et boisés, le fuseau traverse la partie convexe du méandre délimitant Paris. Les pentes sont douces et les anciennes terrasses alluviales accueillent un tissu mixte et dense. Le fuseau traverse également les grands axes rayonnants convergents sur Paris (RN 20, RD 906, RD1, RD7) L'absence d'espaces non bâti de taille conséquente rende les enjeux paysagers globalement modérés pour cette section. Certains enjeux peuvent être ponctuellement fort sur des sites paysagers localisés situés à proximité du tracé (parc Henri Barbusse – Issy-les-Moulineaux, cimetière de Bagneux,Square Malleret-Joinville à Malakoff)	 Le cimetière parisien de Bagneux
Section Arcueil Cachan – Villejuif IGR	Communes: Cachan, Arcueil, Villejuif Séquence paysagère: Vallée de la Bièvre urbaine Le fuseau traverse la vallée de la Bièvre orientée Nord-Sud. Même si la rivière est absente car enterrée, dans le fuseau l'importance et la symétrie des deux coteaux, souligné par l'architecture aérienne de l'aqueduc des Médicis donne à ce secteur en particulier un caractère original. Les enjeux paysagers sont donc ponctuellement fort, en fond de vallée, en rebords de plateau et dans certains parcs de grandes dimension	 Aqueduc de Médicis au fond de la vallée de la Bièvre
Section Villejuif IGR – Vitry-Centre	Commune : Villejuif, Vitry-sur-Seine Séquence paysagère: Plateau de Longboyau, Coteau de Seine Entre les vallées de la Bièvre et de la Seine, le fuseau recoupe un plateau urbain au tissu bâti mixte. Ce plateau est traversé par deux voies importantes de transit (Autoroutes A6 et A7) et occupé par l'aéroport de Orly. L'absence d'élément remarquable de grande importance rendent les enjeux paysagers de cette section faible, les enjeux paysagers étant limités aux enjeux de covisibilité de certains monuments historiques	 Le centre-ville de Vitry-sur-Seine

Section Vitry-Centre Créteil L'Echat	Communes: Vitry-sur-Seine, Choisy-le –Roi, Alfortville, Maisons-Alfort, Créteil Séquence paysagère: Confluence Seine-Marne, Val de Seine amont La Seine amont reste l'une des grandes artères de développement économique du sud-est de l'Ile de France. De nombreux bâtiments industriel bordent les rives du fleuve, surtout sur la rive Ouest, limitant les percées visuelles transversales vers le fleuve. L'A86 est ses nombreux embranchements marque le plateau. L'ensemble est bordé par plusieurs zones d'activités et de nombreuse zones d'habitats collectifs. L'ensemble constitue un tissu périurbain de faible qualité. Les enjeux paysagers sont ponctuellement modéré au niveau des bords de fleuve qui représente un paysage emblématique (traversées de la Seine) bien que dégradé et faible sur le reste de la section.	 La traversée de la Seine en amont de Choisy-le-Roi
Section Créteil L'Echat – Champigny-Centre	Communes: Créteil Champigny-sur-Marne, Créteil, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des Fossés Séquence paysagère: Confluence Seine-Marne, Boucle de Saint-Maur-des Fossés et Val-de-Marne La commune de Saint-Maur est développée dans un méandre de la Marne souligné de coteaux plus boisés. L'ensemble forme un site caractéristique des boucles de la Marne et de la Seine dont les enjeux sont modérés à fort notamment au niveau des rives et du coteau.	 Traversée de la Marne dans la boucle de Saint-Maur-des-Fossés
Campigny-Centre Noisy-Champs	Communes: Bry-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Champs-sur-Marne, Noisy-le-Grand, Villiers-sur-Marne Séquence paysagère: Vallée de Morbas et Marne la Vallée, Val de Marne Le fuseau travers le coteau du Val-de-Marne, territoire qui s'est considérablement urbanisé lors des dernières décennies, en particulier autour de la ville nouvelle. La gare de Noisy-Champs est située à proximité d'un ensemble de boisements résiduels plus ou moins dégradés. Les enjeux paysagers sont modérés à faibles	 Gare du RER de Noisy-Champs

2.16.2.3 Enjeux relatifs au paysage

La Ligne 15 Sud étant souterraine, les interventions susceptibles de modifier le paysage sont localisées au niveau des émergences : les gares, les ouvrages annexes et les sites industriels (SMR, SMI).

Situés dans le contexte de l'agglomération parisienne, les paysages traversés sont essentiellement urbains et peuvent accueillir assez facilement de nouveaux ouvrages ou équipements publics sans bouleverser les perceptions préexistantes.

Les paysages industriels ou grands ensembles sont déjà dévalorisés et donc moins sensibles. La sensibilité des paysages urbains résidentiels est à moduler en fonction de la configuration topographique, de leur ancienneté ou de la cohérence architecturale de ces ensembles. Les secteurs riches en partimoine (sites et monuments naturels, monuments historiques et ZPPAUP) reconnus et protégés sont d'autant plus sensibles.

Ainsi à l'échelle du fuseau, il est noté trois séquences à enjeux paysager différents :

- La vallée de la Seine de l'Ile de Monsieur à Issy RER où les coteaux et la Seine forment une composition monumentale avec de nombreux sites et monuments remarquables en interrelation plus ou moins directes,

- Sur les plateaux de la gare d'Issy RER à Vitry Centre, le tissu résidentiel est globalement assez propice à l'accueil du projet, les enjeux paysagers sont globalement faibles à modérés. En effet, quelques parcs ou monuments historiques, la ZPPAUP de Clamart, la Vallée de la Bièvres urbanisée, peuvent présenter des enjeux fort très localement.

- Entre Vitry et Champigny, les enjeux sont globalement faibles sauf au niveau de la traversée de la Seine et de Saint-Maur-des-Fossés.

2.16.3 Patrimoine archéologique

2.16.3.1 Principes de prise en compte du patrimoine archéologique

Conformément à l'article L.510-1 du code du patrimoine, le patrimoine archéologique englobe «tous les vestiges et autres traces de l'existence de l'humanité, dont la sauvegarde et l'étude, notamment par des fouilles ou des découvertes, permettent de retracer le développement de l'histoire de l'humanité et de sa relation avec l'environnement naturel ». Il peut donc s'agir de vestiges préhistoriques mais également de traces ou vestiges d'activités plus récentes n'ayant pas forcément fait l'objet de chroniques historiques connues.

Le patrimoine archéologique est donc composé de vestiges connus, parfois étudiés, mais surtout de vestiges restant à découvrir. Il est donc particulièrement hasardeux d'identifier et d'évaluer l'ensemble des enjeux de conservation du patrimoine archéologique sur un vaste territoire (fuseau d'étude par exemple).

Toutefois les données disponibles auprès du Service Régional de l'Archéologie permettent d'identifier la localisation des vestiges connus et des zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée.

Le projet du Grand Paris Express fait partie des « opérations d'aménagement, de construction d'ouvrages ou de travaux qui, en raison de leur localisation, de leur nature ou de leur importance, affectent ou sont susceptibles d'affecter des éléments du patrimoine archéologique". Il est notamment soumis à étude d'impact. Pour cette raison, le projet ne peut être réalisé "que dans le respect des mesures de détection et, le cas échéant, de conservation et de sauvegarde par l'étude scientifique ainsi que des demandes de modification de la consistance des opérations d'aménagement » (art. R523-1 du même code).

La loi sur l'archéologie préventive du 17 janvier 2001 prévoit la consultation des archéologues en préalable au chantier d'aménagement. Il s'agit d'étudier l'opportunité de réaliser un diagnostic et, si nécessaire, une fouille préalablement aux travaux. L'aménagement du territoire ne se fait donc ainsi plus au détriment des vestiges du passé, mais permet, au contraire, leur étude approfondie, le financement des études préalables étant assuré par la taxe sur l'archéologie préventive

Le préfet de région (et donc indirectement le service régional de l'archéologie) est saisi pour juger de l'opportunité de prescrire un diagnostic ou des fouilles sur la base des dossiers transmis par les services instructeurs lors de l'instruction des dossiers d'autorisations (Cf. art. R523-9 et R523-10 du code du patrimoine) ou à l'initiative de la personne projetant d'exécuter les travaux (art. R523-12 du code du patrimoine).

Le préfet de région dispose d'un délai de 2 mois à compter de la réception d'un dossier complet pour prescrire la réalisation d'un diagnostic lorsque les aménagements sont soumis à étude d'impact ou lorsque l'aménageur l'a sollicité de manière anticipée.

La prescription de diagnostic édictée par le préfet de région est notifiée à l'autorité compétente pour délivrer l'autorisation de travaux, à l'aménageur, à l'INRAP et aux services archéologiques des collectivités territoriales ou des groupements de collectivités territoriales agréés sur le territoire desquels l'opération d'aménagement doit avoir lieu.

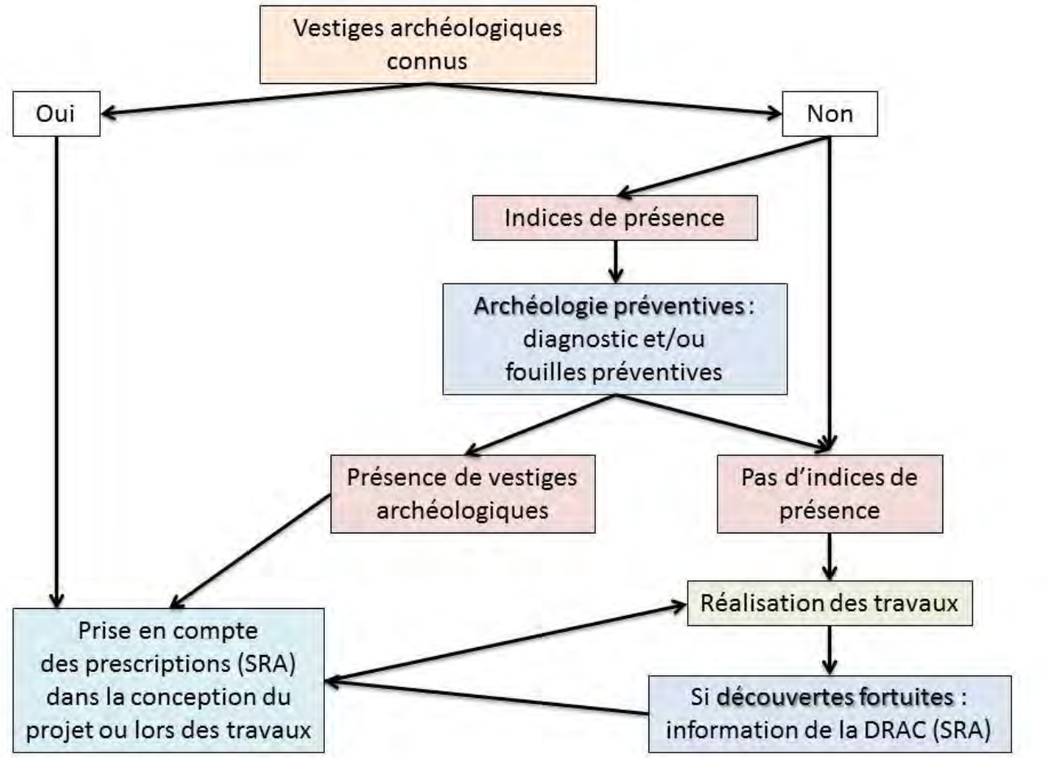
A la suite du diagnostic, si rien n'indique la présence de vestiges ou si le diagnostic est suffisant pour caractériser les vestiges, l'aménagement peut se poursuivre avec éventuellement quelques prescriptions, ajustements ou modifications du projet.

Si nécessaire, au regard du diagnostic ou des connaissances antérieures, le SRA peut prescrire des fouilles préventives pour étudier plus finement les vestiges. A l'issue de ces fouilles et en fonction de l'intérêt des vestiges, d'autres prescriptions peuvent être édictées.

Que les zones de travaux aient fait l'objet d'un diagnostic ou pas, si lors des travaux des vestiges archéologiques sont découverts, il s'agit de « découvertes fortuites ».

En cas de découverte fortuite, la réglementation prévoit l'arrêt des activités de chantier au droit du site, afin de la préserver en l'attente de décision du service compétent (Service Régional de l'Archéologie), qui pourra prescrire des mesures conservatoires nécessaires.

Ces éléments sont résumés dans le logigramme ci-dessous.



Logigramme relatif à la découverte de vestiges archéologiques

2.16.3.2 Identification et caractérisation du patrimoine archéologique

Comme indiqué précédemment, dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, le Service Régional de l'Archéologie Préventive distingue deux types de zones à enjeux pour le patrimoine archéologique :

- Les relevés indiquant les vestiges archéologiques connus

- des zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée et où des décrets (2002-089 et 2004-490) imposent, pour les projets non soumis à étude d'impact, la saisine du préfet en fonction d'un seuil de surface d'aménagement ou sans seuil.

D'une manière générale, le tunnel est suffisamment profond pour éviter les zones à présence éventuelle de vestiges. En effet, les vestiges archéologiques concernent des strates géologiques formées pendant ou après l'intervention de l'espèce humaine : toute strate géologique antérieure à l'ère quaternaire et non impactée par les activités humaines est considérée comme vierge de vestiges.

Les strates de remblais et de formations superficielles (alluvions, colluvions, éboulis, limons de plateau) sont les principales strates concernées.

Le tunnel n'est potentiellement concerné que sur les sections suivantes où il est en interaction avec les formations géologiques quaternaires :

- de l'Ile Monsieur à la Gare Issy RER : le tunnel intercepte la base de la strate des alluvions anciennes de la Seine,

- Au passage de la Vallée de la Bièvre (entre les Gares d'Arcueil-Cachan et de Villejuif IGR) : au niveau du point bas de la vallée, le toit du tunnel intercepte la base d'une strate de colluvions.

Ces zones sont identifiées comme comportant des vestiges ou susceptibles d'en comporter (voir la carte ci-après), mais les techniques de forages ne permettent pas de réaliser des fouilles préventives.

Les émergences (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance) sont principalement concernées par des fouilles. En effet, la partie de ces ouvrages reliant le tunnel à la surface du sol intercepte les formations superficielles. Leur mise en œuvre est donc susceptible de déboucher sur la découverte de vestiges.

Sur l'ensemble du fuseau de la Ligne 15 Sud, reliant la gare de Pont de Sèvre à la Gare de Noisy-Champs, le fuseau d'étude traverse peu de zones riches en vestiges archéologiques connus à ce jour ou de zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée (voir la carte Identification du patrimoine archéologique dans le fuseau d'étude).

Les sections du fuseau qui apparaissent avec des enjeux archéologiques sont celles qui concentrent également plusieurs protections de monuments historiques bâtis ou naturels.

2.16.3.3 Analyse du patrimoine archéologique section par section

Section Pont de Sèvres-Issy-RER : Cette section concerne la vallée de la Seine susceptible d'avoir accueilli des implantations humaines très anciennes. Plusieurs zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée, ont été délimitées sur les communes de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux. Des zones de vestiges connus sont également répertoriées.

Section Issy-RER – Arcueil Cachan : Sur cette section, les vestiges archéologiques connus et les zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée à Meudon (site antique) ou à Vanves (site antique et bourg ancien) sont situées en marge du fuseau.

Section Arcueil Cachan-Vitry Centre : le fuseau d'étude traverse une zone où sont présents de nombreux vestiges connus, notamment les aqueducs de la Vanne et de Médicis (au niveau de d'Arcueil et de Cachan notamment). Les émergences de ces vestiges sont d'ailleurs préservés au titre des monuments historiques (cf. chapitres précédents). Quelques vestiges de faible étendu sont par ailleurs signalés à Villejuif : des niveaux d'occupation ancienne ou des sépultures.

Section Vitry Centre – Champigny-sur-Marne : sur cette section, peu de vestiges sont signalés. Au centre du fuseau, les vestiges de l'ancienne Abbaye de Saint-Maur-des-Fossés sont à signaler.

Section Champigny-sur-Marne – Noisy-Champs : sur cette section, peu de vestiges sont signalés. Ils se concentrent notamment à Villiers-sur-Marne (Bois Saint-Denis).

2.16.3.4 Enjeux relatif au patrimoine archéologique

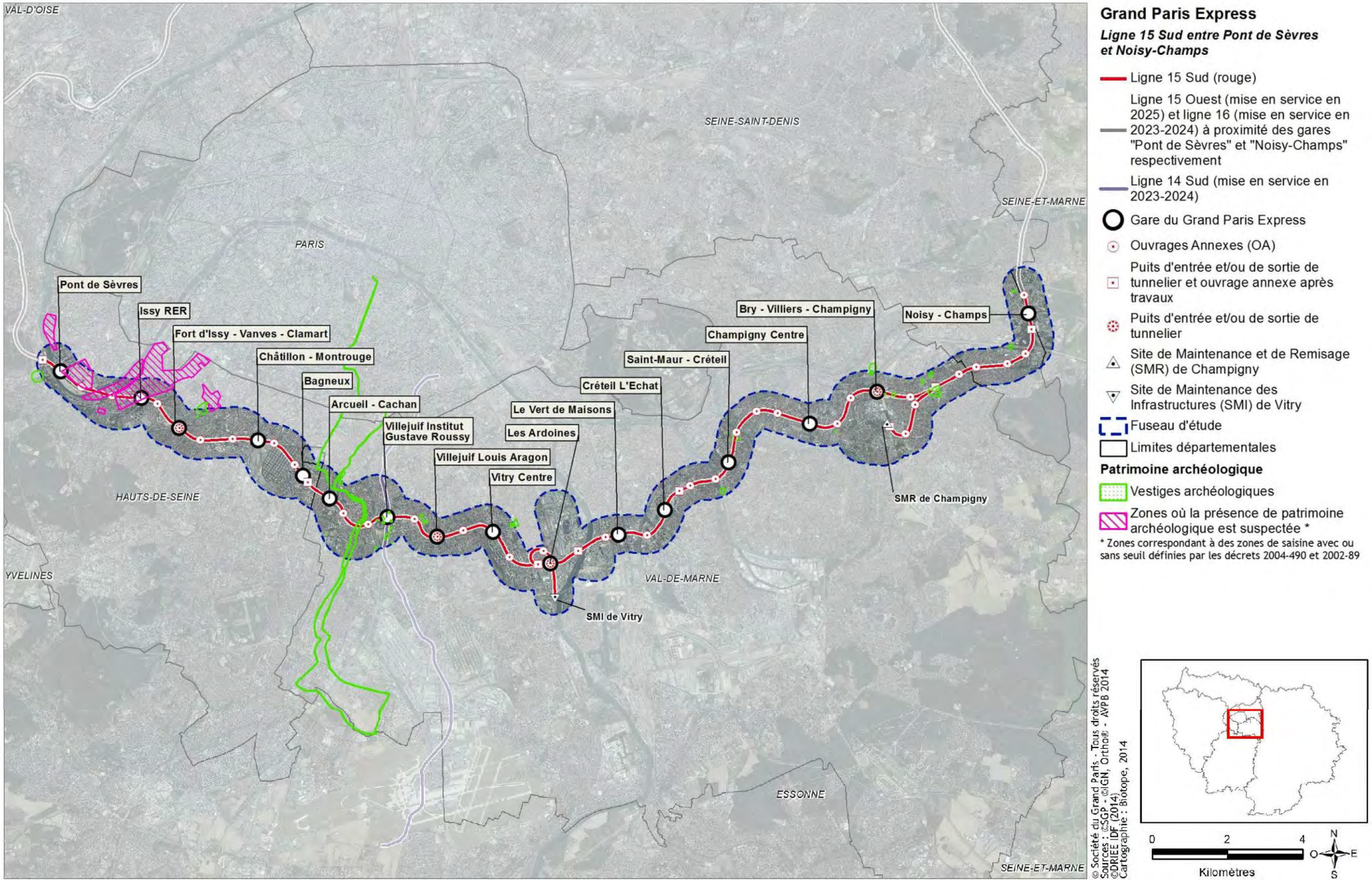
En l'état actuel des connaissances, les enjeux liés à la présence de patrimoine archéologique sont très localisés et concernent essentiellement :

- La vallée de la Seine : les communes de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux,

- La vallée de la Bièvres et le secteur Arcueil, Cachant, Villejuif.

Secondairement Villiers-sur-Marne ou Saint-Maur-des-Fossés accueillent quelques vestiges au centre du fuseau.

Zonages de présomption archéologique recoupant le fuseau d'étude



2.16.4 Synthèse des enjeux liés au paysage, au patrimoine culturel et archéologique

2.16.4.1 Synthèse des enjeux liés au patrimoine culturel

Le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud recoupe plusieurs sites protégés et de nombreux périmètres de protection des monuments historiques, et une ZPPAUP, mais aucun AMVAP ni secteur sauvegardé.

Les enjeux forts se concentrent au niveau de la Boucle de Boulogne :

- Site classé de l'ile Monsieur notamment,
- Sites classés et Monuments historiques des coteaux de Saint-Cloud, Meudon et Issy les Moulineaux.

Quelques monuments historiques sont à signaler sur le tracé (Hôtel de Ville de Cachan, hôtel particulier à Vitry-sur-Seine, Cité HBM du Square Dufourmantelle sur la commune de Maisons-Alfort, Ancienne Abbaye de Saint-Maur), ils représentent tous un enjeu fort en termes de préservation ou de convisibilité. Les autres monuments représentent un enjeu faible à modéré.

La ZPPAUP de Clamart signale un secteur dont la cohérence architecturale mérite une attention particulière, les enjeux restent toutefois modérés.

2.16.4.2 Synthèse des enjeux liés au paysage

La Ligne 15 Sud étant souterraine, les interventions susceptibles de modifier le paysage sont localisées au niveau des émergences : les gares et les ouvrages annexes.

Situés dans le contexte de l'agglomération parisienne, les paysages traversés sont essentiellement urbains et peuvent accueillir assez facilement de nouveaux ouvrages ou équipements publics sans bouleverser les perceptions préexistantes.

Ainsi à l'échelle du fuseau, il est distingué trois séquences à enjeux paysagers différents :

La vallée de la Seine de l'Ile de Monsieur à Issy RER où les coteaux et la Seine forment une composition monumentale avec de nombreux sites et monuments remarquables en interrelation plus ou moins directes.

Sur les plateaux de la gare d'Issy RER à Vitry Centre, le tissus résidentiel est globalement assez propice à l'accueil du projet, les enjeux paysagers sont globalement faibles à modérés.

Entre Vitry et Champigny, les enjeux sont globalement faibles sauf au niveau de la traversée de la Seine et de Saint-Maur-des-Fossés.

2.16.4.3 Synthèse des enjeux liés au patrimoine archéologique

Au regard des données cartographiques disponible, les enjeux liés à la présence de patrimoine archéologique sont très localisés et concernent essentiellement :

- La vallée de la Seine : les communes de Boulogne-Billancourt et d'Issy-les-Moulineaux,
- La vallée de la Bièvres et le secteur Arcueil, Cachant, Villejuif.

Secondairement Villiers-sur-Marne ou Saint-Maur-des-Fossés accueillent quelques vestiges au centre du fuseau.

A l'échelle du tracé les enjeux sont donc faibles à modéré. Toutefois, dans le cadre de la démarche d'archéologie préventive, le service régional de l'archéologie préventive sera invité à réévaluer les enjeux et à prescrire si nécessaire des diagnostics archéologiques.

Hiérarchisation des enjeux liés au patrimoine architectural, au paysage et au patrimoine archéologique

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Patrimoine culturel : Le fuseau, voir le tracé préférentiel, traversent plusieurs périmètres de sites et monuments historiques
	Paysage : Le paysage de la boucle de Boulogne est remarquable de par sa composition et la diversité des éléments de patrimoine qui s'y trouve
	Patrimoine archéologique : Secteurs où la présence de patrimoine archéologique est suspectée
Issy RER à Arcueil-Cachan	Patrimoine culturel : Peu de périmètres de sites et de monuments historiques protégés traversés par le fuseau
	Paysage : Paysage urbain dense faiblement qualifié
	Patrimoine archéologique : Absence de patrimoine archéologie suspecté
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Patrimoine culturel : Quelques périmètres de sites ou de monuments historiques traversés par le fuseau
	Paysage : Quelques sites ponctuels d'intérêt paysagés (vallée de la Bièvre)
	Patrimoine archéologique : Présence de vestiges archéologiques connus
Vitry Centre à Champigny Centre	Patrimoine culturel : Peu de périmètres de site et de monuments historiques protégés traversés par le fuseau
	Paysage : Quelques sites ponctuels d'intérêt paysagés (traversées de la Seine et de la Marne)
	Patrimoine archéologique : Présence de quelques vestiges archéologiques
Champigny Centre à Noisy-Champs	Patrimoine culturel : Peu de périmètres de sites et de monuments protégés traversés par le fuseau
	Paysage : Paysage urbain dense faiblement qualifié
	Patrimoine archéologique : Absence de patrimoine archéologie suspecté

Légende :

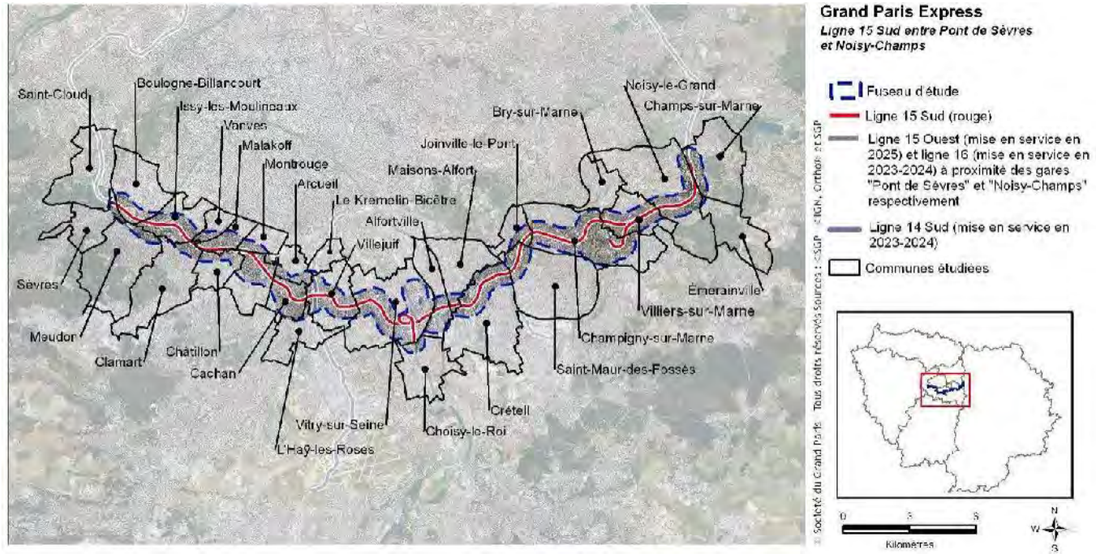
Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.17 Population, emploi et occupation du sol

Cette partie dresse un état des lieux, d'une part, des caractéristiques socio-démographiques des territoires et, d'autre part, de l'évolution récente de l'urbanisation et de l'occupation du sol actuelle et, ce, à deux échelles : l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud et les abords immédiats des projets de gares de la ligne. Ce diagnostic est basé sur les données récentes de l'INSEE ainsi que sur la base de données géolocalisées du mode d'occupation du sol de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France (IAU-ÎdF).

La zone de proximité de part et d'autre de la Ligne 15 Sud intersecte 29 communes situées dans les départements de la Seine et Marne, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Ces communes couvrent une surface d'environ 16 180 hectares, et accueillent environ 1 258 500 habitants et 577 700 emplois.

Parmi ces 29 communes, 2 appartiennent à la Grande Couronne (Champs-sur-Marne et Emerainville) et les 27 autres à la Petite Couronne (Bagneux, Boulogne-Billancourt, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Meudon, Montrouge, Saint-Cloud, Sèvres, Vanves, Choisy-le-Roi, Noisy-le-Grand, Alfortville, Arcueil, Bry-sur-Marne, Cachan, Champigny-sur-Marne, Créteil, l'Haÿ-les-Roses, Joinville-le-Pont, Le Kremlin-Bicêtre, Maisons-Alfort, Saint-Maur-des-Fossés, Villejuif, Villiers-sur-Marne et Vitry-sur-Seine).

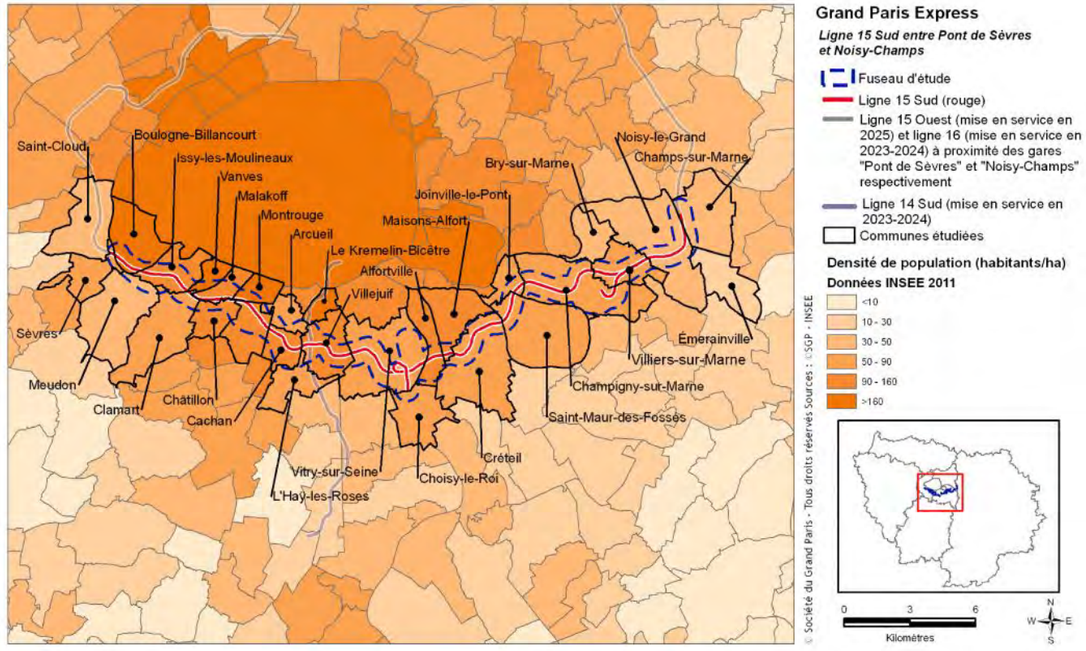


Plan général des communes du périmètre d'étude et de la Ligne 15 Sud (source : IGN : BD Ortho 2008)

2.17.1 Croissance démographique et crise du logement

2.17.1.1 Une densité importante, surtout à proximité de Paris

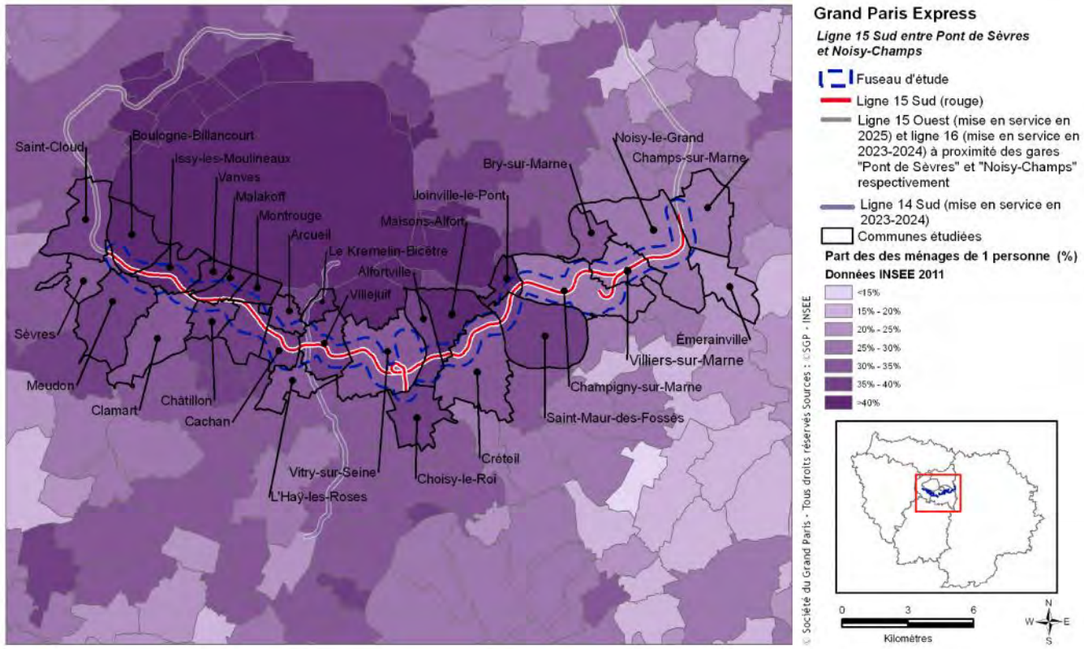
Les densités d'habitants vont de 13 hab./hectare (à Emerainville) à 235 hab./hectare (à Montrouge), avec une moyenne de 92 hab./hectare pour l'ensemble des communes étudiées. Cette densité de population est élevée comparativement à la moyenne régionale (10 hab./hectare).



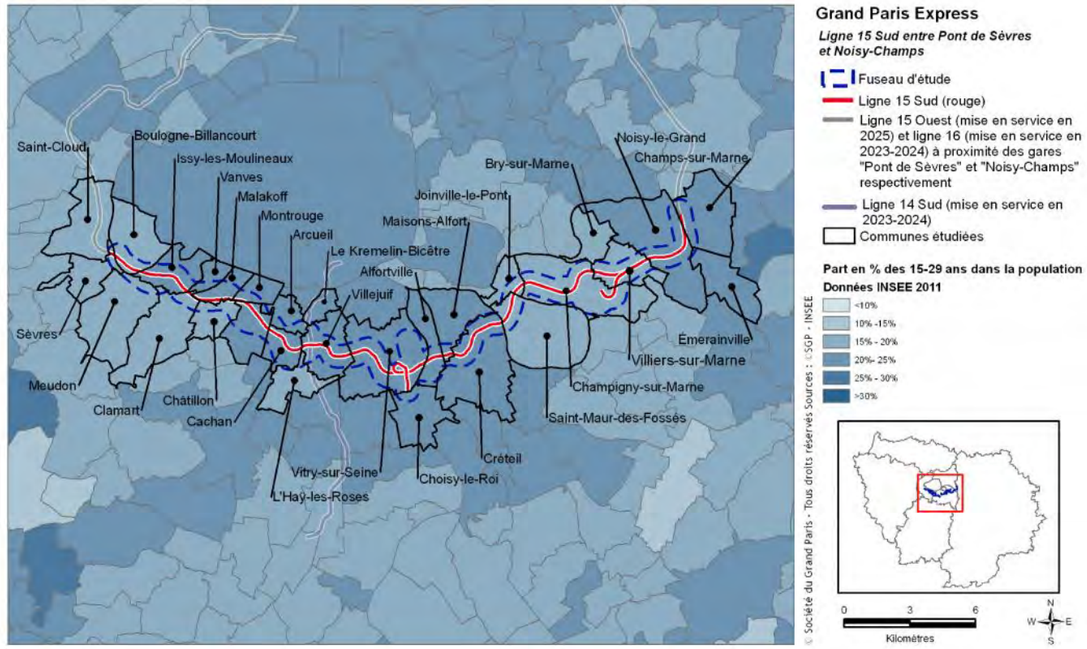
Densité de population en 2011 en habitants/ha (source : INSEE 2011)

2.17.1.2 Des ménages de taille variable, moyennement jeunes, au revenu relativement élevé

Les communes étudiées comportent des ménages de taille légèrement supérieure à la moyenne régionale, avec en moyenne 2,4 personnes par ménage contre 2,3 pour l'Ile-de-France. Les communes étudiées présentent également une part plus faible (32%) de ménages composés d'une personne que la région (35.8%). Les communes adjacentes à Paris présentent cependant une part de ménages constitués d'une seule personne élevée : Boulogne-Billancourt (45.7%), Issy-les-Moulineaux (40.6%), Malakoff (41.7%), Montrouge (45.8%), Vanves (40.8%), Ivry-sur-Seine (41%), Joinville-le-Pont (41.2%), Le Kremlin-Bicêtre (40.7%) et Maison Alfort (40.2%). Les parts les plus faibles sont observées à Emerainville (23%).



Part en % des ménages composés d'une personne en 2011 (source : INSEE 2011)



Part en % des personnes âgées de 15 à 29 ans en 2011 (source : INSEE 2011)

La population des communes étudiées est composée à 20,4 % de jeunes âgés de 15 à 29 ans ce qui est dans la moyenne de l'ensemble de la région (20,6 %). Cette proportion de jeunes est assez uniforme sur l'ensemble des communes étudiées, avec une légère infériorité dans les communes éloignées de Paris ou situées à l'Ouest de la ligne. La part communale des résidents âgés de 15 à 29 ans la plus élevée s'observe à Champs-sur-Marne et au Kremlin-Bicêtre (24 %) et la plus faible à Meudon et Saint-Cloud (17%).

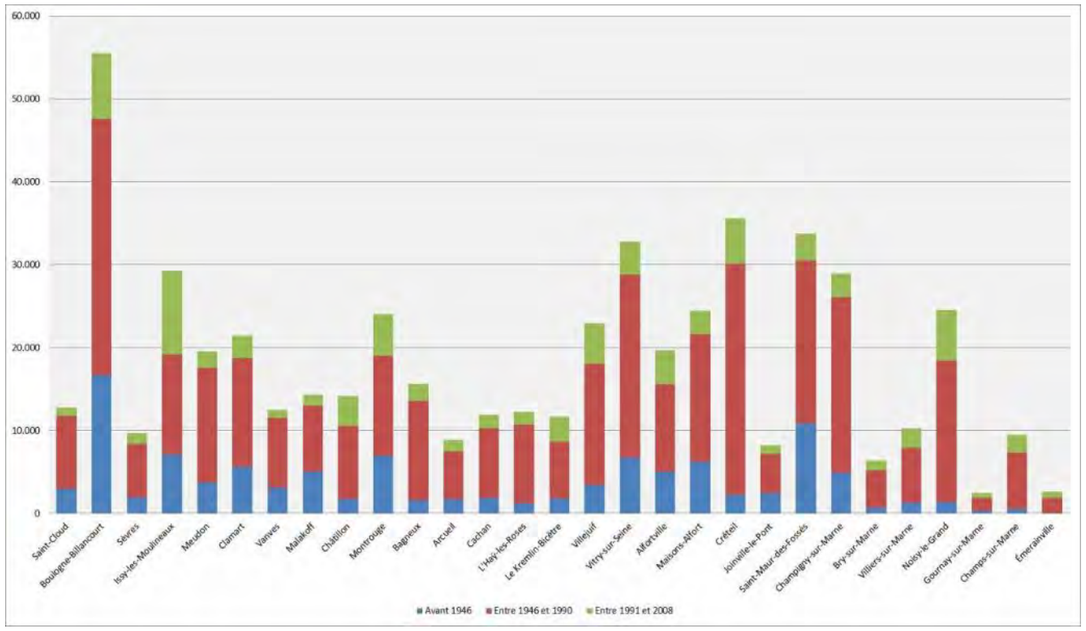
En moyenne, le salaire horaire net moyen dans les communes étudiées est légèrement supérieur (16,2 €) à la moyenne régionale (15,4 €).

2.17.1.3 Un parc de résidences ancien et saturé

L'ensemble des 29 communes étudiées regroupe 550 023 résidences principales (INSEE, 2011). Dans l'ensemble, le parc de résidences principales est très ancien puisque 84% d'entre elles ont été construites avant 1990, dont 21% avant 1946. Ce parc est cependant un peu plus récent que le parc moyen d'Ile-de-France puisque la moyenne francilienne est de 86% pour la période antérieure à 1990 et de 30% pour les bâtiments construits avant 1946.

Notons que Boulogne-Billancourt a un poids important sur la moyenne du périmètre étudié (regroupant 10% des résidences principales du périmètre d'étude). La part des résidences principales anciennes y est particulièrement élevée : 86% d'entre elles ont été construites avant 1990, dont 30% avant 1946. A noter que le parc bâti est également plus ancien pour les communes proches de Paris intra-muros.

Par ailleurs, c'est à Issy-les-Moulineaux que la part de résidences principales récentes (construites entre 1990 et 2008) est la plus importante (34%).



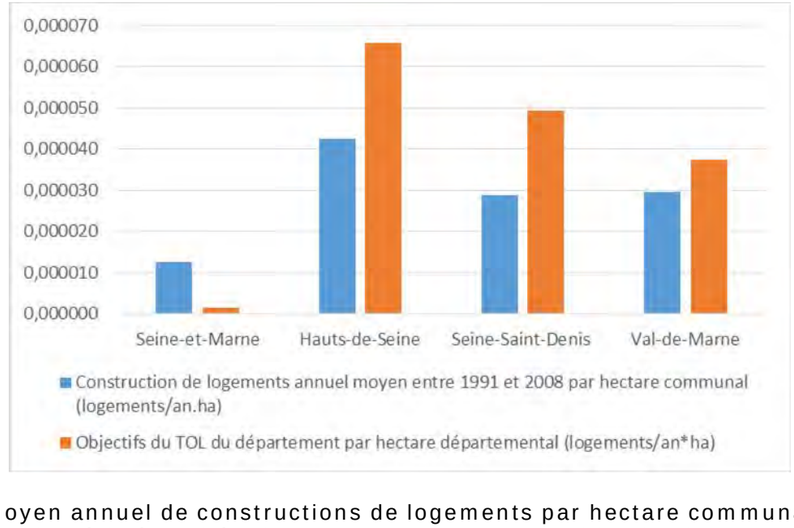
Nombre de résidences principales par commune par période d'achèvement de la construction (source : INSEE 2011)

De manière générale, l'habitat individuel est majoritaire dans les communes étudiées (62%). Dans les communes de Bagneux, Boulogne-Billancourt, Créteil, Issy-les-Moulineaux, Le Kremlin-Bicêtre, Malakoff, Montrouge et Vanves, l'habitat collectif représente cependant la proportion la plus importante. En particulier, les communes de Boulogne-Billancourt et de Montrouge présentent les proportions les plus élevées d'habitat collectif (98%). Bry-sur-Marne et Villiers-sur-Marne présentent les proportions les plus élevées d'habitat individuel (82% et 84%).

Les objectifs de « Territorialisation de l'Offre de Logement » (TOL) départementaux[63] ciblent 8 701 logements/an pour la Seine et Marne (dont 3 267 dans le bassin de territorialisation Chelles-MLV), 9 144 logements/an pour le Val-de-Marne (dont 5 062 dans le bassin de OIN Seine-Amont-Val de Bièvre), 11 600 pour les Hauts-de-Seine (dont 2 200 dans le Bassin centre-sud des Hauts-de-Seine et 2 500 dans le Bassin sud des Hauts-de-Seine) et 11 641 pour la Seine-Saint-Denis (dont 2 009 dans le bassin Est 93)[64].

Dans le Val-de-Marne, le nombre moyen annuel de constructions de logements entre 1991 et 2008 dans les communes concernées (2 544 logements/an) représente 28% de l'objectif assigné à ce département. En ce qui concerne les Hauts-de-Seine, le rythme de construction annuel moyen entre 1991 et 2008 (2 264 logements/an) représente 20% des objectifs TOL assignés à ce département.

La figure suivante représente (par département) le nombre moyen annuel de constructions de logements dans les communes du périmètre d'étude entre 1991 et 2008 et ce par hectare (logements/an.ha). Ce ratio est comparé aux objectifs TOL rapporté à la surface départementale (logements/an.ha). En supposant une répartition homogène des objectifs TOL sur le territoire départemental, l'analyse permet de souligner que le rythme de construction moyen annuel par hectare entre 1991 et 2008 dans les communes étudiées est inférieur aux objectifs de construction de logements par hectare tels que définis par la TOL (à l'exception du département de Seine-et-Marne qui ne comporte qu'une portion négligeable du périmètre d'étude).



Nombre moyen annuel de constructions de logements par hectare communal dans les communes du périmètre d'étude entre 1991 et 2008 et objectifs du TOL par hectare départemental (source : INSEE 2011)

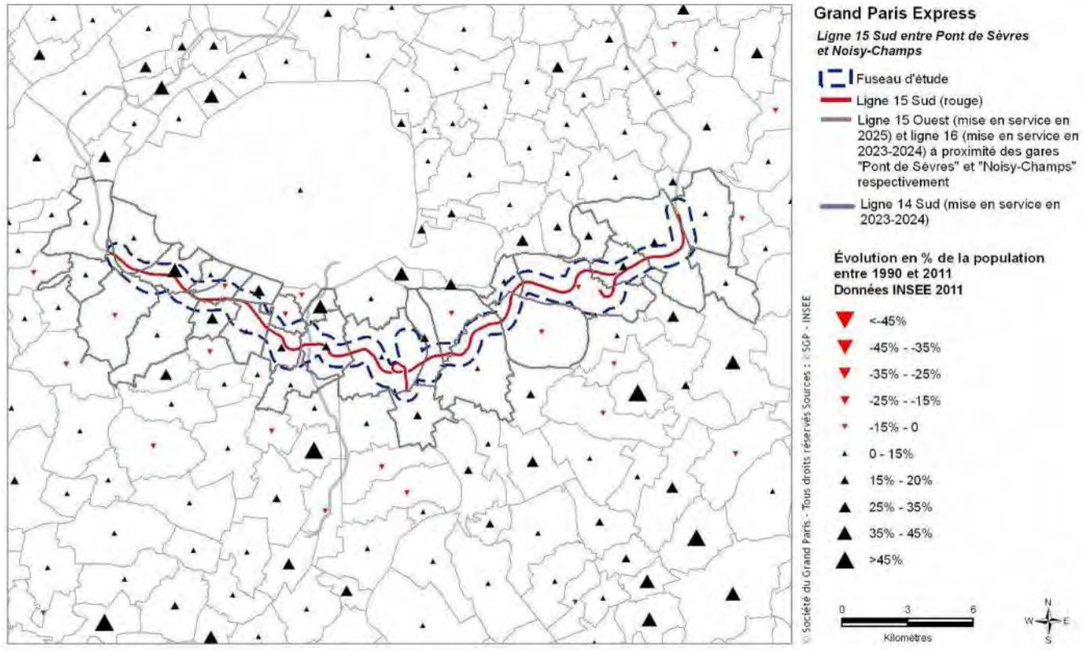
Dans l'ensemble des communes étudiées, le ratio entre le nombre de ménages (2011) et le nombre total de logements (2008) s'élève à 94%. Les communes où les ratios les plus importants sont observés sont Vitry-sur-Seine, Émerainville et Champs-sur-Marne (98%). Le ratio entre le nombre de ménages et le nombre total de résidences principales (2008) dépasse quant à lui les 100%. Les ratios les plus faibles sont observés à Vanves (90%) et à Saint-Cloud (91%). L'analyse permet donc de conclure que l'offre en logement est proche de saturation sur l'ensemble des communes étudiées et qu'une accélération du rythme de construction est nécessaire, en particulier dans les communes présentant une croissance importante de la population.

[63] L'article 1 de la loi relative au Grand Paris a défini un objectif de production de 70 000 logements par an. La répartition de cet objectif ou Territorialisation de l'Offre de Logements (TOL) est définie par la DRIEA (Direction Régionale Interdépartementale de l'Equipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France) en collaboration avec la DRIHL (Direction Régionale et Interdépartementale de l'Hébergement et du Logement d'Ile-de-France) (voir Article L302-13 du code de la construction et de l'habitation).

[64] Source : DRIHL, novembre 2011

2.17.1.4 Une croissance de la population contrastée

La carte de l'évolution de la population par commune montre que la plupart des communes ont connu une croissance entre 1990 et 2011. Certaines connaissent même des taux de croissance supérieurs ou égaux à 15%. C'est, par exemple, le cas d'Issy-les-Moulineaux (41%), Le Kremlin-Bicêtre (35%), Montrouge (28 %), Châtillon (26%) et Alfortville (23 %). Ces croissances sont largement supérieures à celle observée à l'échelle régionale (11% entre 1990 et 2011). Par contre, Maisons-Alfort, Malakoff, Meudon, Arcueil, Saint-Maur-des-Fossés et Champigny-sur-Marne ont vu leur population diminuer entre 1990 et 2011 (respectivement -0,2%, -0,6%, -0,7%, -1,2%, -3,1% et -4,6%).

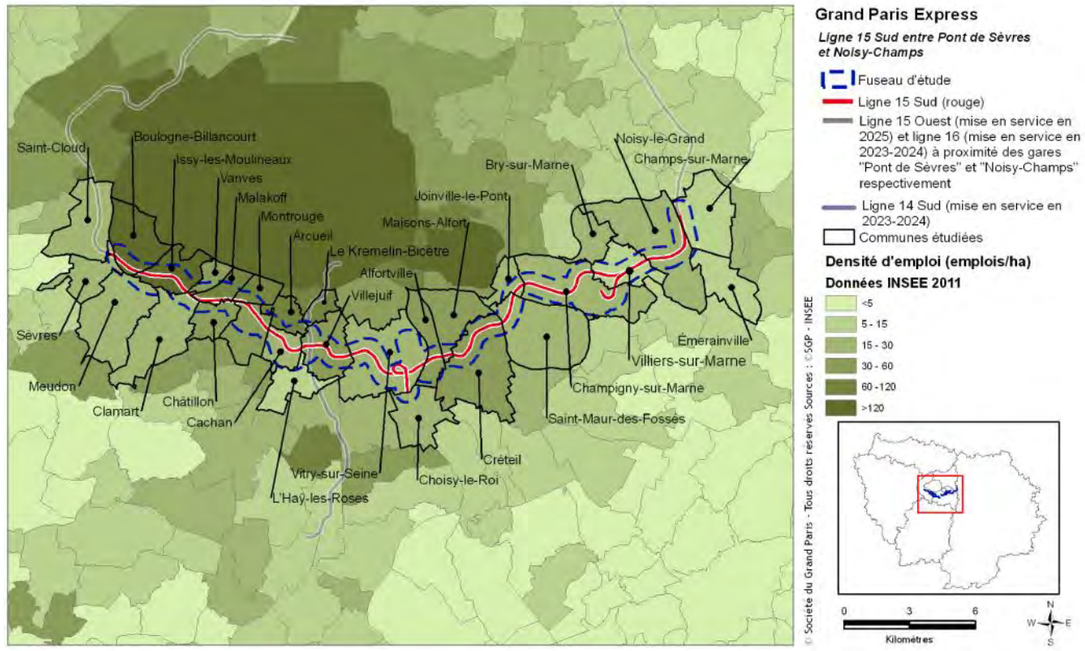


Evolution en % de la population entre 1990 et 2011 (source : INSEE 2011)

2.17.2 Emploi et déséquilibres habitat/emploi

2.17.2.1 Des densités d'emplois plus élevées à proximité de Paris

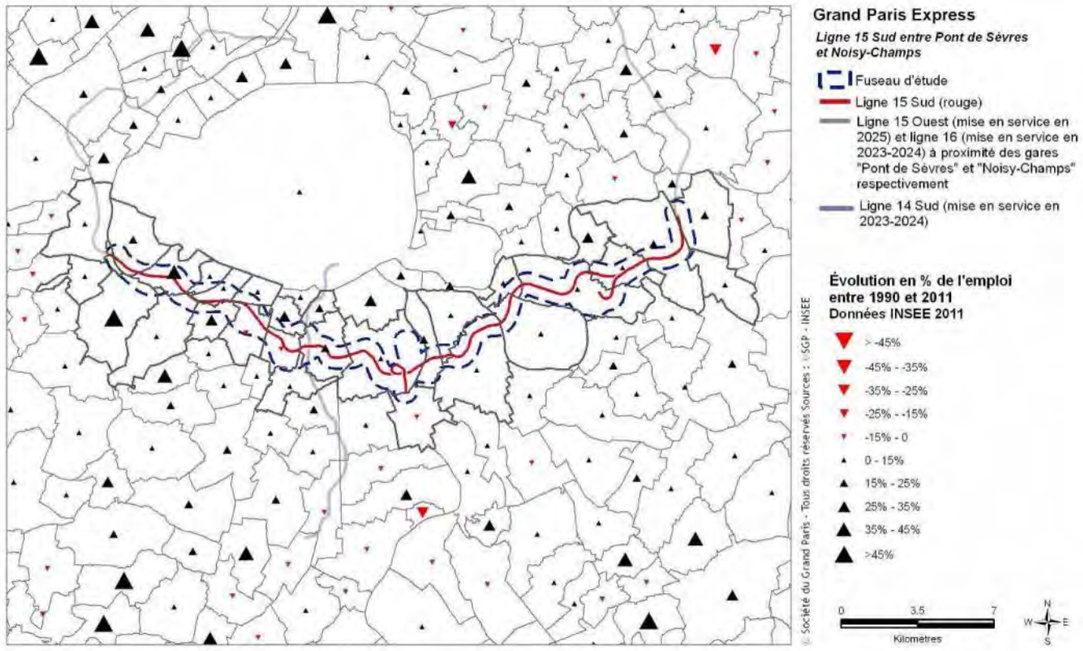
Les densités d'emplois vont de 8 emplois/hectare (à Emerainville) à 130 emplois/hectare (à Boulogne-Billancourt) avec une moyenne de 40 emplois/hectare pour l'ensemble des communes étudiées. Les densités observées sont largement supérieures à la moyenne régionale (4,7 emplois/hectare). Les densités d'emplois sont plus élevées dans les communes limitrophes à Paris (ou très proches) : elles sont supérieures à 50 emplois/hectare à Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Montrouge, Arcueil et Joinville-le-Pont. Les communes éloignées de Paris présentent des densités d'emplois faibles, ainsi Emerainville, l'Haÿ-les-Roses et Champs-sur-Marne présentent des taux inférieurs à 15 emplois/hectare.



Densité de l'emploi en emploi/ha en 2011 (source : INSEE 2011)

2.17.2.2 Des emplois en croissance entre 1999 et 2011

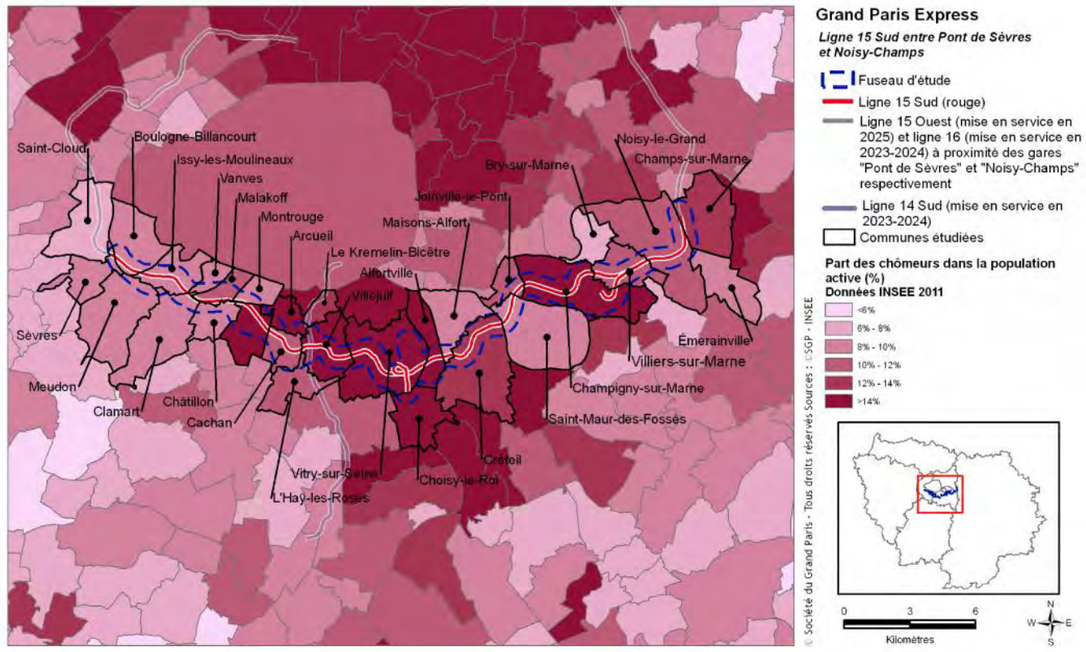
De manière générale, la figure ci-dessous montre une croissance de l'emploi dans la majorité des communes étudiées entre 1999 et 2011. Les croissances les plus importante sont observées à Châtillon (+30%), Issy-les-Moulineaux (+36%), Meudon (+50%), Arcueil (+34%) et Ivry-sur-Seine +(30%). Seules trois communes ont vu leur nombre d'emplois diminuer, et ce de manière relativement importante : Bagneux (-3,6%), Choisy-le-Roi (-0,7%) et Cachan (-4,7%).



Evolution en % de l'emploi entre 1999 et 2011 (source : INSEE 2011)

2.17.2.3 Une part relativement élevée de personnes sans-emploi

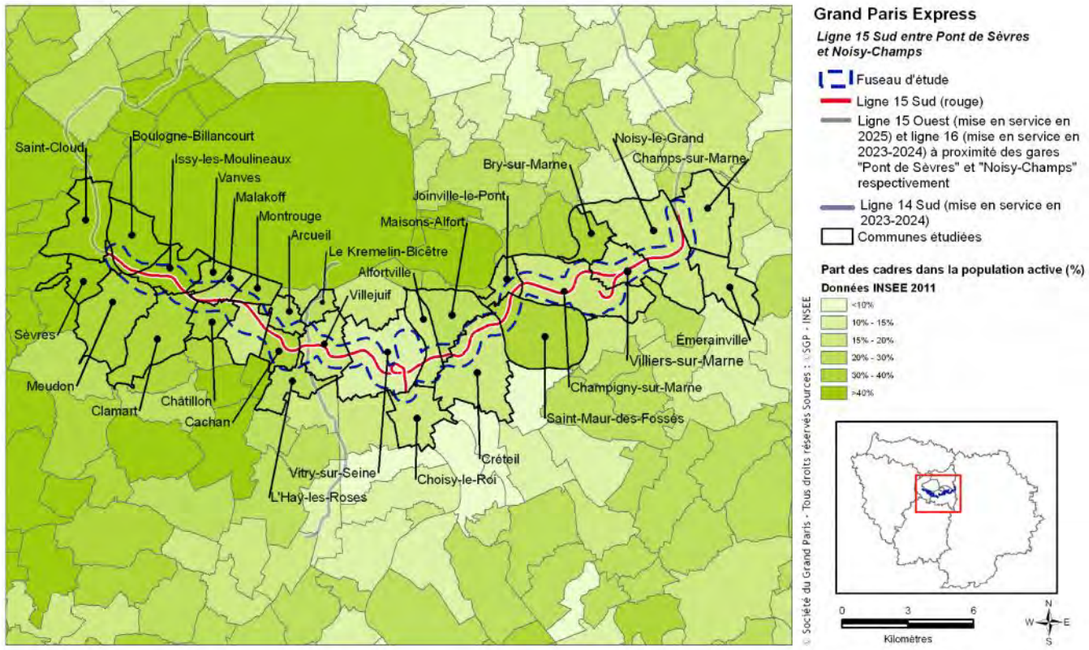
La carte suivante donne pour chaque commune le nombre de chômeurs rapporté au nombre total d'actifs en 2011. La part de chômeurs dans la population active va de 8 % (à Saint-Cloud) à 15 % (à Vitry-sur-Seine). Des taux faibles inférieurs à la moyenne régionale (8,6%) sont observés dans les communes limitrophes à Paris (ou très proches) (Châtillon, Issy-les-Moulineaux, Meudon, Saint-Cloud, Sèvre, Vanves, et Bry-sur-Marne) alors que des taux plus élevés sont relevés dans les communes éloignées de Paris ou au Sud-Est (Champs-sur-Marne, Bagneux, Alfortville, Arcueil, Champigny-sur-Marne, Créteil, Choisy-le-Roi, le Kremlin-Bicêtre, Villejuif et Vitry-sur-Seine).



Part en % des chômeurs dans la population active de 15-64 ans en 2011 (source : INSEE 2011)

2.17.2.4 Une part importante de cadres, surtout à l'Ouest

La part des cadres dans la population active de 15 ans et plus est représentée ci-après. Saint-Cloud présente le taux le plus élevé (52%). De manière générale, les taux sont plus élevés dans les communes situées à l'Ouest de la ligne (Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Meudon et Sèvres). A l'Est, le taux est particulièrement faible à Vitry-sur-Seine (13,6 %) par rapport à la moyenne régionale (26%).



Part en % des cadres sur la population active de 15-64 ans en 2011 (source : INSEE 2011)

2.17.3 Densification des espaces urbanisés

2.17.3.1 Une zone (péri)urbaine

Le Mode d'Occupation du Sol (MOS) selon les 24 postes définis par l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région d'Île-de-France (IAU-IDF) est présenté ci-après.

Le MOS est « l'atlas cartographique informatisé de l'occupation du sol de l'Île-de-France. Actualisé régulièrement depuis sa première édition en 1982, il est un outil de suivi et d'analyse du territoire francilien » (Source : IAU-IDF).

Lors de l'élaboration des premiers dossiers d'enquête préalable à déclaration d'utilité publique du Grand Paris seul le MOS 2008 était disponible. Depuis lors, la version « 2012 » du MOS a été publiée en 2013. Néanmoins, le choix a été fait de continuer à utiliser comme référence le MOS 2008, de manière à présenter une analyse cohérente sur l'ensemble des études d'impact du Grand Paris Express.

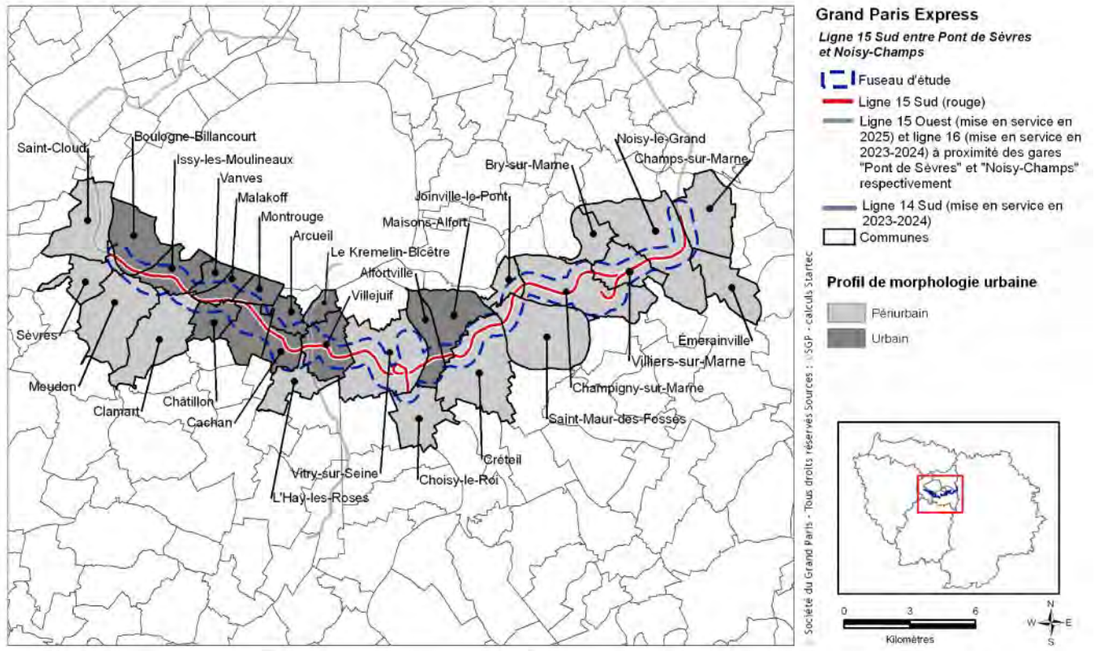
Le mode d'occupation du sol est résumé selon les 11 postes[65] définis par l'IAU-IDF dans le tableau ci-après pour chacune des communes étudiées. Le principal profil de morphologie urbaine des communes étudiées y est également repris.

Les profils de morphologie urbaine sur le territoire francilien ont été définis dans le cadre des études socio-économiques relatives au projet de métro du Grand Paris (Société du Grand Paris, 2010). Les territoires sont classés selon trois catégories (zone urbaine, périurbaine ou « semi-rurale ») en fonction de critères urbanistiques ou démographiques :

Profil de morphologie urbaine	Critères d'urbanisation morphologique retenus
Zone urbaine	zone appartenant à une agglomération et dont la densité de population en 2011 est supérieure à 8 165 hab/km²
Zone périurbaine	zone appartenant à une agglomération et dont la densité de population en 2011 est inférieure à 8 165 hab/km²
Zone semi-rurale	zone hors agglomération ou zone en agglomération dont la densité de population en 2011 est inférieure à 1 100 hab/km²

Le principal profil de morphologie urbaine est celui dont l'emprise au sol sur le territoire étudié est la plus importante.

[65] Les 24 postes d'occupation du sol définis par l'IAU-ÎdF ont été regroupés en 11 postes comme suit : les postes « grandes cultures » et « autres cultures » forment le poste « cultures », les postes « parcs ou jardins », « sport », « tourisme et loisirs » et « terrains vacants » forment le poste « urbain ouvert », les postes « habitat autre », « activités économiques et industrielles », « entrepôts logistiques », « commerces » et « bureaux » forment le poste « activités » et les postes « bâtiments ou installations de sport », « équipements d'enseignement », « équipements de santé », « cimetières », « équipements culturels, touristiques et de loisirs » et « autres équipements » forment le poste « autres équipements ».



Profils de morphologie urbaine au sein de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud (source : INSEE, RPG 2008, MOS IAU-IDF)

Au sein de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud :

- Treize communes ont un profil de type « urbain », c'est-à-dire qu'elles appartiennent à une zone d'agglomération et que la densité de population y est élevée. Ces communes se concentrent essentiellement à la périphérie de Paris (Alfortville, Arcueil, Bagneux, Boulogne-Billancourt, Cachan, Châtillon, Issy-les-Moulineaux, Le Kremlin-Bicêtre, Maisons-Alfort, Malakoff, Montrouge, Vanves et Villejuif) ;

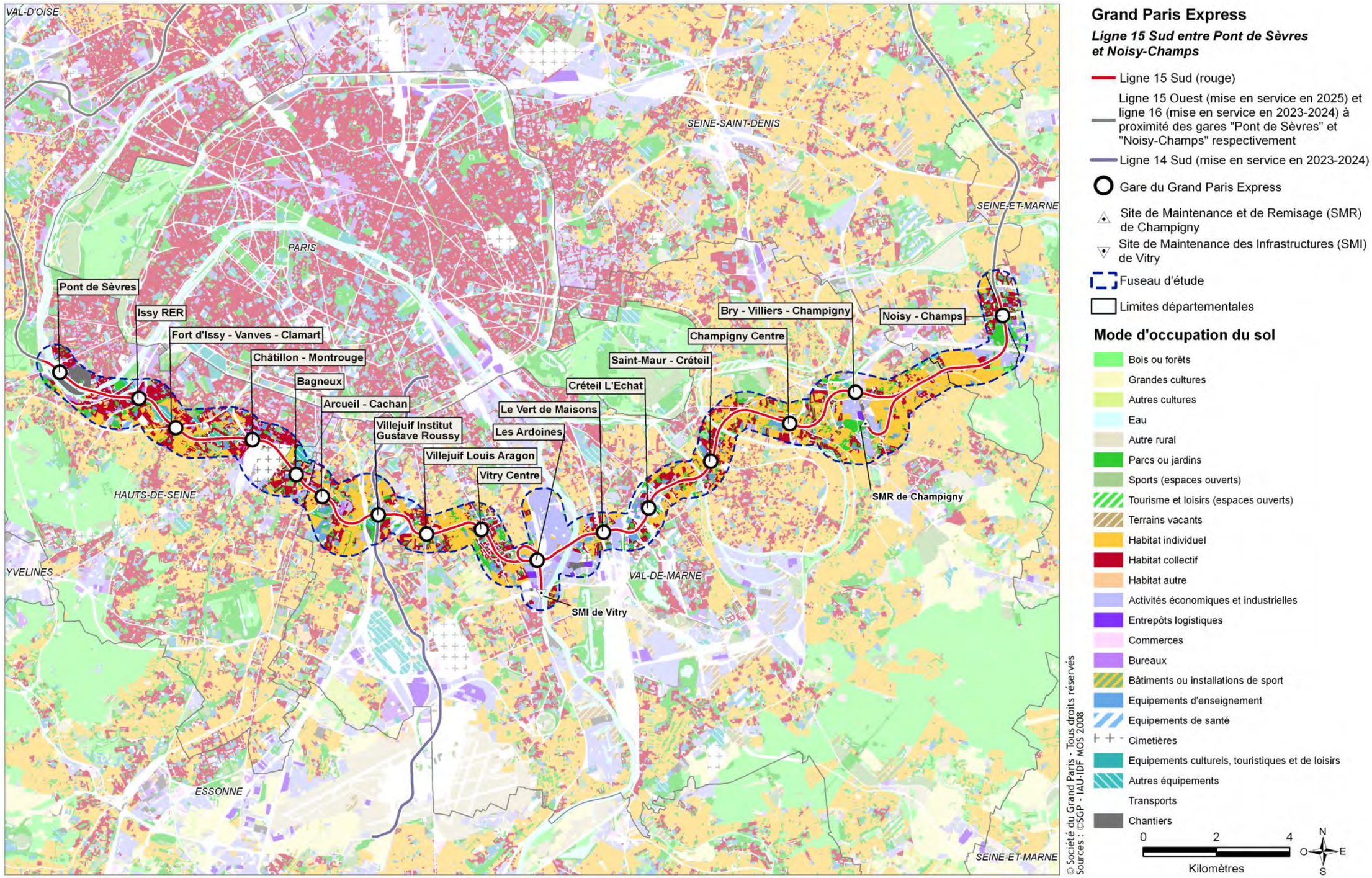
- Les seize autres communes ont un profil de type « périurbain », c'est-à-dire qu'elles appartiennent à une zone d'agglomération et que la densité de population y est modérée. Il s'agit de Bry-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Champs-sur-Marne, Clamart, Créteil, Emerainville, Choisy-le-Roi, Joinville-le-Pont, l'Haÿ-les-Roses, Meudon, Noisy-le-Grand, Saint-Cloud, Saint-Maur-des-Fossés, Sèvres, Villiers-sur-Marne et Vitry-sur-Seine ;

Ainsi, d'après ces chiffres, la ligne étudiée traverse une zone fortement urbanisée. L'urbain construit occupe en effet en moyenne 72% de la surface du territoire couvert par les 29 communes, avec un maximum de 93% pour la commune de l'Haÿ-les-Roses et un minimum de 39% à Emerainville. Dans 18 des 29 communes, ce poste représente même plus de 80% de la superficie communale. Ces communes se situent toutes en Petite Couronne et en majeure partie à la périphérie de Paris.

Concernant le poste « urbain construit » uniquement, il s'avère que l'habitat individuel représente le poste principal (28%), suivi de l'habitat collectif (17%). En termes de surface au sol (uniquement), l'habitat collectif est le type de logement privilégié dans 8 des 29 communes du périmètre large d'étude. Il s'agit principalement de commune limitrophes à Paris : Bagneux (32% vs 16%), Boulogne-Billancourt (45% vs 1%), Créteil (17% vs 13%), Issy-les-Moulineaux (36% vs 9%) Kremlin-Bicêtre (33% vs 11%), Malakoff (39% vs 16%), Montrouge (55% vs 1%), et Vanves (44% vs 7%). A l'inverse, l'habitat individuel représente une emprise surfacique beaucoup plus importante dans les autres communes, avec un écart entre l'individuel et le collectif plus marqué pour les villes les plus éloignées de Paris. D'autre part, un noyau d'activités économiques et industrielles se concentre en bordure de Paris intra-muros et sur l'axe Paris-Créteil. Les activités représentent ainsi plus de 15 % de la surface des communes de Vitry-sur-Seine (22%), d'Alfortville (18%) et de Montrouge (17%). Au total, les activités économiques et industrielles occupent près de 1 480 hectares dans la zone d'étude (soit 9% de la superficie totale). Enfin, notons que les infrastructures de transport représentent une proportion importante de la superficie communale de Créteil avec 22%.

Ensuite, les espaces de type « urbain ouvert » constituent une proportion non négligeable de la superficie étudiée : 13%, soit 2 160 hectares, sur l'ensemble des 29 communes. Toutefois, il faut souligner que ces 13% comprennent essentiellement l'emprise surfacique des parcs et jardins, des espaces de tourisme, de sport et de loisirs. Cela explique notamment les pourcentages conséquents de l'emprise surfacique de l'urbain ouvert à Saint-Cloud (29%), Champigny-sur-Marne (19%) et L'Haÿ-les-Roses (18%). Les terrains vacants, dernière catégorie du poste « urbain ouvert », représentent 140 hectares sur l'ensemble du territoire d'étude, soit moins de 1% de la surface totale étudiée. Comme abordé dans la suite du présent rapport, dans les zooms par gare, de nombreux projets à l'étude ou en cours de développement visent notamment à exploiter une partie de ce réservoir foncier disponible.

Mode d'occupation du sol (soucre : IAU-IDF, MOS 2008)



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - IAU-IDF MOS 2008

Chiffres clefs des caractéristiques d'occupation du sol des communes étudiées

Communes	Couronne	Département	Statut	Profil de morphologie urbain principal[1]	Population en 2011[2]	Emploi en 2011[2]	Pourcentage de la surface communale occupée par les 11 postes du mode d'occupation du sol définis par l'IAU-îdF (en %)[3]													
							Rural					Urbain ouvert	Urbain construit							Superficie totale (ha)
							Bois ou forêts	Cultures	Eau	Autre rural	Total rural		Habitat individuel	Habitat collectif	Activités	Equipements	Transports	Chantiers	Total urbain construit	
Alfortville	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Urbain	44550	11394	0,0%	0,0%	9,6%	2,2%	11,8%	7,2%	26,6%	20,9%	17,6%	7,6%	6,3%	1,9%	81,0%	368
Arcueil	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Urbain	20100	16301	0,4%	0,0%	0,0%	1,0%	1,3%	9,0%	26,5%	20,9%	10,0%	18,6%	13,3%	0,4%	89,7%	234
Bagneux	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Urbain	38002	13823	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	14,9%	16,3%	21,3%	12,2%	23,8%	11,1%	0,3%	85,0%	419
Boulogne-Billancourt	Petite Couronne	92	Sous-préfecture	Urbain	116220	80087	0,0%	0,0%	8,3%	0,1%	8,5%	11,1%	1,1%	45,0%	10,4%	9,0%	7,9%	7,1%	80,5%	616
Bry-sur-Marne	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	15987	7411	2,3%	0,0%	4,3%	2,8%	9,4%	12,1%	45,5%	10,1%	6,4%	5,9%	9,2%	1,3%	78,5%	333
Cachan	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Urbain	28404	8206	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	14,7%	39,3%	18,7%	7,6%	14,0%	5,0%	0,5%	85,2%	274
Champigny-sur-Marne	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	75800	17894	0,2%	0,0%	2,0%	0,9%	3,1%	19,3%	42,9%	11,8%	7,7%	5,4%	9,6%	0,2%	77,5%	1130
Champs-sur-Marne	Grande Couronne	77	Chef lieu de canton	Périurbain	24499	9856	30,6%	0,6%	2,6%	5,6%	39,4%	16,7%	20,8%	6,3%	4,9%	4,7%	6,8%	0,3%	43,9%	769
Châtillon	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Urbain	33405	13849	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,1%	10,4%	27,1%	24,6%	13,6%	7,2%	15,9%	1,2%	89,6%	293
Choisy-le-Roi	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	41355	9757	0,0%	0,0%	11,2%	1,3%	12,4%	16,4%	27,5%	13,1%	11,6%	5,4%	11,9%	1,6%	71,2%	543
Clamart	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Périurbain	52731	19888	23,9%	0,2%	0,1%	0,5%	24,7%	9,5%	32,7%	13,7%	5,7%	8,0%	5,4%	0,2%	65,7%	876
Créteil	Petite Couronne	94	Préfecture	Périurbain	90528	52634	0,0%	0,1%	5,0%	0,6%	5,6%	17,3%	13,1%	17,4%	12,0%	11,1%	22,1%	1,3%	77,1%	1141
Émerainville	Grande Couronne	77		Périurbain	7253	4326	41,3%	5,7%	2,3%	4,0%	53,3%	7,2%	12,6%	3,5%	8,8%	1,8%	12,1%	0,8%	39,5%	537
Issy-les-Moulineaux	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Urbain	65326	51414	0,0%	0,0%	5,0%	0,3%	5,3%	12,3%	9,0%	36,3%	12,0%	16,8%	7,2%	1,0%	82,3%	424
Joinville-le-Pont	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	17953	4355	1,0%	0,0%	11,4%	2,5%	14,8%	10,4%	38,5%	15,4%	6,9%	5,6%	8,4%	0,0%	74,7%	231
Le Kremlin-Bicêtre	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Urbain	26131	12719	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,9%	10,7%	33,4%	3,9%	31,5%	11,8%	1,8%	93,1%	154
L'Haÿ-les-Roses	Petite Couronne	94	Sous-préfecture	Périurbain	30574	5414	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,7%	45,6%	15,6%	6,6%	5,8%	8,0%	0,7%	82,2%	389
Maisons-Alfort	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Urbain	53265	16505	0,0%	0,0%	2,9%	0,6%	3,6%	10,7%	27,0%	25,6%	9,5%	11,9%	11,1%	0,7%	85,8%	538
Malakoff	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Urbain	30768	15497	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,2%	8,9%	15,7%	39,2%	11,6%	15,2%	8,5%	0,7%	90,9%	207
Meudon	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Périurbain	45010	18724	42,1%	0,5%	1,3%	0,2%	44,1%	13,7%	14,6%	11,1%	4,0%	6,0%	6,0%	0,5%	42,2%	995
Montrouge	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Urbain	48710	22817	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	10,5%	1,1%	55,1%	16,9%	11,3%	4,4%	0,6%	89,5%	207
Noisy-le-Grand	Petite Couronne	93	Chef lieu de canton	Périurbain	62970	28348	19,6%	2,6%	1,4%	2,7%	26,4%	11,4%	32,7%	8,7%	7,7%	4,4%	7,9%	0,8%	62,2%	1315
Saint-Cloud	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Périurbain	29194	16779	23,1%	0,0%	3,3%	0,5%	26,9%	29,2%	15,8%	12,6%	3,3%	4,7%	7,4%	0,1%	43,9%	751
Saint-Maur-des-Fossés	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	74818	21781	0,1%	0,0%	3,9%	1,2%	5,3%	4,8%	56,0%	20,2%	4,5%	5,9%	3,2%	0,1%	89,9%	1126
Sèvres	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Périurbain	23278	10267	22,5%	0,0%	2,2%	1,2%	26,0%	10,5%	31,8%	13,0%	3,5%	5,3%	9,7%	0,3%	63,5%	392
Vanves	Petite Couronne	92	Chef lieu de canton	Urbain	27022	7863	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,7%	6,5%	44,3%	6,9%	18,7%	7,8%	0,0%	84,3%	155
Villejuif	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Urbain	55923	20153	0,0%	0,6%	0,0%	0,1%	0,7%	13,2%	32,6%	20,9%	9,0%	15,6%	7,4%	0,6%	86,1%	532
Villiers-sur-Marne	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	27222	4921	1,1%	0,0%	0,0%	3,8%	4,9%	9,8%	54,1%	10,6%	6,3%	5,0%	8,8%	0,6%	85,3%	432
Vitry-sur-Seine	Petite Couronne	94	Chef lieu de canton	Périurbain	86375	26997	0,0%	3,5%	2,8%	2,9%	9,2%	10,8%	30,0%	10,7%	21,7%	7,5%	9,7%	0,5%	80,1%	1166
					1.293.373	**549.978**	**9,8%**	**0,7%**	**2,9%**	**1,4%**	**14,9%**	**13,1%**	**27,7%**	**17,1%**	**9,0%**	**8,3%**	**9,1%**	**0,0%**	**72,1%**	**16.546**

(1) Calculs STRATEC (2013)
(2) Données INSEE 2011
(3) Mode d'Occupation du Sol d'Île-de-France (IAU-IDF, 2008)

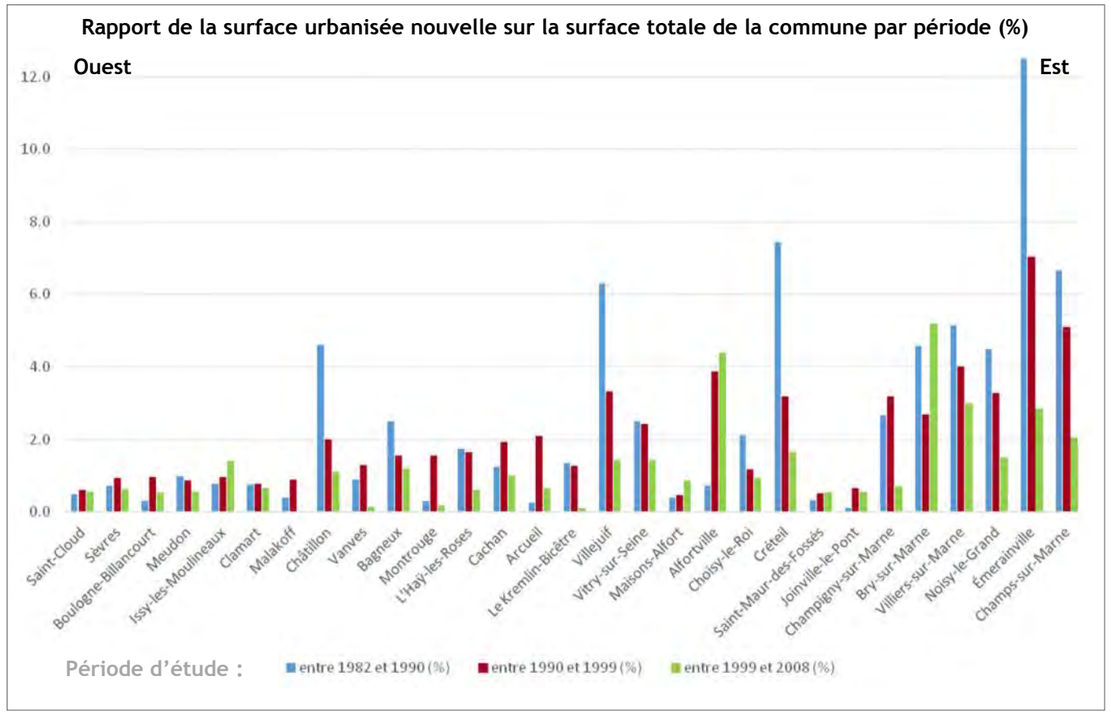
2.17.3.2 Une urbanisation des sols plus importante à l'Est

La figure suivante reprend l'évolution de la part des surfaces des communes étudiées qui se sont urbanisées au cours de trois périodes : entre 1982 et 1990 (en bleu sur le graphique), entre 1990 et 1999 (en rouge) et, plus récemment, entre 1999 et 2008 (en vert).

L'urbanisation des surfaces, au sens du MOS de l'IAU-ÎdF, correspond au passage durant la période donnée du poste « rural » ou « urbain ouvert » au poste « urbain construit ».

De manière globale, l'urbanisation nouvelle des communes étudiées a suivi la même tendance d'évolution que l'urbanisation nouvelle à l'échelle de la région, c'est-à-dire qu'on observe une diminution de l'urbanisation nouvelle à partir de la fin des années 1990. A l'échelle de la région, le rythme d'urbanisation est passé d'environ 1 600 hectares/an entre 1990 et 1999 à environ 1 000 hectares/an entre 1999 et 2008. A noter que l'extension urbaine s'est faite en majeure partie dans les communes urbaines de la ceinture verte. A l'échelle de la zone d'étude, le rythme d'urbanisation des sols est passé d'environ 53 hectares/an entre 1982 et 1990 à environ 23 hectares/an entre 1999 et 2008. Entre 1982 et 2008, le rythme moyen de l'urbanisation nouvelle a donc été divisé par deux.

Des taux importants d'évolution de l'urbanisation sont observés dans les communes situées à l'Est du périmètre d'étude, comme par exemple Emerainville (22% de la surface communale urbanisée entre 1982 et 2008) et Champs-sur-Marne (14%). Dans ces communes, dans les années 1980 et au début des années 1990, le réservoir important de terrains mutables a permis une urbanisation rapide, contrairement aux communes de l'Ouest qui étaient, en général, déjà historiquement urbanisées.

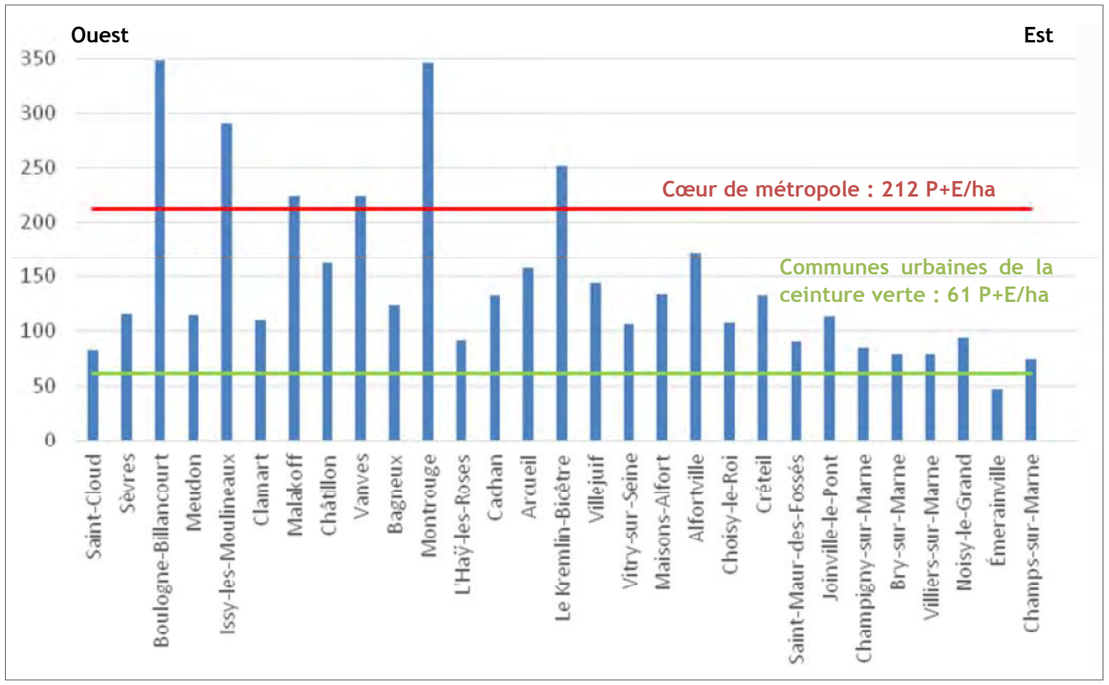


Evolution de l'urbanisation nouvelle des communes du périmètre large d'étude entre 1982 et 1990, 1990 et 1999, 1999 et 2008 selon la direction Ouest->Est de la ligne étudiée (Evolution du mode d'occupation du sol, 24 postes IAU-ÎdF, 2008)

2.17.3.3 Une densité humaine plus faible à l'Est

Le graphique ci-après présente la densité humaine sur l'espace urbanisé en 2011 par commune depuis l'Ouest (à gauche) vers l'Est (à droite) du périmètre d'étude. La densité humaine est égale, en moyenne, à 131 habitants et emplois par hectare urbanisé ([P+E] /hectare) sur les communes étudiées. Elle est élevée dans les communes limitrophes à Paris intra-muros (>200 [P+E]/hectare urbanisé). De manière générale, elle diminue en allant vers l'Est de la ligne. A l'exception d'Emerainville, les densités humaines des communes concernées sont supérieures à celles des communes urbaines de la « Ceinture verte »[66]. A l'ouest de la ligne, les communes présentent une densité humaine proche de celle du « cœur de métropole » (entité géographique de l'écosystème francilien caractérisé par 89% d'espaces urbanisés[67]), ces communes sont les communes limitrophes à Paris.

La densité humaine est définie comme « la somme de la population et de l'emploi, accueillis ou susceptible de l'être, par la superficie de l'espace urbanisé à laquelle s'ajoute, le cas échéant, la superficie des nouveaux espaces d'urbanisation » (SDRIF, 2012).



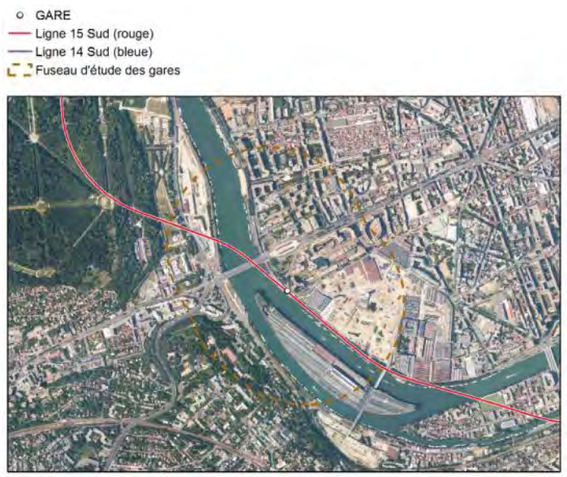
Densité humaine sur l'espace urbanisé ([population + emploi]/ha urbanisé, sources : calculs STRATEC (2014) sur base des données INSEE 2011 et SDRIF, 2012)

[66] La "Ceinture verte" est une entité géographique définie par le SDRIF (2012) comme étant un anneau de 10 à 30 km autour de Paris, qui "contient et structure les espaces urbains (en préservant des espaces de respiration importants)". C'est une zone de l'écosystème francilien caractérisée par 36% d'espaces urbanisés.
[67] Source : SDRIF, 2012

2.17.3.4 Situation existante à proximité des futures gares

La situation a été analysée à l'intérieur de zones de proximité autour des futures gares du projet. Ces zones sont construites sur la base de périmètres de 500 mètres de rayon autour des emprises des gares. Ces zones de proximité regroupent environ 184 000 habitants répartis sur près de 1 840 hectares autour des 16 gares. Une fiche d'identité est présentée pour la zone de proximité autour de chaque gare, depuis le Nord jusqu'au Sud de la Ligne 15 Sud. Il est également fait mention de la localisation éventuelle de la gare au sein d'un périmètre de contrat de développement territorial (CDT).

Gare Pont de Sèvres

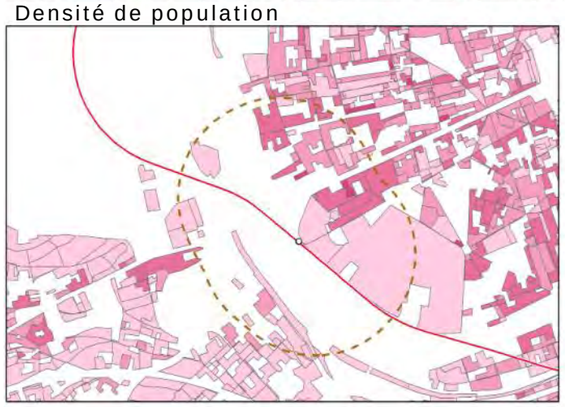


Occupation du sol détaillée



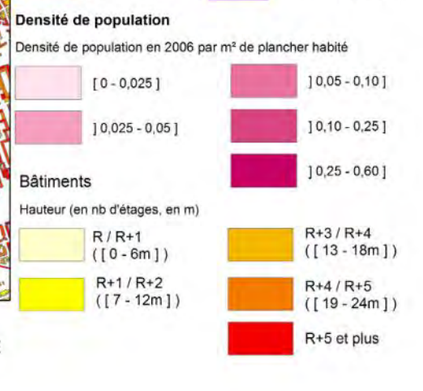


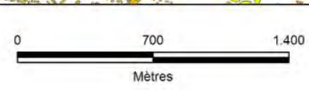
Densité de population



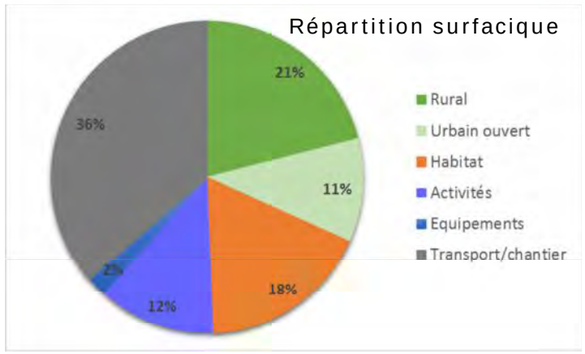
Hauteur des bâtiments







Département	92 - Hauts-de-Seine
CDT	Grand Paris Seine Ouest
Superficie total	119
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	11 128 emp
Population (2008)	13 687 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	93 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	115 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	20 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Pont de Sèvres (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population élevée (115 habitants/hectare) et une densité d'emploi assez forte en comparaison aux autres gares (93 emplois/hectare).

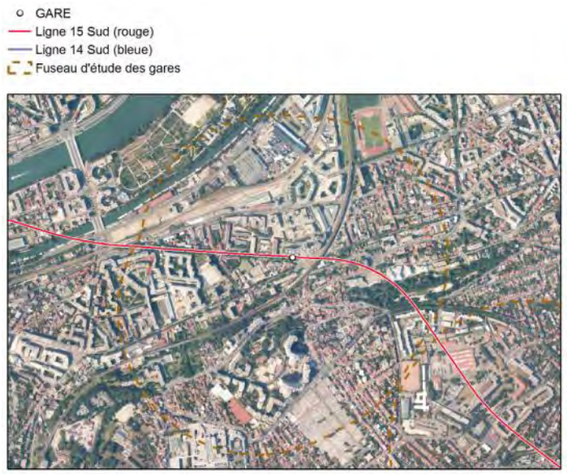
Les alentours de la gare sont caractérisés par une part importante du poste « chantier » (20%) et dans une moindre mesure du poste « transport » (16%). L'habitat représente une part relativement faible (18%), avec une prédominance de l'habitat collectif (16%). Les nombreux chantiers dans la zone sont liés à la requalification du quartier du Pont de Sèvres construit dans les années 1970. Le projet de rénovation concerne le secteur situé entre l'Avenue du Général de Gaulle et la rue du Vieux Pont de Sèvres. Dans les projets en cours à proximité de la gare, le chantier de restructuration des tours du Pont de Sèvres (projet Citylights) est actuellement en cours et vise à redessiner complètement l'ensemble immobilier.

Les bâtiments dans la zone se caractérisent par des hauteurs élevées (20 mètres en moyenne).

Le poste « rural » représente 21% de la zone à proximité de la gare. L'importance de ce poste est liée à la présence d'eau dans la zone (19%).Enfin, le poste « bureaux » représente 9% de la surface.

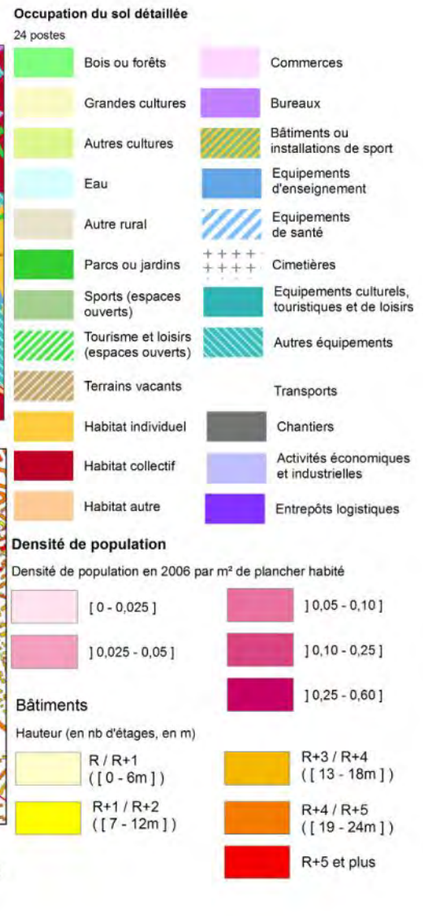
Enjeux locaux : le quartier est caractérisé par une importante dynamique de requalification urbaine. Hormis les quelques réserves foncières disponibles à proximité de la gare, la majeure partie du potentiel de densification réside dans la rénovation ou la reconstruction de bâtiments existants.

Gare Issy RER

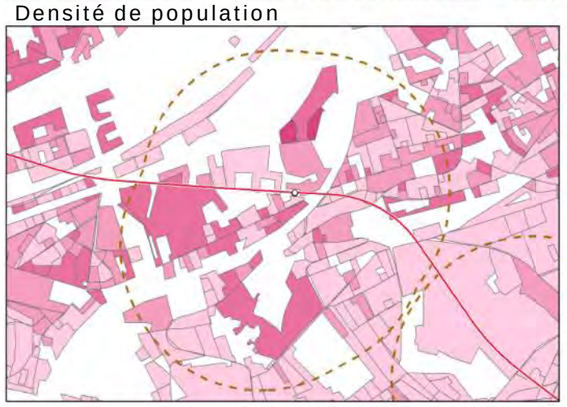


Occupation du sol détaillée

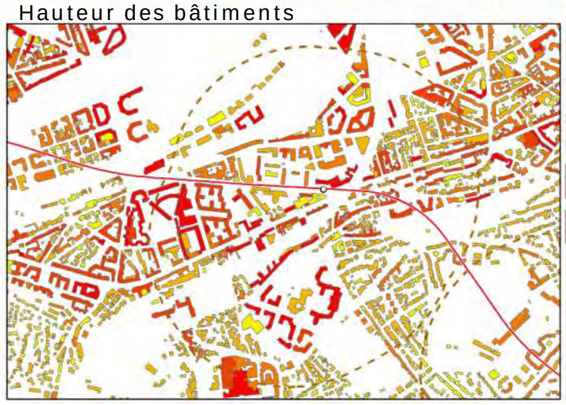




Densité de population

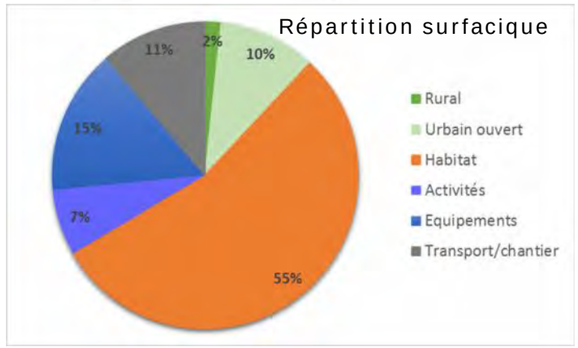


Hauteur des bâtiments





Département	92 - Hauts-de-Seine
CDT	Grand Paris Seine Ouest
Superficie total	116 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	11 074 emp
Population (2008)	21 442 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	96 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	185 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	12 mètres



La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population très élevée de 185 habitants/hectare et une densité d'emploi assez forte de 96 emplois/hectare.

Le poste « habitat » représente la majeure partie (55%) de la surface de la zone de proximité de la gare, constitué en grande partie d'habitat collectif.

Les gabarits des bâtiments présents dans la zone sont assez hétérogènes, avec une hauteur moyenne de 12 mètres.

On note également une part relativement importante d'équipements, notamment des équipements d'enseignement, des administrations et organismes officiels ainsi qu'un cimetière. Le poste « bureaux » représente 2% de la surface.

En ce qui concerne les projets futurs, la ZAC Léon Blum, instaurée par délibération du Conseil Municipal le 11 avril 2013, vise à créer une vraie centralité autour de la gare « Issy RER » et de revaloriser l'espace public d'un tissu urbain dense. De plus, il s'agit de renforcer l'offre de logements en vue de contribuer aux objectifs de logements inscrits dans le Contrat de Développement Territorial.

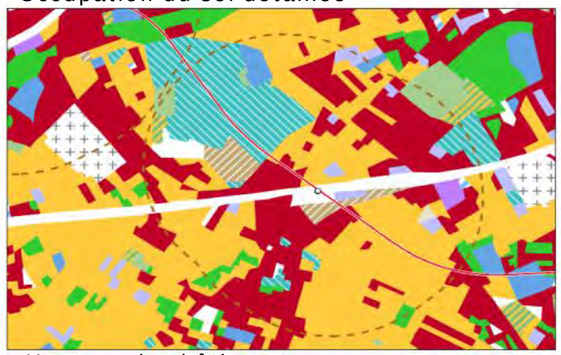
Enjeux locaux : les réserves foncières disponibles sont limitées et les opportunités de densification résident essentiellement dans la rénovation ou la reconstruction de bâtiments.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare d'Issy RER (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

Gare Fort d'Issy - Vanves – Clamart

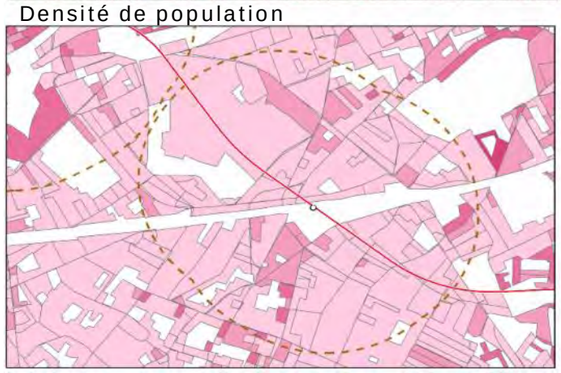


Occupation du sol détaillée

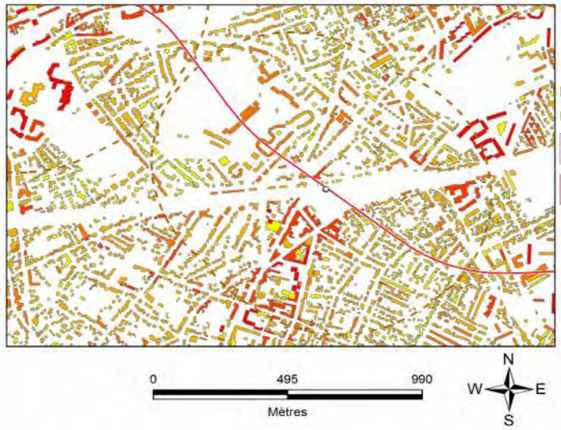


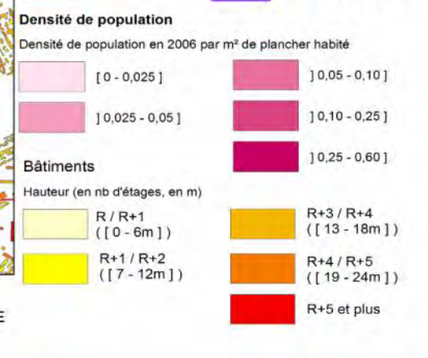


Densité de population

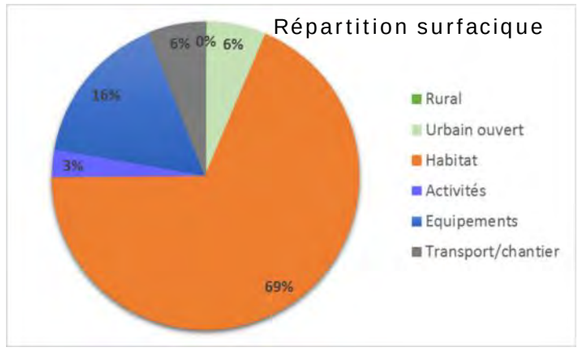


Hauteur des bâtiments





Département	92 - Hauts-de-Seine
CDT	Grand Paris Seine Ouest
Superficie total	114 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	2 043 emp
Population (2008)	11 367 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	18 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	100 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	9 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Fort d'Issy (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

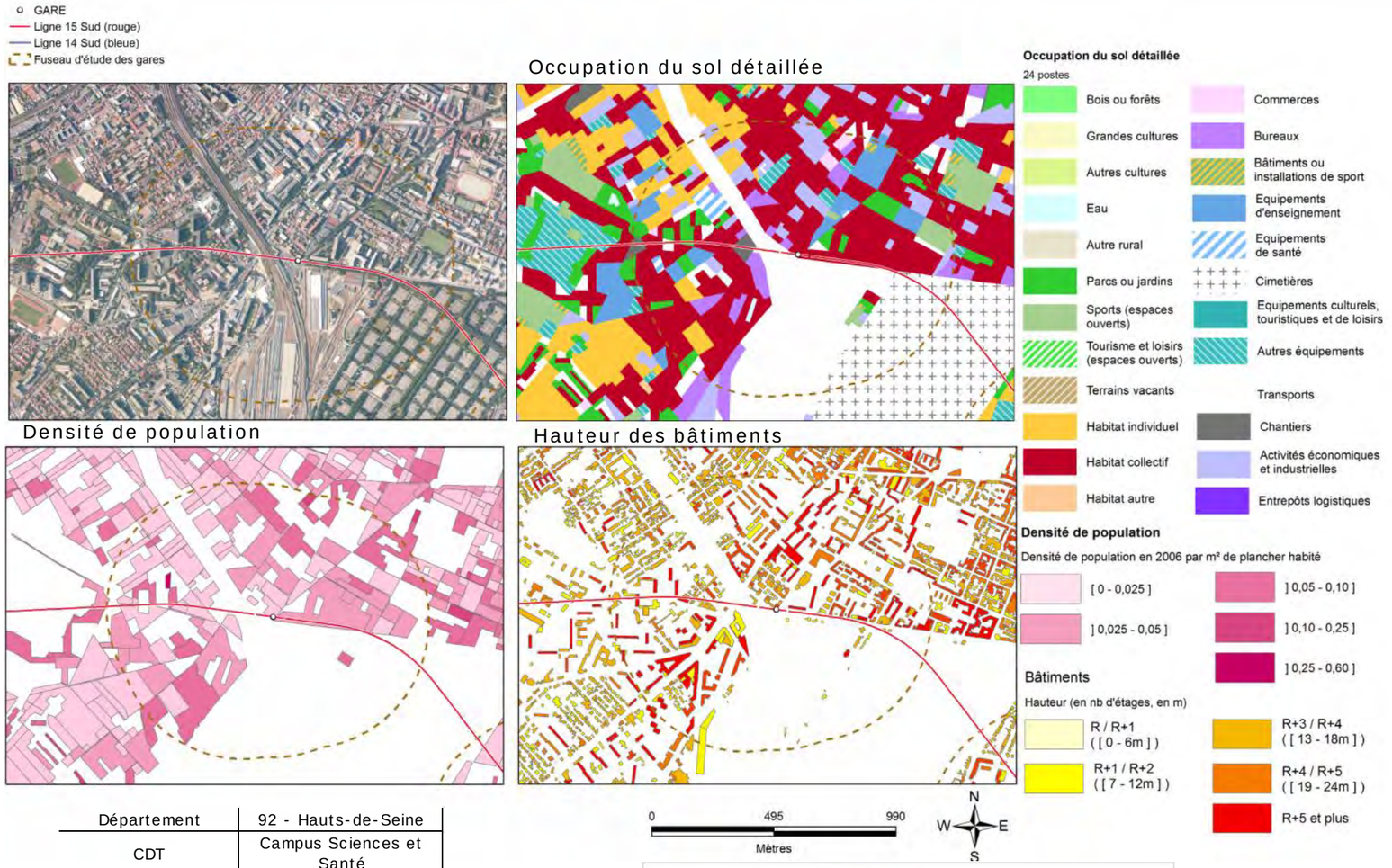
La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population relativement élevée de 100 habitants/hectare mais une densité d'emploi très faible de 18 emplois/hectare.

La zone de proximité autour de la gare se caractérise par une part importante d'habitat (69%), dont 41% d'habitat collectif. La hauteur des bâtiments est généralement relativement basse, avec une hauteur moyenne de 9 m².

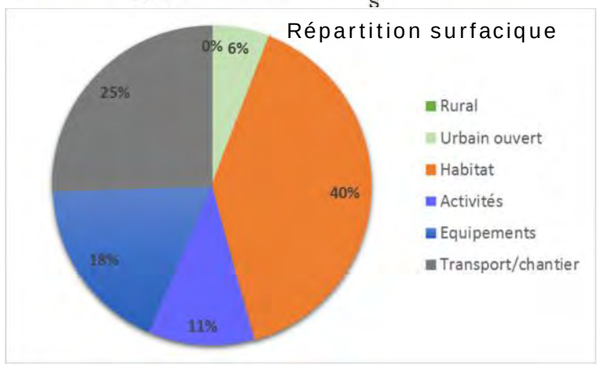
On note également une part relativement importante d'équipements (16%), dont 14% sont dédiés aux administrations et organismes officiels.

Enjeux locaux : les opportunités de densification se concentrent essentiellement sur les quelques réserves foncières disponibles à proximité de la gare (environ 3.5 ha) et la rénovation ou la reconstruction de bâtiments.

Gare Châtillon - Montrouge



Département	92 - Hauts-de-Seine
CDT	Campus Sciences et Santé
Superficie total	117 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	10 159 emp
Population (2008)	16 546 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	87 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	141 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	14 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare Châtillon-Montrouge (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

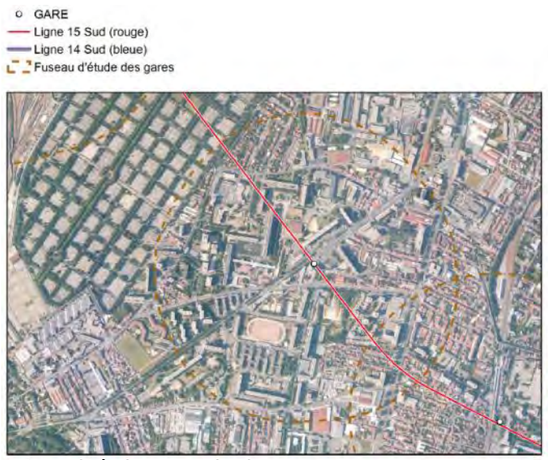
La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population moyenne élevée de 141 habitants/hectare et une densité d'emploi moyenne de 87 emplois/hectare.

Les alentours de la gare sont constitués essentiellement des postes « habitat » (40%) ; « transports » (25%) et « équipements » (18%). Le poste « transport » est largement attribuable à l'emprise du transport ferré. L'emprise d'équipement est liée à la présence d'un cimetière au Sud du périmètre.

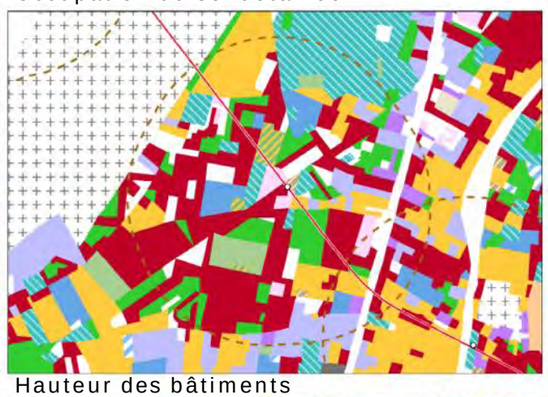
Les gabarits des bâtiments présents dans la zone sont assez hétérogènes, avec une hauteur moyenne de 14 mètres.

Enjeux locaux : le potentiel de densification dans la zone se concentre sur quelques tissus pavillonnaires qui offrent un potentiel de densification progressive.

Gare Bagneux



Occupation du sol détaillée





Densité de population

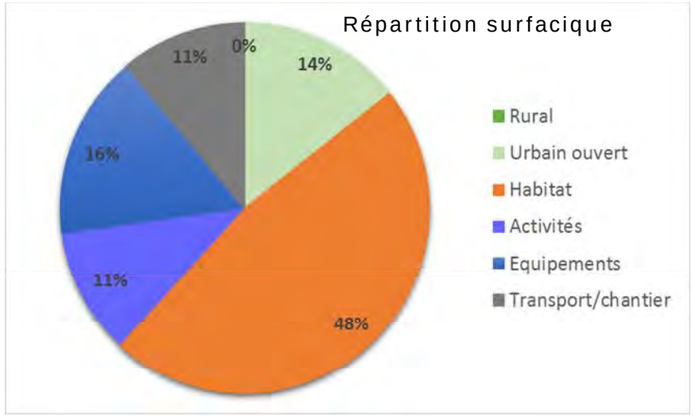


Hauteur des bâtiments



Département	92 - Hauts-de-Seine
CDT	Campus Sciences et Santé
Superficie total	105 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	4 039 emp
Population (2008)	13 904 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	39 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	133 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	11 mètres

Répartition surfacique



La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population élevée de 133 habitants/hectare mais une densité d'emploi faible de 39 emplois/hectare. Les bâtiments présentent différents gabarits dans la zone, avec une hauteur moyenne de 11 mètres.

La zone à proximité de la gare représente une occupation du sol relativement hétérogène, avec une grande partie d'habitat (48%). L'habitat collectif (34%) est majoritaire dans la zone.

On note également une proportion relativement importante du poste « urbain ouvert », constitué en grande partie de parcs et jardins.

En ce qui concerne les projets en cours, la zone particulièrement dense est quasi totalement concernée par l'association de projets de la ZAC Victor Hugo et du projet Pierre Plate:

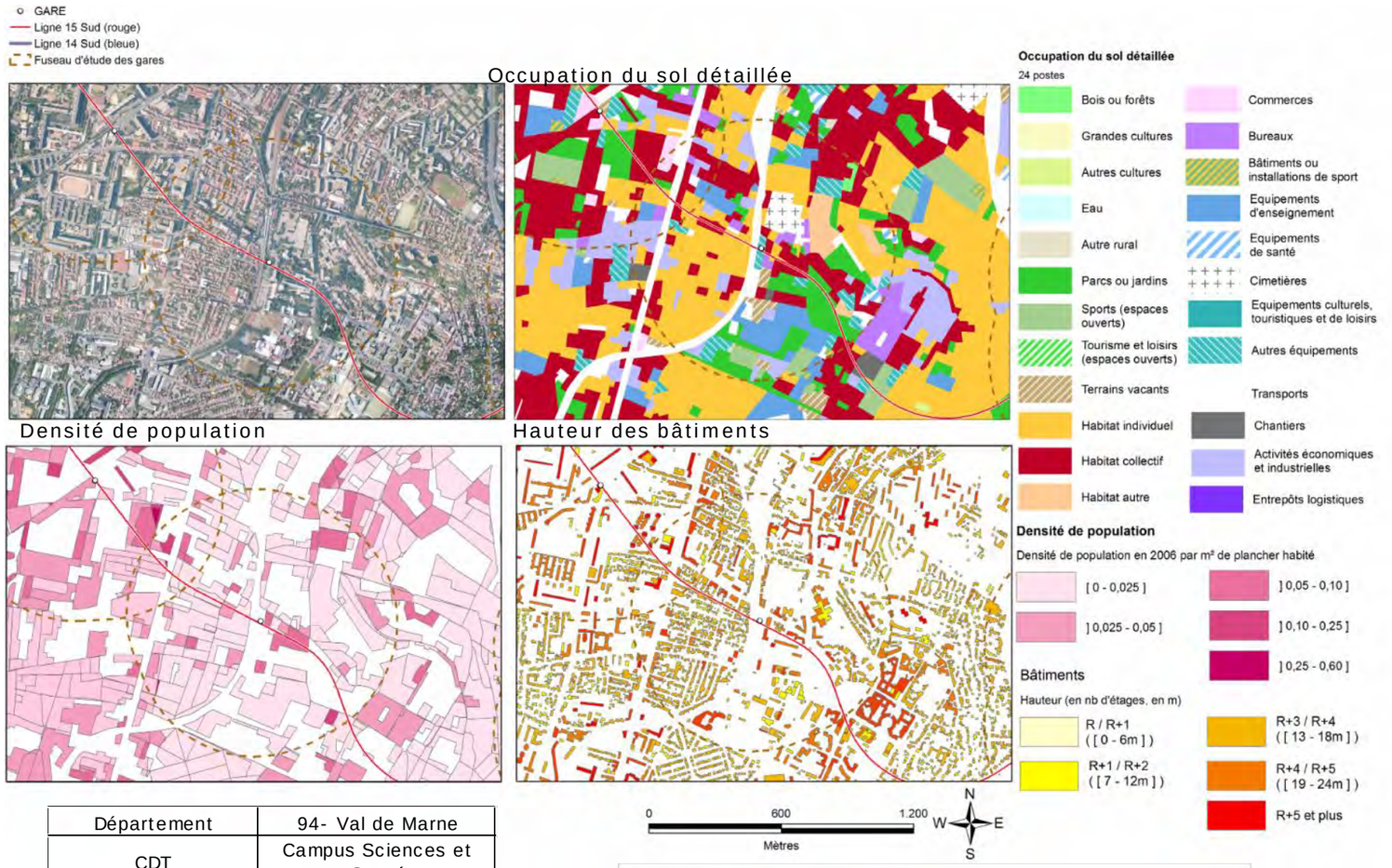
- ZAC Victor Hugo : représentant près de 20 ha, le territoire de la ZAC s'apprête à accueillir près de 850 nouveaux logements et 110.000 m² de de bureaux. Par ailleurs, 40.000 m² de commerces sont également prévus, de même que de nombreux équipements (crèche, école, théâtre) ;

- Projet Pierre plate : il s'agit de revaloriser ici les espaces publics, les connexions piétonnes, etc., de façon à revaloriser le quartier sans toutefois toucher aux bâtiments en place.

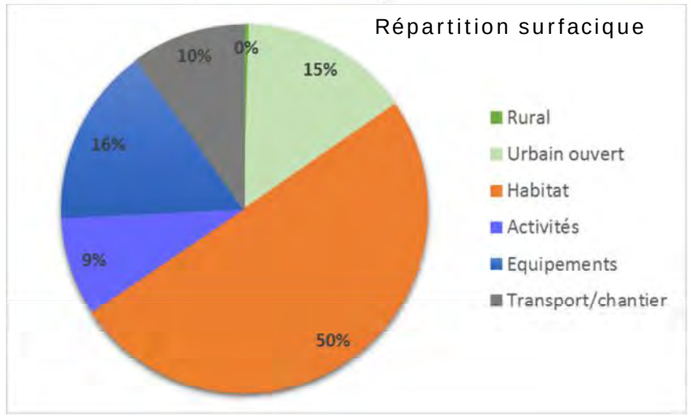
Enjeux locaux : une partie de la zone constituée d'habitat pavillonnaire offre un potentiel de densification à long terme.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Bagneux (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

Gare Arcueil-Cachan



Département	94- Val de Marne
CDT	Campus Sciences et Santé
Superficie total	101 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	5 276 emp
Population (2008)	9 456 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	52 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	94 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	9 mètres



La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population moyennement élevée de 94 habitants/hectare mais une densité d'emploi relativement faible de 52 emplois/hectare. Les bâtiments présentent des hauteurs relativement faibles, avec une moyenne de 9 mètres.

Globalement, la zone est assez hétérogène, avec une majorité d'habitat (50%), d'équipements et d'urbain ouvert. Des proportions semblables sont observées entre l'habitat collectif (22%) et individuel (28%). De nombreux équipements sont présents dans la zone, notamment un campus universitaire, une maison de retraite ou encore le cimetière de Cachan.

On note également une proportion relativement importante du poste « urbain ouvert », constitué en grande partie de parcs et jardins.

Dans le but de renforcer la mixité fonctionnelle du tissu urbain autour de la gare, plusieurs projets sont localisés et programmés pour être mis en œuvre prochainement :

- ZAC Camille Desmoulins : D'une superficie de 147 425m², ce projet prévoit la construction de 1564 logements (estimations) et 30.125 m² de bureaux, activités, équipements et commerces ;

- ZAC Albert Petit RN20 : Principalement tourné vers le bureau (25.000 m²), ce projet inclue également la production de 144 nouveaux logements ;

- Un programme est également à l'étude autour du Pôle Gare, dans le but de permettre la création de 78.500 m² de surfaces destinées au logement, aux bureaux et aux commerces.

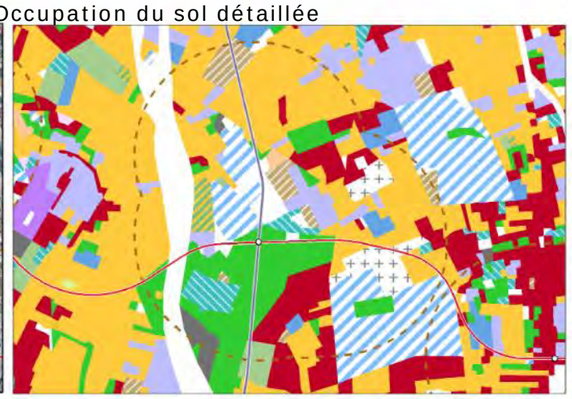
Enjeux locaux : le potentiel de densification du quartier se concentre principalement autour de quelques réserves foncières encore disponibles (moins de deux hectares) et autour de la reconversion progressive de l'habitat pavillonnaires.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare d'Arcueil-Cachan (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

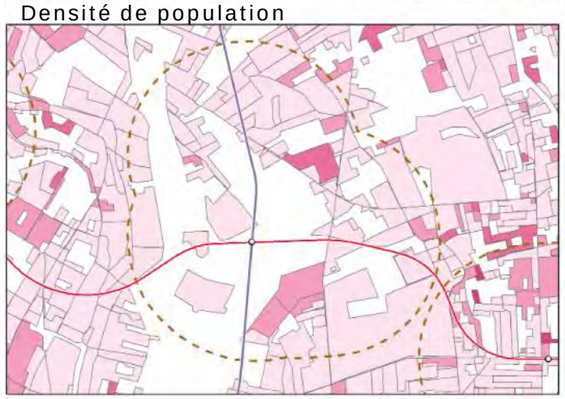


Occupation du sol détaillée

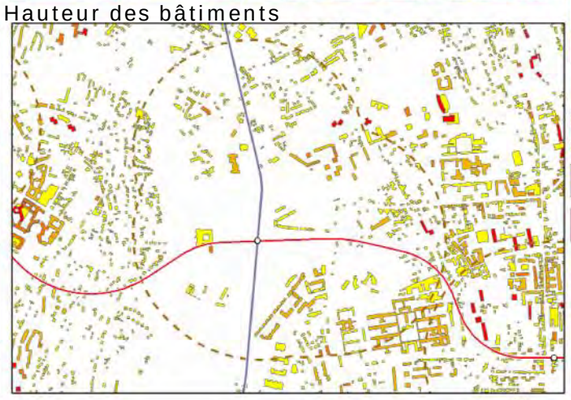


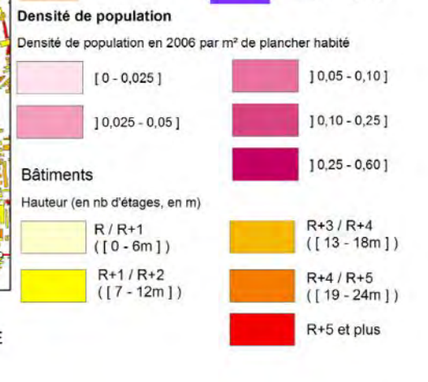


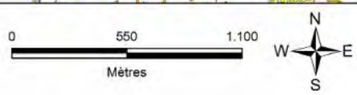
Densité de population



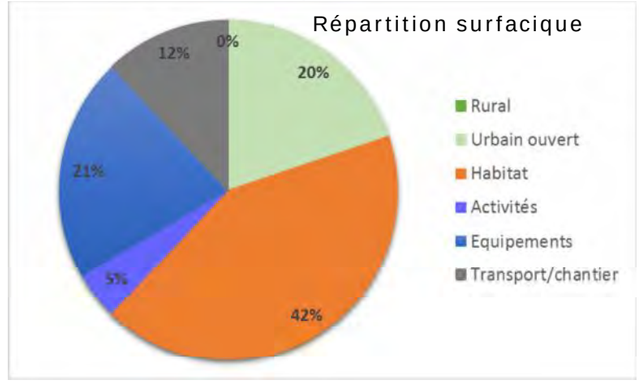
Hauteur des bâtiments







Département	94- Val de Marne
CDT	Campus Sciences et Santé
Superficie total	153 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Périurbain
Emploi (2008)	5 204 emp
Population (2008)	8 934 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	34 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	58 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	7 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Villejuif-IGR (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La zone de proximité autour de la gare présente des densités de population et d'emploi faible de 58 habitants/hectare et 34 emplois/hectare. Les bâtiments présentent des hauteurs généralement faibles, avec une moyenne de 7 mètres.

Le poste « habitat » représente 42% de la surface autour de la gare, la part d'habitat collectif (10%) est faible par rapport à la part d'habitat individuel (33%).

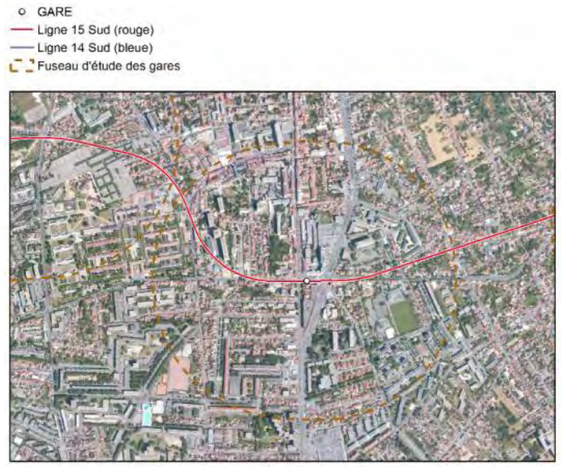
Les postes « équipements » (21%) et « urbain ouvert » (20%) représentent également une part importante de la surface de la zone d'influence, ce qui s'explique principalement par la présence du Centre Hospitalier Paul Guiraud, de l'Institut Gustave Roussy et du Parc Départemental des Hautes-Bruyères.

Enfin, le poste « transport » représente 10% de la surface, ce qui s'explique par la présence de l'A6.

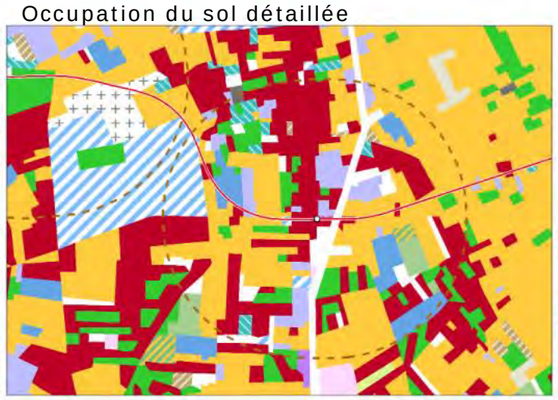
La ZAC du Campus Grand Parc représente l'unique projet du secteur dans un avenir prochain. Autour de l'espace Vert, c'est plus de 1700 logements qui sont prévus (pour une surface totale de 200.000 m²), ainsi que 350.000 à 450.000 m² de bureaux. Par ailleurs, dans le but de favoriser la mixité des fonctions, des surfaces d'activités et d'équipements sont également prévues (respectivement 30.000-60.000 m² et 20.000-40.000 m²).

Enjeux locaux : la zone comporte quelques réserves foncières encore disponibles (environ 5.5 ha) qui représentent des opportunités de densification. A plus long terme, la part importante de tissu pavillonnaire offre également un certain potentiel de densification.

Gare Villejuif L. Aragon

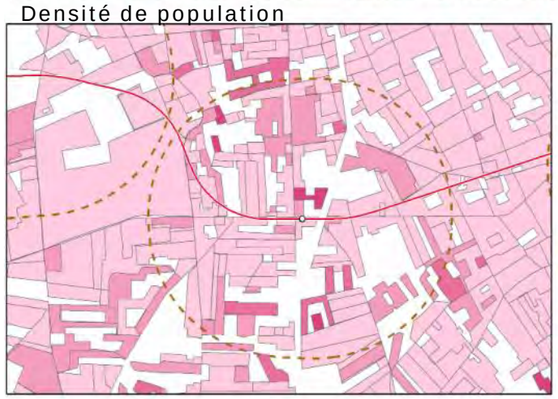


Occupation du sol détaillée



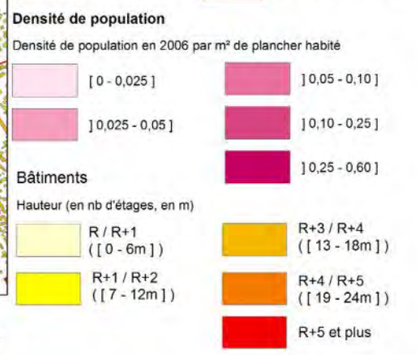


Densité de population

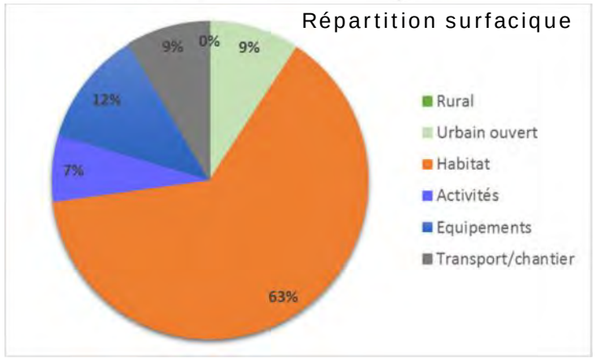


Hauteur des bâtiments









Département	94- Val de Marne
CDT	Campus Sciences et Santé
Superficie total	94 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	6 404 emp
Population (2008)	12 960 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	68 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	138 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	9 mètres

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Villejuif-Louis Aragon (Sources : IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La densité de population dans la zone de proximité autour de la gare est de 138 habitants/hectare, ce qui est relativement élevé par rapport aux autres gares. La densité d'emploi en comparaison est assez faible avec 68 emplois/hectare. Les bâtiments présentent des hauteurs relativement hétérogènes, avec une moyenne de 9 mètres.

La zone est largement occupée par le poste « habitat » (63%) dont 36% d'habitat individuel et 27% d'habitat collectif. La zone reste très hétérogène avec des proportions comparables des postes « urbain ouvert » (essentiellement des parcs et jardins éparpillés dans la zone), « transport/chantier », « équipements » et « activités ».

La zone aux alentours de la gare est concernée par différents projets d'aménagement :

- ZAC Aragon : dans le but d'assurer une mixité de fonction importante, l'opération consiste en la mise en place 350 à 420 logements (pour une surface de 26.000 à 30.000 m²) mais également de surfaces de bureaux importantes (de l'ordre de 56.000 à 60.000 m²), d'activités (4000 m², auxquels s'ajoutent 35.000 m² de surface d'hôtel), d'équipements et de commerces ;

- Projet de Renouvellement Urbain des Lozaits Nord et de Coteau 1-2 ;

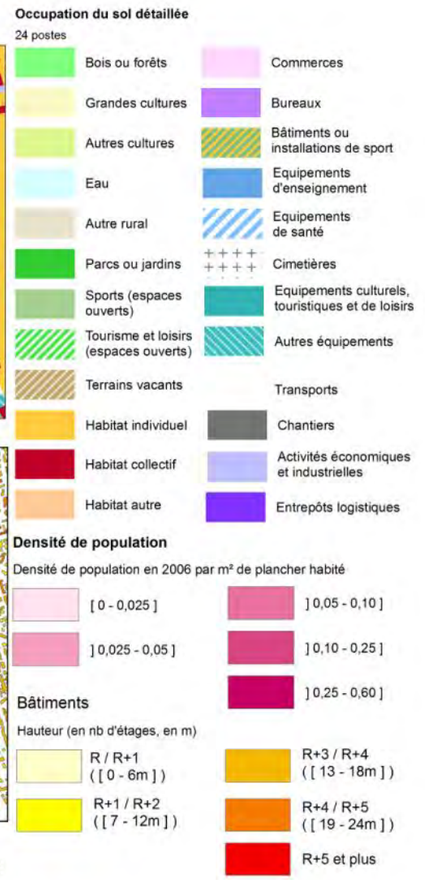
Enjeux locaux : le potentiel de densification dans la zone se concentre autour des tissus pavillonnaires pouvant être densifiés progressivement.

Gare Vitry Centre

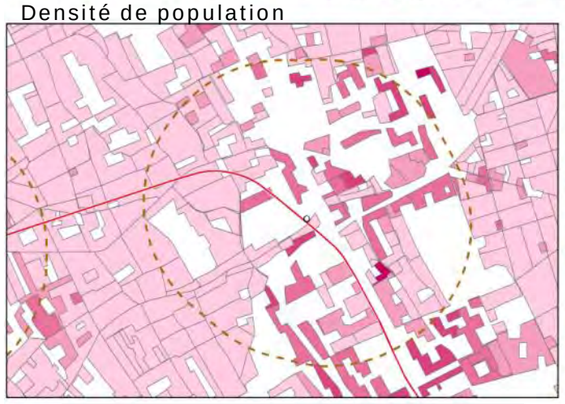


Occupation du sol détaillée





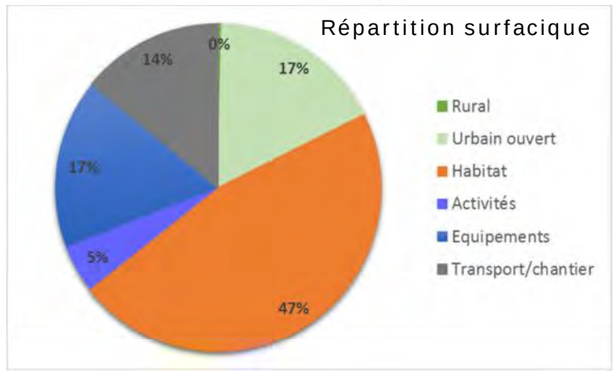
Densité de population



Hauteur des bâtiments



Département	94- Val de Marne
CDT	Grandes Ardoines
Superficie total	105 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	5 457 emp
Population (2008)	16 544 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	52 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	157 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	10 mètres



La zone de proximité autour de la gare est relativement dense avec une densité de population de 157 habitants/hectare mais présente une densité d'emploi assez faible avec 52 emplois/hectare. Les bâtiments présentent des hauteurs relativement hétérogènes, avec une moyenne de 10 mètres.

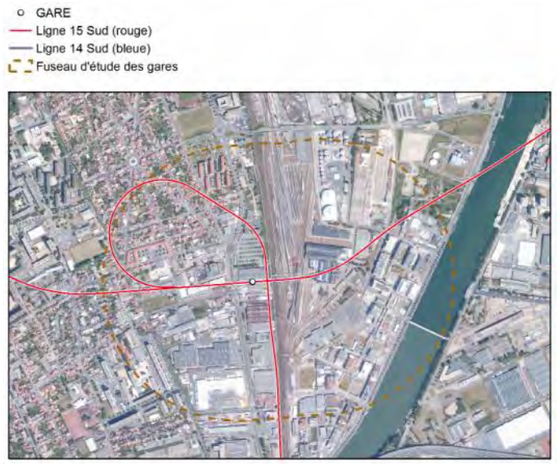
Le poste « habitat » représente 47% de la surface autour de la gare avec un part important d'habitat individuel (27%). La zone présente également une part important du poste « équipements » et « urbain ouvert » (constitué essentiellement de parcs et jardins).

La zone à proximité de la gare représente un secteur résidentiel particulièrement dense, laissant de fait peu de place à de nouveaux aménagements. Dans le but d'adresser l'âge du bâti (principalement construit entre 1949 et 1975), le Plan Local Habitat de la ville fixe, à l'horizon 2017, des objectifs de production de nouveaux logements (dont une part importante de logements sociaux) qui amène une dynamique de construction à l'échelle de l'ensemble du territoire communal.

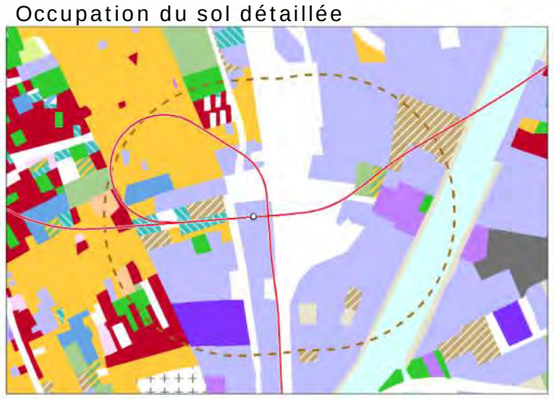
Enjeux locaux : les opportunités de densification se concentrent donc essentiellement sur la rénovation ou la reconstruction de bâtiments existants.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Vitry Centre (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

Gare Les Ardoines

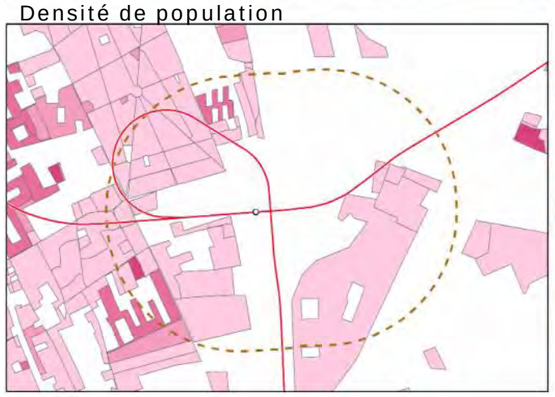


Occupation du sol détaillée

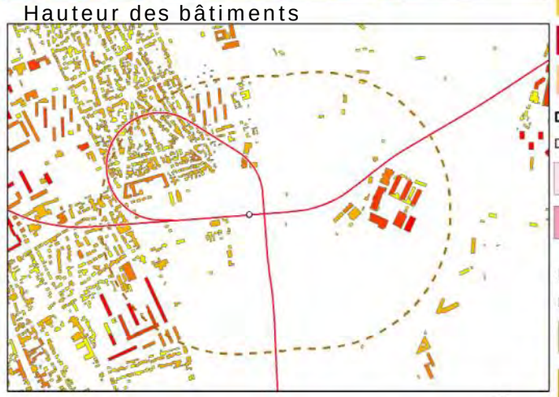


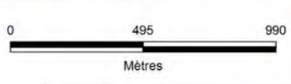


Densité de population

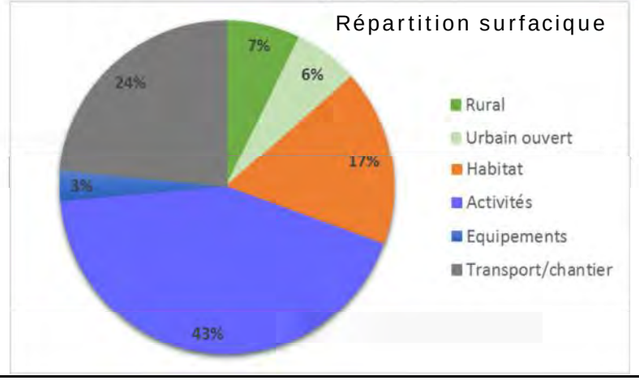


Hauteur des bâtiments





Département	94- Val de Marne
CDT	Grandes Ardoines
Superficie total	113 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Périurbain
Emploi (2008)	3 248 emp
Population (2008)	2 787 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	29 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	25 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	8 mètres



La zone de proximité autour de la gare présente des densités de population et d'emploi faible, avec une moyenne de 25 habitants/hectare et de 29 emplois/hectare. Les bâtiments dans la zone présentent généralement des hauteurs relativement faibles, avec une moyenne de 8 mètres.

La zone se caractérise par une forte présence du poste d'activités économiques et industrielles. Le poste « transports » est également relativement important suite à l'emprise de transport ferré.

Le poste « habitat » ne représente que 17% de la surface autour de la gare, avec une majorité de d'habitat individuel (13%).

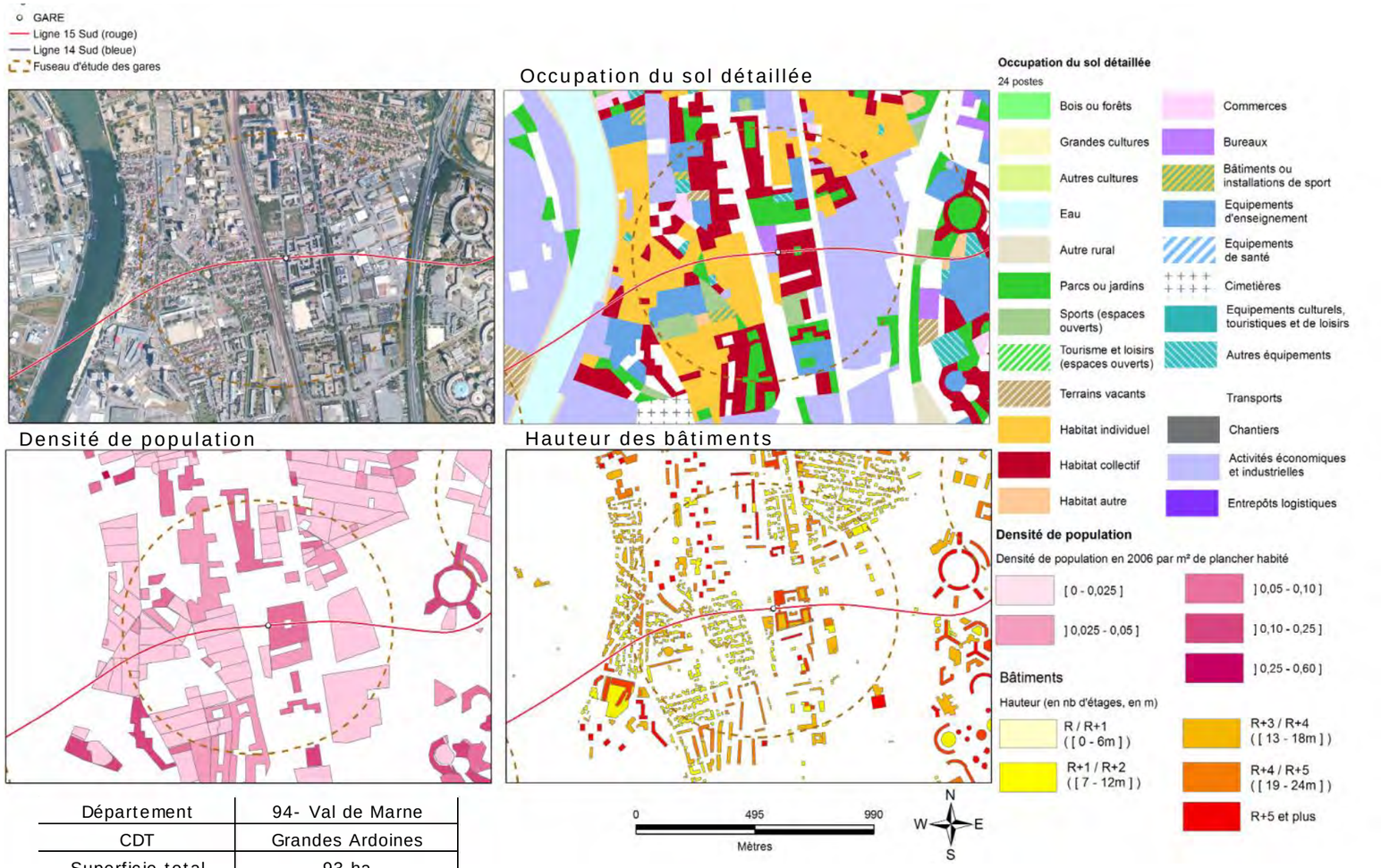
Concernant les projets dans la zone, la ZAC « Gare des Ardoines », prévoit la création d'un nouveau quartier mixte de plus de 650.000 m² répartis comme suit :

- 224.330 m² de surfaces de logements, soit une création de 3204 unités dont 40 % de logements sociaux ;
- 303.839 m² de surfaces de bureaux ;
- 80.9000 m² de surfaces de bâtiments d'activités, 33.976 m² de surfaces d'équipements ;
- 16.756 m² de surfaces commerciales.

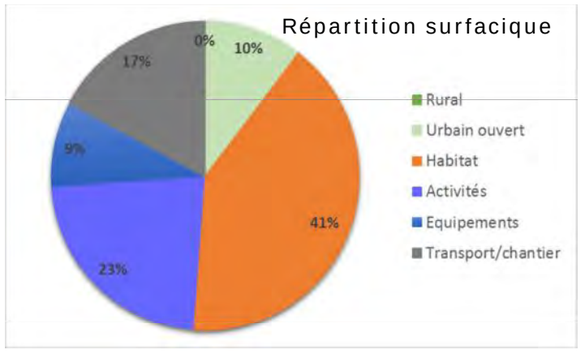
Enjeux locaux : le quartier est peu dense et les terrains vacants ou non mis en valeur offrent des réserves foncières importantes.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare Les Ardoines (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008

Gare Le Vert de Maisons



Département	94- Val de Marne
CDT	Grandes Ardoines
Superficie total	93 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	2 295 emp
Population (2008)	8 372 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	25 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	90 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	7 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare Le Vert de Maisons (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La densité de population dans la zone de proximité autour de la gare est moyennement élevée (90 habitants/hectare) alors que la densité d'emploi est très faible (25 emplois/hectare). Les bâtiments présentent des hauteurs relativement faibles, avec une moyenne de 7 mètres.

Globalement, la zone est assez hétérogène, avec une majorité d'habitat (41%), d'activités (23%) et de de transport (17%). Des proportions semblables sont observées entre l'habitat collectif (19%) et individuel (22%). Les activités dans la zone sont essentiellement d'ordre économique et industriel.

Les projets suivants sont prévus dans la zone :

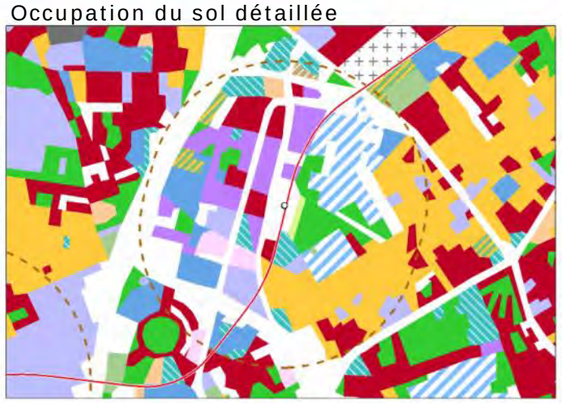
- ZAC Pernod-Ricard : concerne un programme mixte composé principalement de logements (573) mais également de bureaux, d'activités et de commerces ;
- Projet de Renouvellement Urbain Grand Ensemble : vise à requalifier les espaces publics ainsi qu'à réhabiliter les logements et le centre commercial ;
- Projet de Renouvellement Urbain Saint-Pierre – Toulon : requalification des espaces publics et densification du secteur au travers de la création d'environ 800 nouveaux logements ;
- Projet de Renouvellement Urbain Langevin.

Enjeux locaux : le potentiel de densification dans la zone réside donc essentiellement dans la rénovation et la reconstruction de bâtiments.

Gare Créteil l'Echât



Occupation du sol détaillée



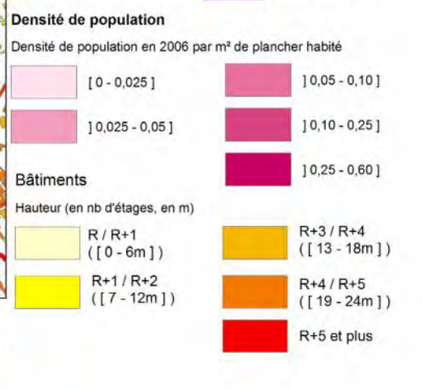


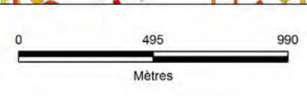
Densité de population



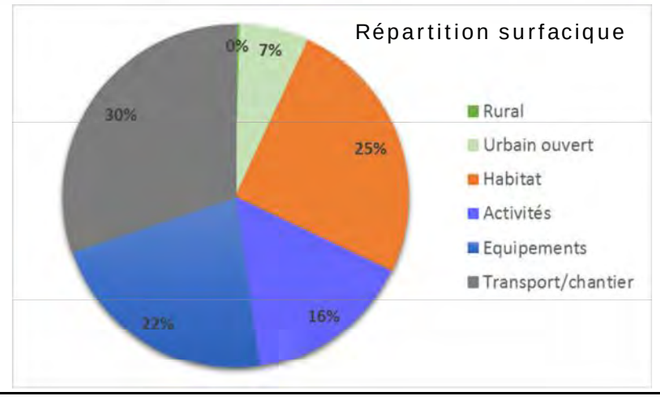
Hauteur des bâtiments







Département	94- Val de Marne
CDT	
Superficie total	94 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Périurbain
Emploi (2008)	16 434 emp
Population (2008)	5 889 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	175 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	63 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	10 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Créteil l'Echat (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population relativement faible de 63 habitants/hectare et une densité d'emploi forte de 175 emplois/hectare. Les gabarits de bâtiments sont relativement hétérogènes, avec une hauteur moyenne de 10 mètres.

La zone est caractérisée par une forte présence des postes « transport » (30%) et « équipements » (22%). Les équipements comprennent notamment des équipements d'enseignement et de santé. Les activités représentent également un poste important (16%) dont une majorité constitue des bureaux. Il n'y a que 25% d'habitat.

Les projets suivants sont prévus dans la zone :

- Le projet connexe SPG : création de logement (pour une moitié résidentielle et pour une autre estudiantine) mais également de surfaces de bureaux (6000 m²) ;

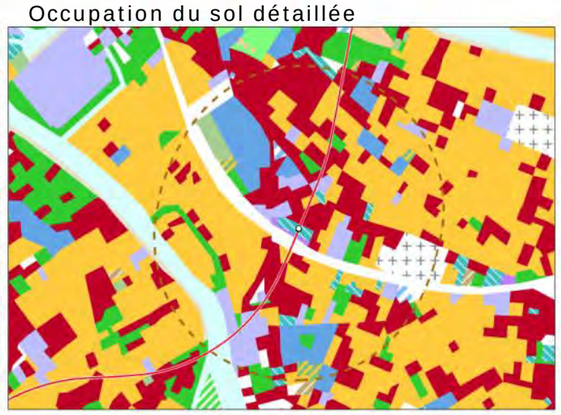
- La ZAC du Petit Pré-Sablières : création de surfaces de bureaux (pour 9000 m² de surface) et des logements résidentiels (370) et étudiants (150).

Enjeux locaux : le potentiel de densification est limité dans la zone, et se concrétisera au travers de la requalification de certaines zones, notamment le quartier d'habitat pavillonnaire à l'Est de la gare.

Gare Saint-Maur Créteil

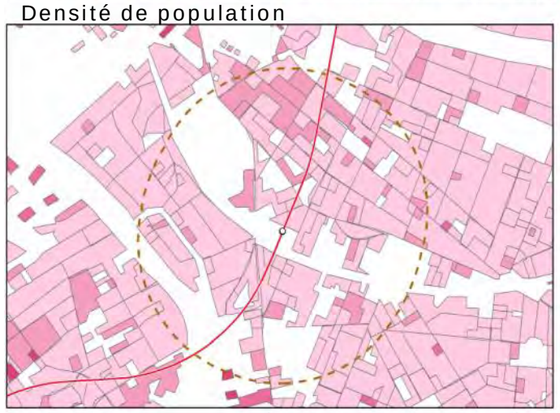


Occupation du sol détaillée





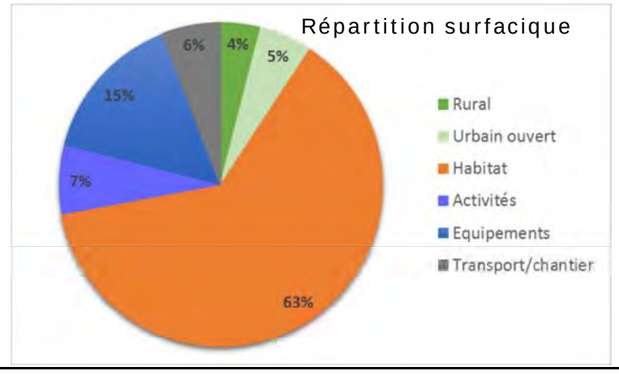
Densité de population



Hauteur des bâtiments



Département	94- Val de Marne
CDT	
Superficie total	94 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Périurbain
Emploi (2008)	3 896 emp
Population (2008)	7 990 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	41 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	85 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	8 mètres



La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population moyenne de 85 habitants/hectare et une densité d'emploi faible de 41 emplois/hectare. Les bâtiments dans la zone présentent des hauteurs relativement faibles (8 mètres en moyenne).

La zone présente une forte proportion d'habitations (35%), composé principalement d'habitats individuels. La présence de certains équipements est également recensée, dont de nombreux équipements d'enseignement.

Le tissu urbain actuel particulièrement dense limite les opportunités en termes de nouveaux projets d'envergure à proximité immédiate de la gare.

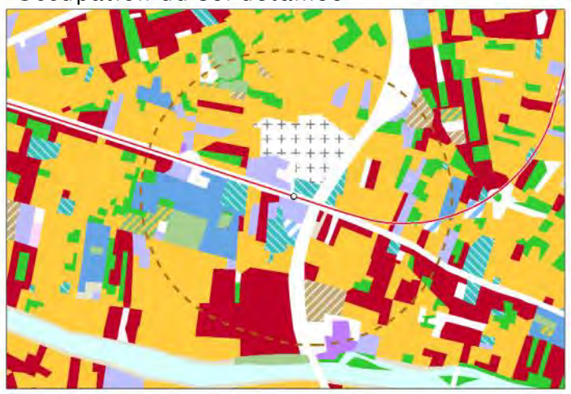
Enjeux locaux : le quartier fortement résidentiel contient une proportion importante d'habitations individuelles qui représente un potentiel de densification.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Saint-Maur Créteil (Sources : IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

Gare Champigny Centre

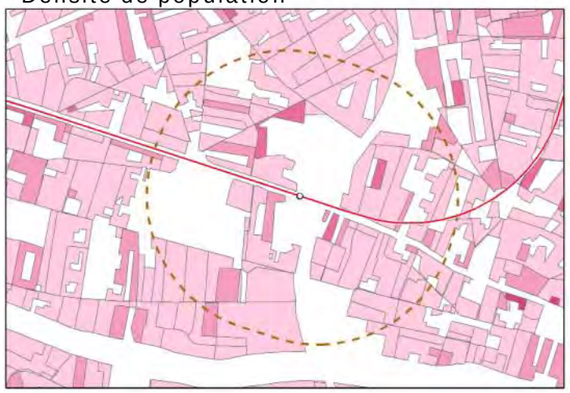


Occupation du sol détaillée



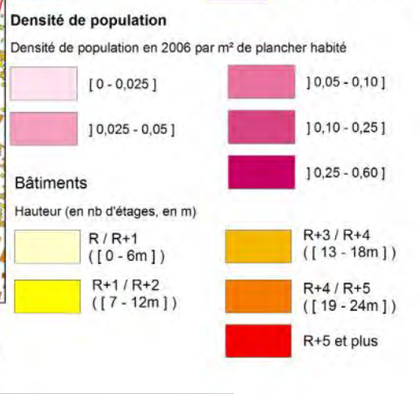


Densité de population



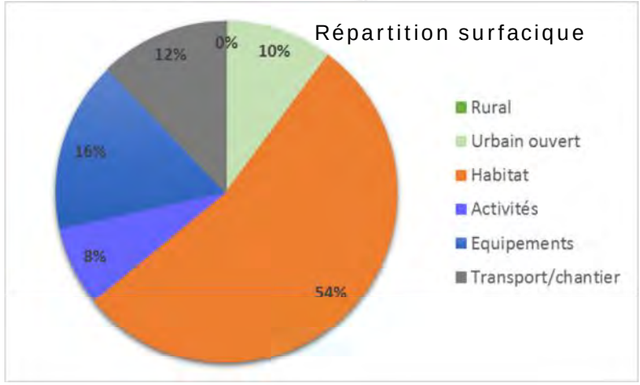
Hauteur des bâtiments







Département	94- Val de Marne
CDT	Boucle de la Marne
Superficie total	94 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Périurbain
Emploi (2008)	2 611 emp
Population (2008)	7 743 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	28 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	83 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	7 mètres



La zone de proximité de la gare présente une densité de population moyenne relativement faible de 83 habitants/hectare et une densité d'emploi faible de 28 emploi/hectare. Les bâtiments dans la zone présentent généralement des hauteurs faibles (7 mètres en moyenne).

La zone est assez hétérogène, avec une majorité d'habitat (56%), d'activités (16%) et de de transport (12%). Les équipements dans la zone sont essentiellement des équipements d'enseignement ainsi qu'un cimetière. L'habitat se compose principalement d'habitats individuels (38%).

Divers projets visent à requalifier ou à renouveler le tissu urbain existant à proximité de la gare :

- ZAC du Parc technologique dit des Bords de Marne : cette zone est concernée par un projet de création d'espace de loisirs et vise à développer un secteur d'équipements mixte (culturels et touristique) sur les bords du cours d'eau. En outre, 150 logements sont également prévus, sous la forme d'une résidence hôtelière, ainsi que 2.700 m² de bureaux ;

- Union Jaurès : cette opération prévoit la création de près de 320 logements et vise accessoirement la création de commerces pour une surface totale de 28.360 m² ;

- Secteur du Champ de l'Alouette : le site est visé par un projet d'équipements et de logements collectifs ;

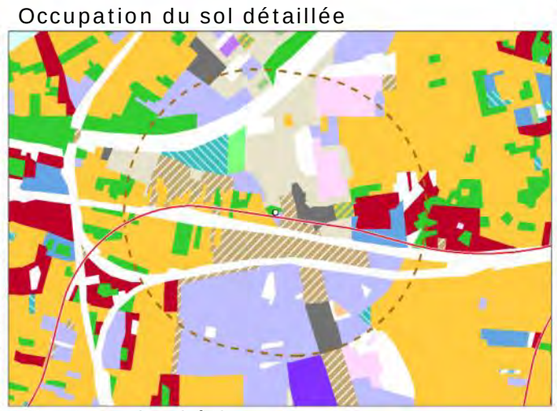
- Cité du Plant : cette zone est visée par des interventions en faveur d'un renouvellement urbain, au travers de la requalification des espaces verts, de l'adaptation de certains logements pour des personnes âgées ou handicapées, etc.

Enjeux locaux : le quartier est une zone mixte, avec une forte proportion d'habitats individuels. Les quelques terrains vacants à proximité de la gare (~2,5 ha) offre un potentiel intéressant pour les futurs développements. Les nombreux quartiers pavillonnaires offrent également un potentiel de densification intéressant à plus long terme.

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Champigny Centre (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

Gare Bry – Villiers – Champigny





Occupation du sol détaillée

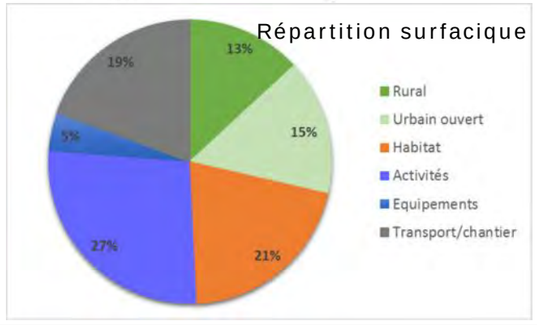


Densité de population

Hauteur des bâtiments



Département	94- Val de Marne
CDT	Boucle de la Marne
Superficie total	94 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Périurbain
Emploi (2008)	2 028 emp
Population (2008)	3 053 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	22 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	32 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	7 mètres



Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Bry-Villiers-Champigny (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La zone de proximité de la gare présente des densités de population et d'emplois très faibles de 32 habitants/hectare et 22 emplois/hectare. Les bâtiments dans la zone présentent des hauteurs faibles (7 mètres en moyenne).

La zone reste assez peu urbanisée avec de nombreux terrains vacants ou ruraux (15% du poste « rural ») et une forte présence du poste « activités » (27%), le sud de la zone étant tourné vers les activités économiques et industrielles. L'habitat ne représente que 21% et se compose essentiellement d'habitat individuel (17%). Le poste « urbain ouvert » représente 15% de la surface et est constitué essentiellement de parcs et jardins.

La zone à proximité de la gare fait l'objet de divers projets :

- ZAC des Simonettes Nord : un projet de pôle d'activités commerciales et d'équipements de 5 ha (35.000 m² de surface de vente commerces) est en cours. Il devrait permettre de créer près de 700 emplois ;

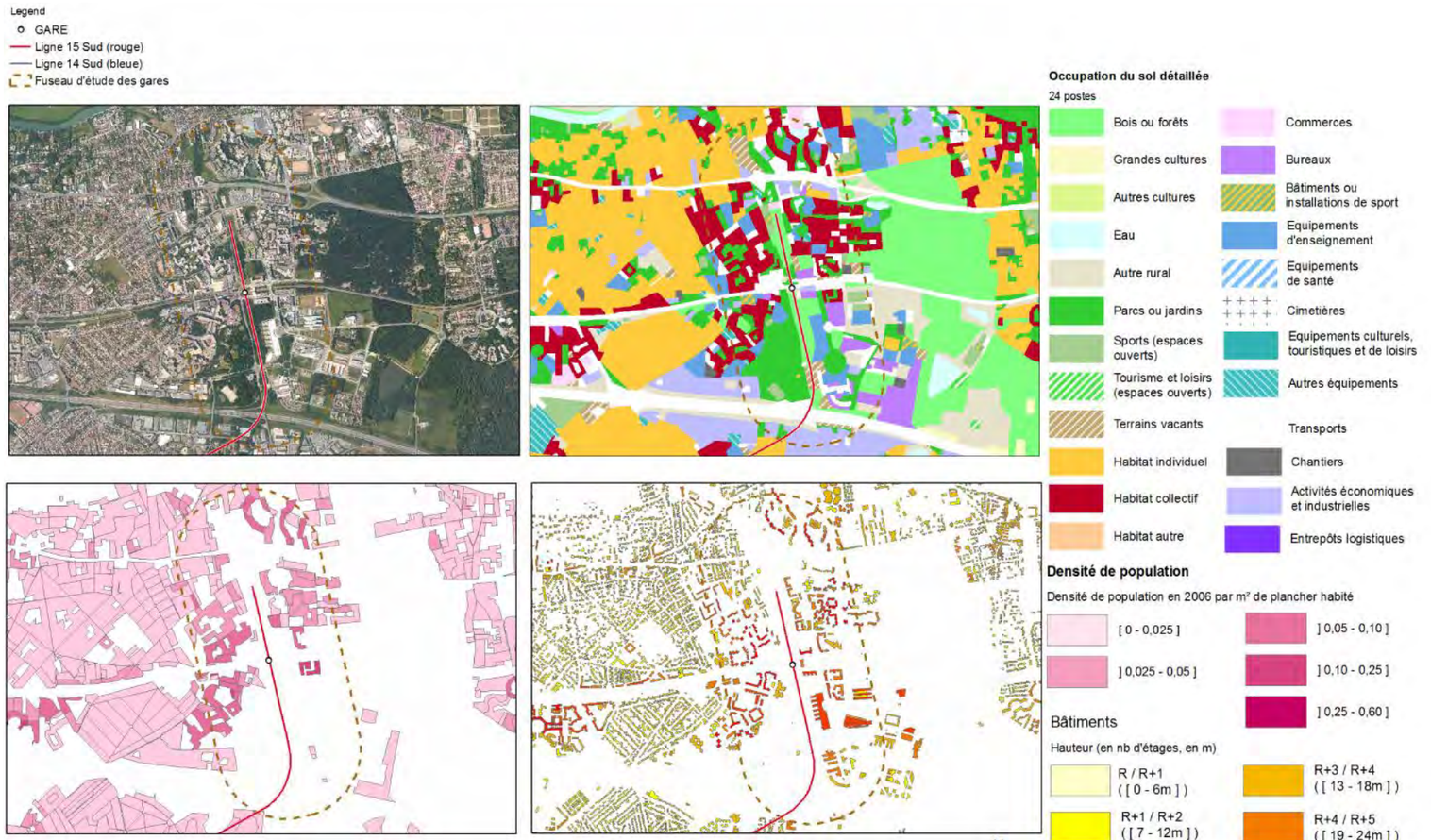
- ZAC du Marais de Gaulle : ce secteur est visé pour accueillir une importante zone d'activité de 130 000 m² de Surface Hors Œuvre Nette, créant de fait près de 2000 emplois;

- ZAC des Simonettes Sud : cette zone est visée par une opération résidentielle proposant 11 000 m² de logements individuels et collectifs (192 au total) ;

- ZAC Marne-Europe : il s'agit d'un projet de 15 hectares englobant le site d'implantation de la future gare et qui permettra de dynamiser les zones d'activités existantes riveraines et de renforcer l'attractivité des zones. Il prévoit la création de 1000 logements mais également des surfaces d'activités importantes (70.000m²) ainsi que des commerces et des équipements.

Enjeux locaux : la zone est peu urbanisée avec de nombreux terrains vacants ou ruraux et présente donc un fort potentiel de densification.

Gare Noisy-Champs



Département	94- Val de Marne
CDT	Boucle de la Marne
Superficie total	231 ha
Profil de morphologie urbaine principal	Urbain
Emploi (2008)	7 778 emp
Population (2008)	23 611 hab
Densité d'emploi moyen (2008)	34 emp/ha
Densité de population moyenne (2008)	102 hab/ha
Hauteur moyenne des bâtiments	12 mètres

Description de l'occupation du sol et de la population aux abords de la gare de Noisy-Champs (IAU-ÎdF : MOS 2008 et Densimos 2006, IGN : BD Topo et BD Ortho 2008)

La zone de proximité autour de la gare présente une densité de population moyenne de 102 habitants/hectare et une densité moyenne d'emploi faible de 34 emplois/hectare.

La zone à proximité de la gare est peu urbanisée, les postes « rural » et « urbain ouvert de 13% et 27% respectivement. Les espaces ruraux sont composés en majeure partie de bois ou de forêts (8.5%). L'urbain ouvert est largement composé de parcs et jardins. L'habitat ne représente que 24% de la surface, avec une majorité d'habitats collectifs (19%). Le transport représente 18% de la surface, et est en grande partie lié à l'emprise des voies routières et des parcs de stationnement.

Deux projets sont à noter dans la zone :

- La ZAC de la Haute Maison : prévoit la création de surfaces de bureaux (400.000 m²), d'équipements (315.000 m²), de logements (98.000 m²) ainsi que de commerces (15.000 m²).

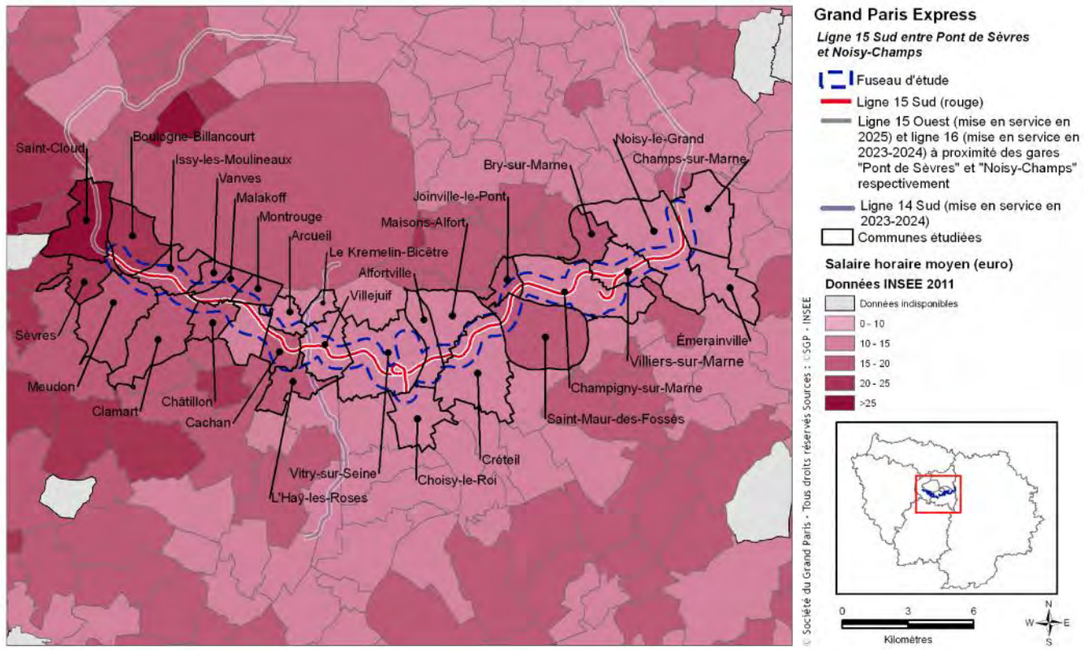
- Le Projet de renouvellement urbain de la cité Descartes

Enjeux locaux : la zone est peu urbanisée mais comprend de nombreux espaces verts, essentiellement des bois et forêts ainsi que des parcs et jardins. La zone comprend cependant aussi des terrains vacants à proximité de la gare qui offrent des opportunités intéressantes en termes de développements futurs.

2.17.4 Inégalités sociales et territoriales

2.17.4.1 Des revenus plus élevés à l'Ouest

La figure ci-dessous donne le salaire horaire net moyen par commune. Ce dernier est en moyenne de 16,2 € pour les communes étudiées contre 15,4 € pour l'ensemble de la région. Il est particulièrement élevé à Saint-Cloud par rapport aux autres communes (25,2 €). De manière générale, il est plus élevé dans les communes se situant à l'Ouest de la ligne (notamment Boulogne-Billancourt, Sèvre). Il est particulièrement faible à Vitry-sur-Seine et Bagneux.



Salaire horaire net moyen en euro par commune (source : INSEE, 2010)

2.17.5 Synthèse des enjeux en termes de population d'emploi et d'occupation du sol

En termes de population et emploi, l'analyse qui précède a montré que le fuseau d'étude traverse un territoire où globalement la population a augmenté ces dernières années mais où l'emploi a connu une évolution contrastée avec certaines communes connaissant une forte augmentation (par exemple, Issy-les-Moulineaux) et d'autres une diminution (par exemple, Bagneux).

De manière générale, la densité de population et le nombre d'emplois sont plus élevés pour les communes limitrophes à Paris intra-muros. Les niveaux de revenus et la part des cadres sont, quant à eux, globalement plus élevés à l'Ouest de la ligne étudiée. Le chômage est relativement élevé, particulièrement dans les communes situées au Sud-Est de Paris.

En termes d'occupation du sol, l'analyse a montré que, dans les communes étudiées, l'urbanisation nouvelle avait conduit à la consommation de 880 hectares d'espaces ruraux et ouverts entre 1982 et 2008 (soit 5% de la superficie totale du périmètre). A ce jour, il reste environ 4 800 hectares d'espaces ruraux et ouverts sur le territoire étudié.

Dans ce contexte, des objectifs ont été définis en matière de développement territorial en Ile-de-France. Le tableau ci-dessous rappelle les objectifs visés en termes de population, emploi et occupation du sol dans les territoires considérés.

Objectifs territoriaux dans les communes étudiées

Thème	Objectifs
Croissance démographique et crise du logement	Les objectifs de « Territorialisation de l'Offre de Logement » (TOL) départementaux[68] définis à l'heure actuelle (en cours de validation) ciblent 9 144 logements/an pour le Val-de-Marne, 8 701 pour la Seine et Marne, 11 600 pour les Hauts-de-Seine et 11 641 pour la Seine-Saint-Denis[69].
Densification des espaces urbanisés	Le SDRIF prévoit, d'une part, la limitation de la consommation d'espaces vierges et, d'autre part, la construction massive de logements. Ce double objectif implique un développement urbain via la densification des espaces déjà urbanisés. En particulier, il s'agit de localiser la population et l'emploi dans les territoires déjà constitués, notamment ceux bien desservis par les transports collectifs. A l'horizon 2030, le SDRIF vise une augmentation minimale de la densité humaine dans les « espaces urbanisés à optimiser » et dans « les quartiers à densifier à proximité des gares »de respectivement 10% et 15%.
Emplois	A l'image des objectifs à l'échelle globale, les objectifs à l'échelle locale restent la création d'emplois et la diminution du taux de chômage.
Déséquilibres habitat/emploi	L'objectif est de relier les territoires mal connectés aux zones d'emploi.
Inégalités sociales et territoriales	L'objectif est la réduction des inégalités sociales et territoriales à l'échelle locale.

[68] L'article 1 de la loi relative au Grand Paris a défini un objectif de production de 70 000 logements par an. La répartition de cet objectif ou Territorialisation de l'Offre de Logements (TOL) est définie par la DRIEA (Direction Régionale Interdépartementale de l'Equipement et de l'Aménagement d'Ile-de-France) en collaboration avec la DRIHL (Direction Régionale et Interdépartementale de l'Hébergement et du Logement d'Ile-de-France) (voir Article L302-13 du code de la construction et de l'habitation).

[69] Source : DRIHL, novembre 2011

Sur base de ces objectifs, les enjeux de population, d'emploi et d'occupation du sol dans les territoires considérés ont pu être identifiés. Ces enjeux ont été hiérarchisés sur base de l'écart des paramètres analysés à la moyenne ainsi que sur base du potentiel d'amélioration que pourrait induire une infrastructure de transport d'envergure.

Les enjeux locaux identifiés sont résumés dans le tableau ci-après.

Enjeux territoriaux identifiés en termes de population d'emploi et d'occupation du sol

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Croissance démographique et crise du logement : croissance démographique généralement modérée.
	Consommation des espaces et densification : potentiel de densification modéré.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : croissance importante de l'emploi dans la commune de Meudon entre 1999 et 2011.
Issy RER à Arcueil Cachan	Croissance démographique et crise du logement : plusieurs communes ont connu une croissance démographique importante entre 1990 et 2011 (Issy-les-Moulineaux Chatillon, Montrouge) pouvant générer un déficit de logements.
	Consommation des espaces et densification : les alentours de la gare de Fort d'Issy, et dans une moindre mesure des gares d'Arcueil-Cachan et de Villejuif IGR, comprennent des terrains vacants. La densification du bâti autour de ces gares offre une opportunité intéressante afin de limiter l'étalement urbain.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : les communes d'Issy-les-Moulineaux et Châtillon ont connu une croissance de l'emploi importante entre 1999 et 2011. La commune de Bagneux présente cependant un taux de chômage plus important.
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Croissance démographique et crise du logement : plusieurs communes ont connu une croissance démographique importante entre 1990 et 2011 (Le Kremlin-Bicêtre et dans une moindre mesure Cachan et Villejuif) pouvant générer un déficit de logements.
	Consommation des espaces et densification : Certaines communes de cette section ont connu des taux relativement importants d'urbanisation nouvelle entre 1982 et 2008. La densification du bâti autour des gares offre une opportunité intéressante de limiter l'étalement urbain.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : plusieurs communes de cette section (en particulier Arcueil, Villejuif et dans une moindre mesure Le Kremlin-Bicêtre) présentent des taux de chômage plus importants. Certaines communes (en particulier Arcueil) ont connu une croissance relativement importante de l'emploi entre 1999 et 2011.
Vitry Centre à Champigny Centre	Croissance démographique et crise du logement: croissance démographique généralement modérée.
	Consommation des espaces et densification : Certaines communes de cette section ont connu des taux relativement importants d'urbanisation nouvelle entre 1982 et 2008 (notamment Créteil). La densification du bâti autour des gares, en particulier la gare des Ardoines qui présente des réserves foncières encore disponibles offre une opportunité intéressante de limiter l'étalement urbain.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : Plusieurs communes de cette section (Vitry-sur-Seine, Alfortville et Choisy-le-Roi) présentent des taux de chômage importants et des salaires horaires moyens plus faibles par rapport aux communes avoisinantes et à la moyenne régionale.
Champigny Centre à Noisy-Champs	Croissance démographique et crise du logement: croissance démographique généralement modérée.
	Consommation des espaces et densification : de manière générale, les communes de cette section ont connu des taux importants d'urbanisation nouvelle entre 1982 et 2008, en particulier à Emerainville et Champs-sur-Marne. Dans une perspective de limiter l'étalement urbain, la densification du bâti autour des gares, en particulier celles de Bry Villiers Champigny (terrains vacants et réserves foncières disponibles) et Noisy-Champs (zone peu urbanisée) offre une opportunité intéressante.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : les communes de Champs-sur-Marne et Champigny-sur-Marne présentent des taux de chômage élevés par rapport aux communes avoisinantes.

2.18 Urbanisme réglementaire

Le présent document constitue un document postérieur à la Déclaration d'Utilité Publique (DUP). Ainsi, les éléments relatifs à la mise en compatibilité des documents d'urbanisme ont été traités en amont.

De fait, ce chapitre ne s'intéresse pas au contenu détaillé des documents d'urbanisme ni à leur compatibilité avec le projet entrepris par la Société du Grand Paris. Il a pour objectif de faire un état des lieux des principaux documents structurants en Ile-de-France et tout particulièrement dans le secteur de la Ligne 15 Sud. Ce chapitre met également en perspective les principaux projets de développement territoriaux et leurs enjeux associés.

2.18.1 Organisation territoriale

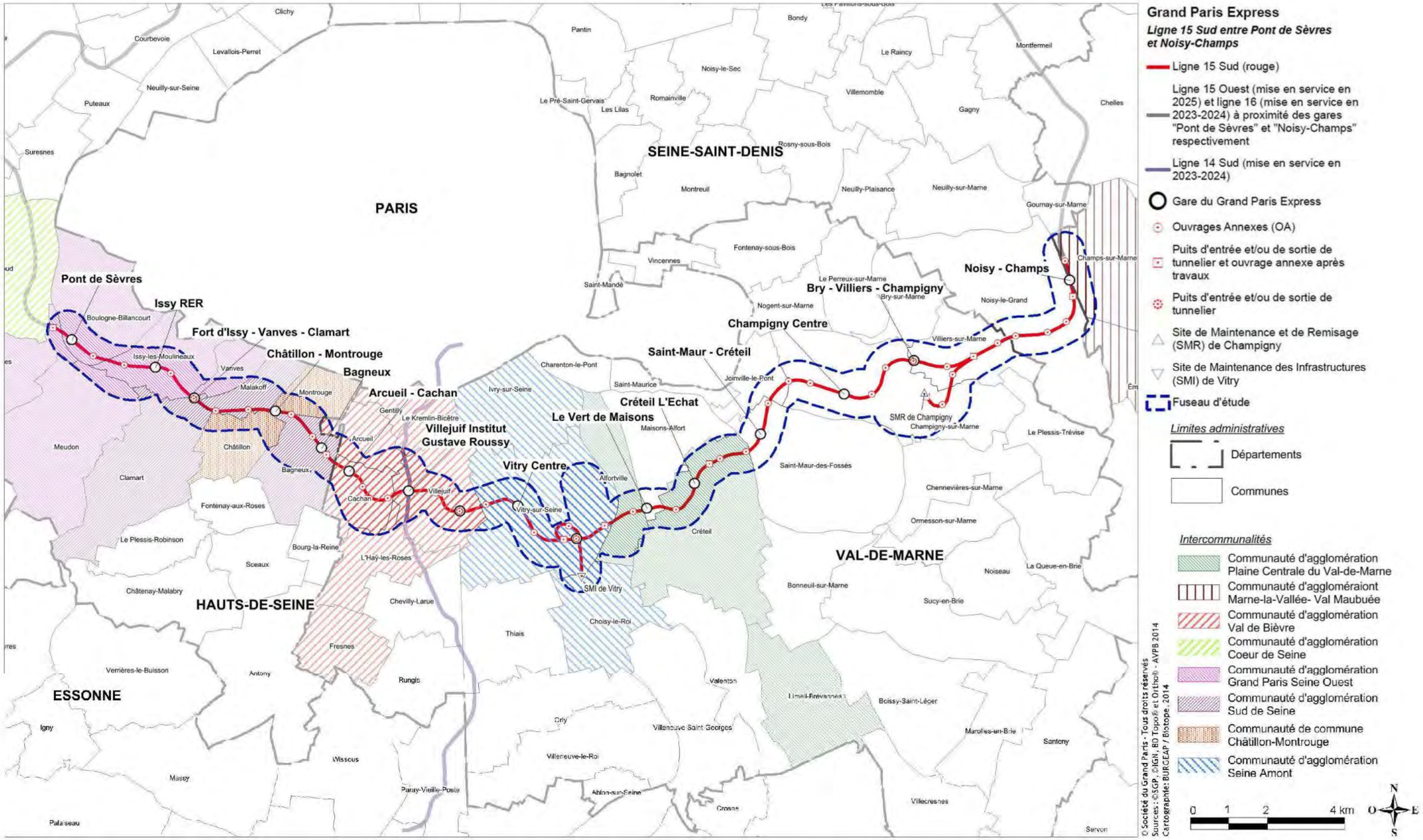
Le fuseau de la Ligne 15 Sud s'inscrit au sein de la région Ile-de-France et des départements des Hauts-de-Seine (92), du Val-de-Marne, de la Seine-Saint-Denis (93) et de la Seine-et-Marne (77). Il recoupe le territoire de 29 communes.

A la date d'élaboration de la présente étude d'impact, sept communes n'appartenaient pas à une intercommunalité. Vingt-deux communes appartenaient à une intercommunalité ; celles-ci sont identifiées ci-après :

- Dans le département des Hauts-de-Seine (92) :
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération Grand Paris Seine Ouest :
    - Boulogne Billancourt,
    - Meudon,
    - Sèvres,
    - Issy-les-Moulineaux,
    - Vanves,
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération Cœur de Seine :
    - Saint-Cloud,
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération Sud de Seine :
    - Clamart,
    - Malakoff,
    - Bagneux,
  - Appartenant à la Communauté de Communes de Châtillon-Montrouge :
    - Châtillon,
    - Montrouge,
- Dans le département du Val-de-Marne (94) :
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération Val de Bièvre:
    - Arcueil,
    - Cachan,
    - L'Hay-les-Roses,
    - Le Kremlin Bicêtre,
    - Villejuif,
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération Seine Amont:
    - Vitry-sur-Seine,
    - Choisy-le-Roi,
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération Plane Centrale de Val-de-Marne:
    - Alfortville,
    - Créteil .
  - N'appartenant à aucune intercommunalité:
    - Maisons-Alfort,
    - Saint-Maur-des-Fossés,
    - Joinville-le-Pont,
    - Champigny-sur-Marne,
    - Bry-sur-Marne,
    - Villiers-sur-Marne,
- Dans le département de la Seine-et-Marne (77):
  - Appartenant à la Communauté d'agglomération de Marne-la-Vallée Val Maubuée:
    - Champs-sur-Marne,
    - Emerainville,
- Dans le département de la Seine Saint Denis (93):
  - N'appartenant à aucune intercommunalité:
    - Noisy-le-Grand.

Sept communes n'appartiennent à aucune intercommunalité. 22 communes appartiennent à une intercommunalité. Huit intercommunalités sont représentées.

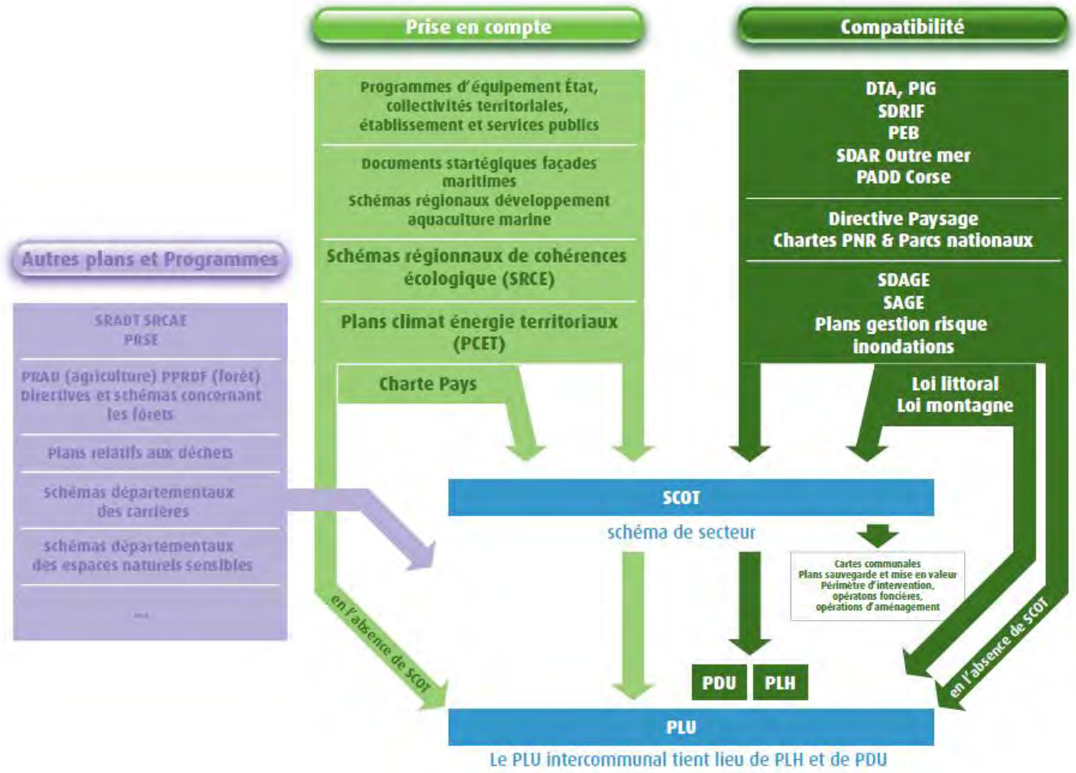
Communes, intercommunalités, départements le long du fuseau de la Ligne 15 Sud



2.18.2 Outils de structuration de l'espace

Le schéma suivant présente la structuration des documents d'urbanisme et de structuration de l'espace en Ile-de-France.

Hiérarchisation des documents d'urbanisme en Ile-de-France
(source : Commissariat général au développement durable – Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, décembre 2011)



DTA	Directive territoriale d'aménagement	PNR	Parc naturel régional
PADD	Plan d'aménagement et de développement durable	SAR	Schéma d'aménagement régional
PCET	Plan climat énergie territorial	SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion des eaux
PDU	Plan de déplacements urbains	SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
PEB	Plan d'exposition au bruit aérodrome	SDRIF	Schéma directeur de la région d'Île-de-France
PIG	Projet d'intérêt général	SRCE	Schéma régional de cohérence écologique
PLH	Plan local de l'habitat		

2.18.3 Opérations d'Intérêt National (OIN)

2.18.3.1 Régime législatif

Les OIN sont nées en 1983 des suites de la première « Loi de décentralisation ». Leur régime définit comme suivant l'article L.121-2 du Code de l'Urbanisme.

Leurs créations sont fixées par décret en Conseil d'Etat. Leurs spécificités résident dans la délivrance des autorisations d'occupation du sol. Ce ne sont plus les communes qui déterminent seules les règles d'occupation du sol et l'Etat intervient sur certains territoires jugés stratégiques en Ile-de-France.

La création d'une OIN n'entraîne aucune conséquence sur les compétences des communes/EPCI pour l'élaboration des documents d'urbanisme, mais ils doivent être mis en cohérence avec les orientations de l'OIN.



Localisation des OIN sur le territoire d'Ile-de-France (Sources : IAU-IDF)

Par ailleurs, l'intérêt national des opérations à entreprendre qui justifie l'établissement d'un droit dérogatoire se traduit par une présence forte de l'Etat dans l'aménagement.

C'est pourquoi, pour leur mise en œuvre, la quasi-totalité des OIN s'appuie généralement sur un Etablissement Public d'Aménagement (EPA), dont le périmètre d'intervention est au minimum celui de l'OIN.

Ainsi, l'EPA peut de plein droit prendre l'initiative des opérations (1er alinéa de l'article L.311-1 du Code de l'Urbanisme) :

- Il peut également en être l'aménageur ;
- Il peut en outre se voir délégué l'exercice du droit de préemption urbain ou être directement désigné comme titulaire du droit de préemption d'une zone d'aménagement différé (2ème alinéa de l'article L.212-2 du Code de l'Urbanisme).

Enfin, le périmètre d'une OIN a logiquement vocation à être délimité sur les secteurs stratégiques d'un territoire et/ou ceux sur lesquels la mutabilité des sols permet d'envisager prioritairement des opérations d'aménagement (exemple des « villes nouvelles »).

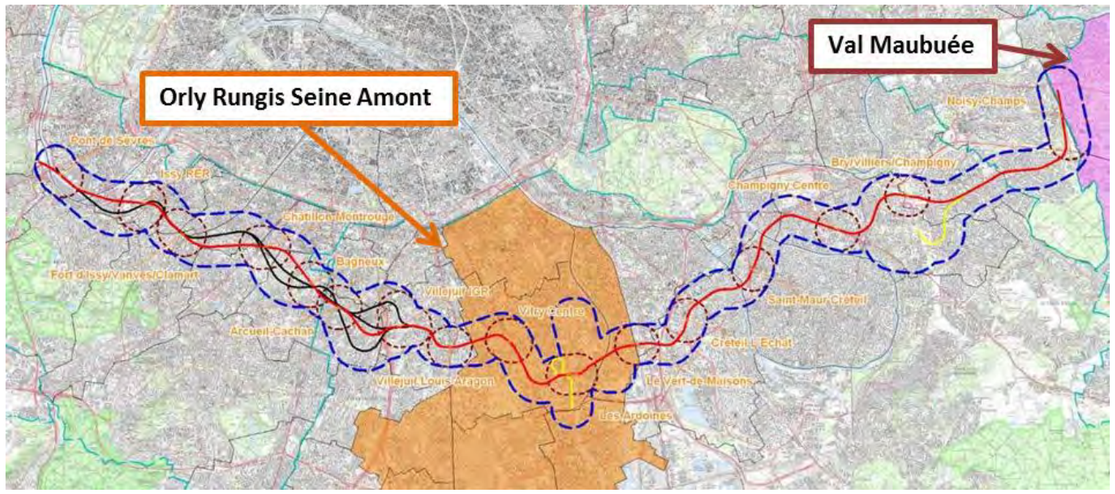
2.18.3.2 Application à la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud s'inscrit au sein des territoires relatifs à :

- L'EPA secteur Orly-Rungis Seine-Amont (ORSA), qui regroupe 5 OIN dont un est directement concerné par le tracé de la Ligne 15 Sud. Il s'agit de l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre à Vitry-sur-Seine et Choisy-le-Roi ;

- L'EPA secteur Marne-la-Vallée, qui regroupe 3 OIN dont un est directement concerné par le tracé de la Ligne 15 Sud: Il s'agit de L'OIN Val Maubuée ;

Les deux EPA concernés sont situés sur la carte ci-dessous :



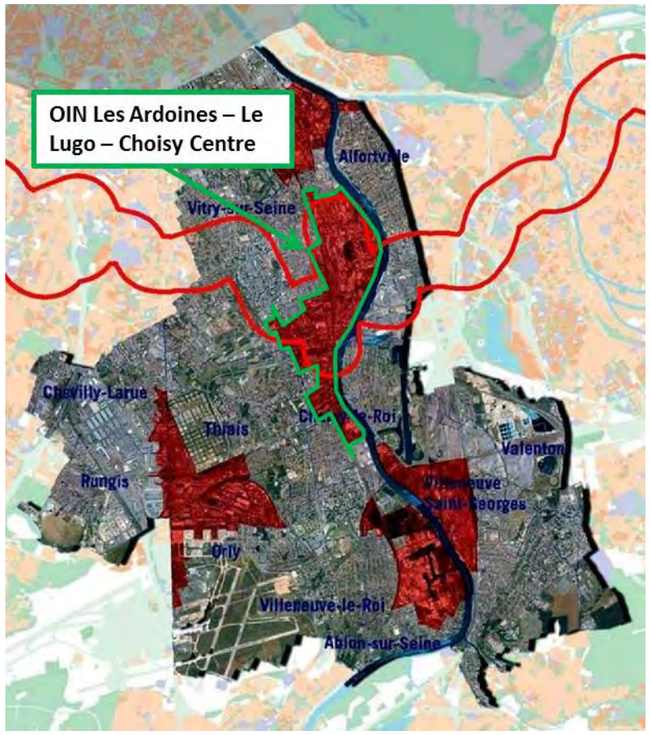
Périmètre des EPA au sein du périmètre large d'étude

La gestion de l'OIN « Seine Ardoines/Lugo/Choisy-Centre » est confiée à l'Etablissement Public d'Aménagement Orly-Rungis Seine Amont (EPA-ORSA).

Celle de l'OIN « Val Maubuée » est confiée à l'Etablissement Public d'Aménagement Marne (EPAMARNE) et l'Etablissement Public d'Aménagement France (EPAFRANCE).

Les principaux enjeux et objectif des deux OIN sont présentés ci-après :

- Secteur Seine Ardoines/ Lugo/ Choisy Centre



Périmètre de l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre au sein du territoire de l'EPA Orly-Rungis-Seine-Amont (Source : EPA ORSA)

L'EPA Orly-Rungis-Seine-Amont (ORSA) mise en œuvre en 2007, marque la volonté de l'Etat d'agir en partenaire des acteurs locaux pour accélérer les dynamiques du développement intercommunal.

Douze communes définissent le périmètre du territoire de l'EPA ORSA au sein duquel 5 périmètres opérationnels stratégiques ont été définis (appelés périmètres OIN) et sont centrés sur des portions complexes du territoire. Couvrant 13km² de superficie, ces 5 secteurs clés de la régénération urbaine sont :

- Avenir-Gambetta à Ivry-sur-Seine et les Bords de Marne à Alfortville ;
- Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre à Vitry-sur-Seine et Choisy-le-Roi ;
- SENIA – Pont de Rungis – RN7 à Orly, Thiais, Rungis et Chevilly-Larue ;
- La Carelle et le secteur des Vœux à Orly et Villeneuve-le-Roi ;
- Le secteur du Triage à Villeneuve-Saint-Georges.

Les enjeux et objectifs poursuivis par l'EPA-ORSA au niveau de son territoire consistent à :

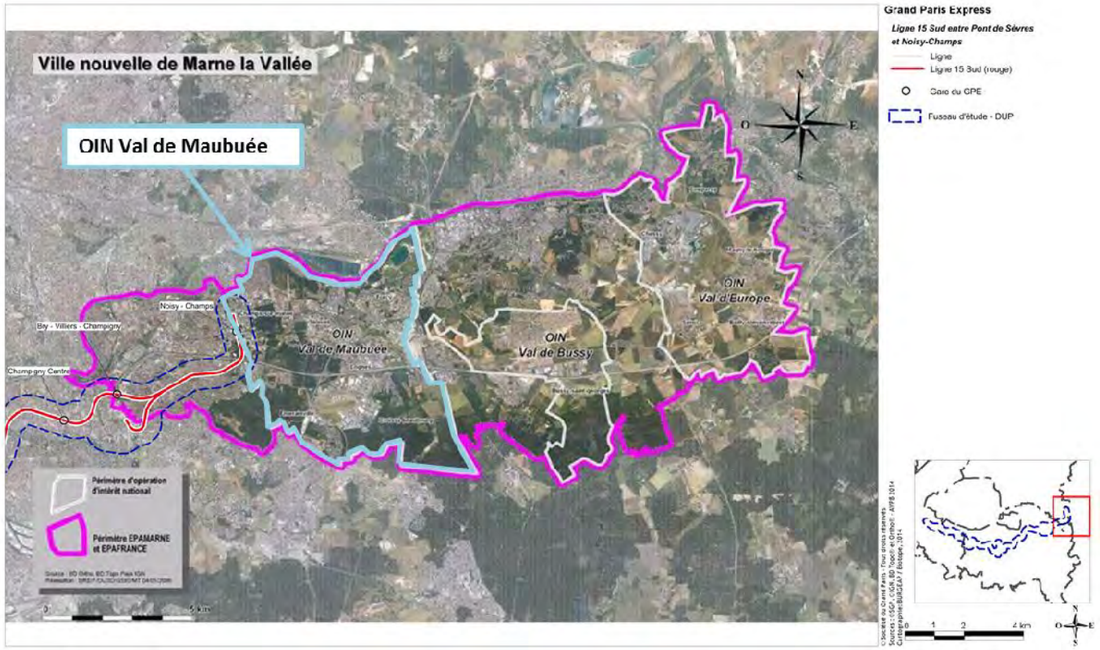
- Conforter le positionnement et le rôle du territoire dans la structuration de l'agglomération centrale. De par sa position, Orly–Rungis–Seine-Amont peut jouer un rôle de jonction entre Paris et la seconde couronne mais aussi entre les grandes polarités du Sud de l'agglomération centrale.
- Identifier et rendre visible le territoire, au croisement de différentes dynamiques économiques fortes au niveau régional (domaines des biotechnologies, de l'agroalimentaire, de la mécatronique,..) en apportant notamment une contribution décisive aux pôles de compétitivité, et en soutenant la dynamique de ses pôles tertiaires. Territoire d'accueil d'activités et de services métropolitains, il constitue un appui essentiel au développement des éco-industries en devenir. Ce territoire a vocation à devenir et à être reconnu comme un territoire d'économie productive industrielle moderne, dynamique, et attractif.
- Développer une offre foncière et immobilière adaptée à chacune de ces orientations, et qui favorise le maintien et le développement du tissu de PME/PMI, déjà implantées sur le territoire.
- Élargir et renforcer l'offre de logements pour favoriser la mobilité résidentielle au sein du territoire, accueillir les salariés des entreprises actuelles et futures, et mettre en œuvre la « ville des courtes distances ».
- Réaliser une armature urbaine des espaces publics, structurant la ville, qui contribue à une meilleure lisibilité du territoire ; dégager des espaces publics confortables, capables d'accueillir des transports en commun performants et un usage démultiplié des modes de déplacement doux, à la mesure du développement attendu.

Parmi ces cinq secteurs, l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre est le seul à être concerné par l'arrivée de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

Au sein de cet OIN, le projet Les Ardoines intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud. Celui-ci représente la construction de 2,9 millions de m² de Surface Hors Œuvre Nette (SHON) dont près de deux tiers de bureaux et activités. Ainsi, le projet Les Ardoines s'appuie sur une forte dynamique économique confortée par la création d'un pôle de biotechnologie et l'offre importante de locaux tertiaires et d'activités.

Par ailleurs, le développement résidentiel accompagnera le développement économique, afin d'accueillir de nouveaux salariés mais également répondre aux besoins locaux actuels.

- Secteur Val Maubuée



Périmètres de l'OIN Val de Maubuée au sein du territoire de l'EPA Marne-la-Vallée (Source : EPAMARNE)

L'EPAMARNE et l'EPAFRANCE œuvrent respectivement depuis 1972 et 1987 pour une mission commune d'aménagement et de planification du secteur de Marne-la-Vallée.

Les territoires couverts par les deux EPA comprennent vingt-sept communes du territoire de Marne-la-Vallée. Elles sont réparties sur quatre secteurs d'opération:

- Porte de Paris, à Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Noisy-le-Grand ;
- Val Maubuée, à Champs-sur-Marne, Croissy-Beaubourg, Emerainville, Lognes, Noisiel et Torcy ;
- Val de Bussy à Bussy-Saint-Georges, Bussy-Saint-Martin, Chanteloup-en-Brie, Collégien, Conches-sur-Gondoire, Ferrières-en-Brie, Gouvernes, Guermantes, Jossigny, Lagny-sur-Marne, Montévrain et Saint-Thibault-des-Vignes ;
- Val d'Europe à Bailly-Romainvilliers, Chessy, Coupvray, Magny-le-Hongre, Serris et Villeneuve-le-Comte.

De manière générale, les objectifs poursuivis par l'EPAMARNE et l'EPAFRANCE se basent sur trois axes principaux : la transition énergétique, l'économie d'espace et la mobilité alternative, au service d'un territoire aux multiples intérêts :

- La vocation urbaine : Le développement du Val d'Europe dans le cadre du Projet d'Intérêt National (PIG) prévoit une densification résidentielle qui s'accompagne, notamment, d'équipements et de transports en commun. Il en va de même pour l'aménagement du cœur du cluster Descartes qui ouvre de nouvelles opportunités de développement urbain. Enfin, les projets de restructuration urbaine en cours au Val Maubuée attestent de la capacité du territoire à régénérer ses quartiers anciens pour mieux répondre aux besoins de ses habitants, d'aujourd'hui comme de demain.
- La vocation écologique : Des démarches nouvelles ont été adoptées pour le développement de l'agriculture urbaine et la prise en compte de la biodiversité sur le territoire. Les nouvelles opérations d'aménagement intègrent systématiquement les exigences du développement durable, les nouveaux bâtiments présentent des caractéristiques énergétiques et environnementales à la pointe des savoir-faire, et de nouveaux écoquartiers, outre ceux de Montévrain et de Bussy Saint-Georges, émergeront dans les prochaines années.
- La vocation de recherche : Premier pôle de recherche et d'enseignement supérieur dédié à la ville durable, la Cité Descartes accueille l'Université de Marne-la-Vallée, une quinzaine de grandes écoles, plus de 50 laboratoires de recherche, un incubateur d'entreprises innovantes, une pépinière d'entreprises et un parc d'activités de près de 230 sociétés. L'année 2012 a constitué un tournant dans le renforcement de ce pôle d'excellence avec la livraison des bâtiments Bienvenüe et Coriolis qui regroupent près de 2 000 étudiants et chercheurs, l'arrivée de l'Institut technologique de la filière bois et le lancement de l'Institut français sur l'efficacité énergétique des villes, Efficacity.
- La vocation touristique : Le projet de cluster Tourisme – dixième cluster métropolitain – ouvre la perspective de créer une filière d'excellence d'enseignement supérieur dans les métiers du tourisme. Inscrit dans ce cluster, le projet Villages Nature est entré dans sa phase opérationnelle avec les signatures de la promesse de vente et du programme détaillé du projet entre l'EPA et la société Villages Nature. Les travaux débuteront au second semestre 2013.

Source : EPAMARNE : http://projets.epa-marnelavallee.fr/ (visité en décembre 2014)

Le secteur du Val Maubuée est le seul à être en interaction avec la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

Son aménagement déjà avancé se poursuit dans des logiques cohérentes avec celles des secteurs limitrophes de Marne-la-Vallée, et en continuité avec les franges sud et nord sur la base du renforcement de la trame verte générale.

Le renforcement des pôles majeurs structurants, en particulier sur l'axe de l'infrastructure RER (Cité Descartes, Le Luzard, Centre urbain de Torcy) constitue une priorité aujourd'hui. En particulier, la Cité scientifique Descartes doit poursuivre son développement (et notamment celui du seul pôle universitaire d'importance à l'est de la région) et permettre d'attirer des entreprises de haute technicité sur la ville nouvelle.

La requalification et le développement des sites d'accueil d'activités existants, pour maintenir les entreprises installées et en attirer de nouvelles, et la mise en œuvre d'opérations nouvelles en termes d'habitat, concernant prioritairement les zones restant à urbaniser au cœur ou à proximité des centres existants, avec une attention particulière portée aux continuités urbaines, demeurent également des objectifs à poursuivre.

Parmi les communes de l'OIN Val Maubuée, seule celle de Champs-sur-Marne est concernée par l'arrivée de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

2.18.4 Contrats de Développement Territorial (CDT)

2.18.4.1 Régime législatif

La loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris précise dans son article 1er que le Métro Grand Paris « s'articule autour de contrats de développement territorial définis et réalisés conjointement par l'Etat, les communes et leurs groupements. Ces contrats participent à l'objectif de construire chaque année 70 000 logements géographiquement et socialement adaptés en Ile-de-France et contribuent à la maîtrise de l'étalement urbain ».

Depuis la fin de l'année 2010, plusieurs comités de pilotage se sont tenus pour engager les discussions sur le contenu de ces contrats de développement territorial. Les négociations à venir se feront entre l'Etat, représenté par le préfet de la région Ile-de-France, et les collectivités concernées, en association avec les partenaires économiques et scientifiques.

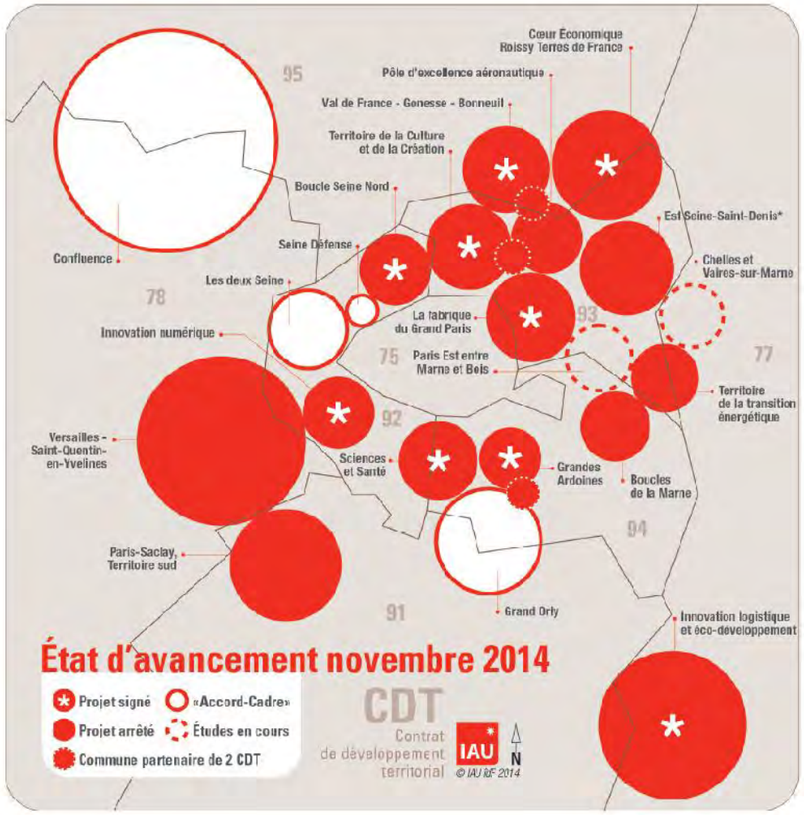
Les travaux se poursuivent avec une modification du calendrier. En effet, la loi relative au Grand Paris, modifiée par la loi du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles (art. 21) repousse au 31 décembre 2014 la date butoir pour lancer les enquêtes publiques.

Pour l'instant, vingt-deux CDT sont en cours de réflexion ou d'élaboration, tous les périmètres n'étant pas encore définis :

- 21 d'entre eux sont actifs, un périmètre n'ayant pas encore été défini,
- 15 CDT ont été arrêtés parmi lesquels 9 ont été signés après enquête publique,
- 15 territoires ont signé des accords-cadres (documents fixant les grandes orientations des futurs contrats).

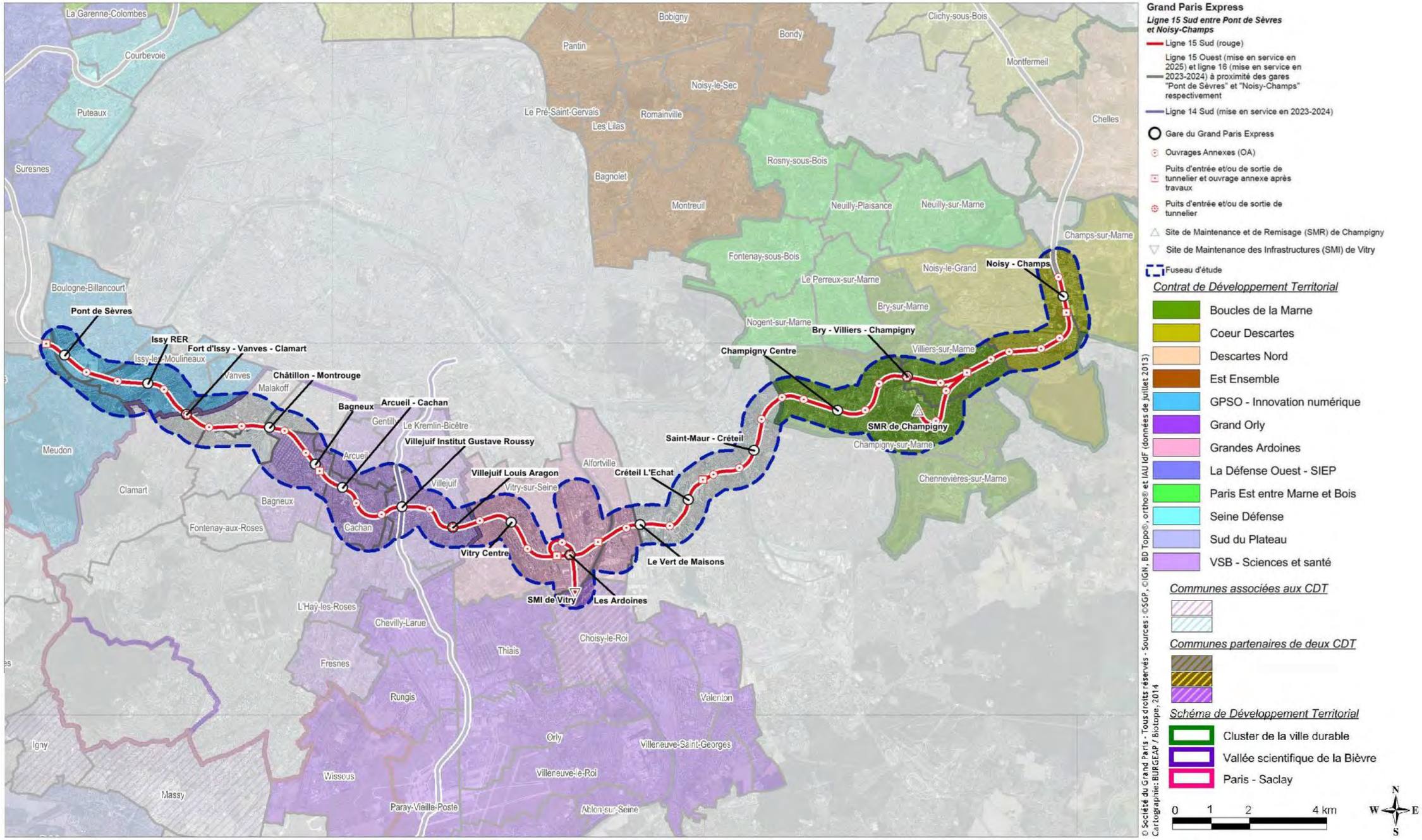
Sur l'année 2015, les évènements suivants sont prévus :

- CDT Versailles – Sain-Quentin-en-Yvelines : l'enquête publique a lieu du 29 janvier au 27 février 2015 et l'approbation est prévue au second semestre.
- CDT Territoire Transition énergétique (Grand Paris Est – Noisy-Champs) : l'enquête publique a lieu du 5 janvier au 6 février 2015 et l'approbation est prévue au second semestre.
- CDT Paris Saclay Territoire Sud : l'enquête publique au eu lieu du 17 novembre 2014 au 15 janvier 2015. L'approbation est prévue au second semestre.
- CDT Est Seine Saint Denis : le CGEDD a rendu un avis sur l'évaluation environnementale en date du 17 décembre 2014.



Etat d'avancement des contrats de développement territorial (CDT) (Préfecture Ile-de-France, novembre 2014)

Localisation des CDT traversés par le fuseau de la Ligne 15 Sud



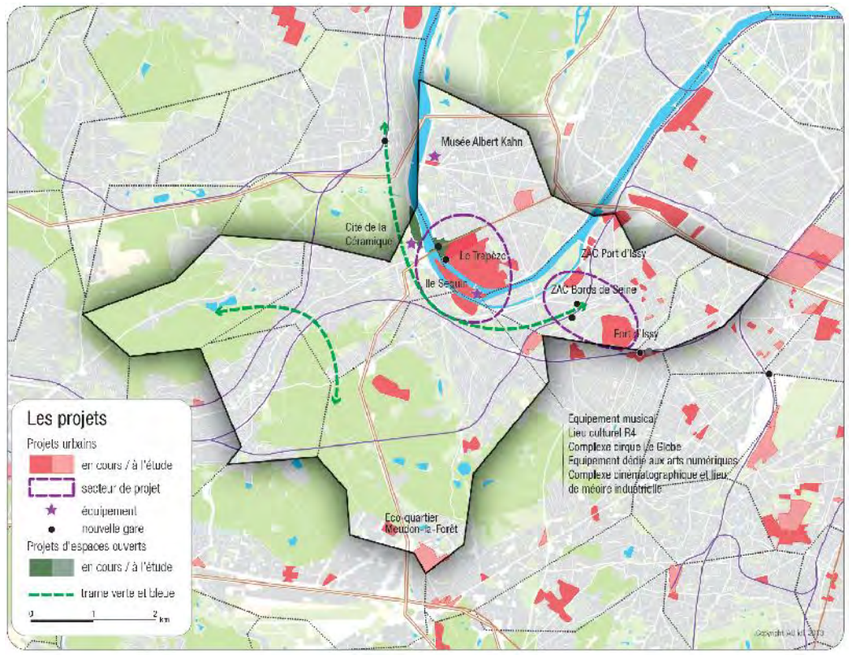
2.18.4.2 Application à la Ligne 15 Sud

Les CDT dont les territoires sont traversés par le tronçon étudié sont les suivants.

Etat d'avancement des contrats et schémas de développement territorial (CDT) (Préfecture Ile-de-France, juillet 2014)

CDT	Signature de l'accord-cadre	Arrêt du CDT	Enquête publique	Signature du CDT
CDT Grand Paris Seine Ouest (GPSO) – Innovation Numérique	21 mars 2012	13 novembre 2012	5 juin – 5 juillet 2013	13 novembre 2013
CDT Vallée scientifique de la bièvre - Campus Sciences et Santé	9 février 2012	30 novembre 2012	27 mai-29 juin 2013	28 octobre 2013
CDT Grandes Ardoines	31 janvier 2012	22 mai 2013	15 septembre – 15 octobre 2013	20 décembre 2013
CDT Boucles de la Marne	21 mars 2012	17 décembre 2013	29 septembre 2014 – 30 octobre 2014	Prévu début 2015
CDT Territoire de la transition énergétique (Cœur Descartes)	--	9 septembre 2013	5 janvier 2015 – 6 février 2015	Prévue mi 2015-

a. Le CDT Grand Paris Seine Ouest (GPSO) – Innovation Numérique



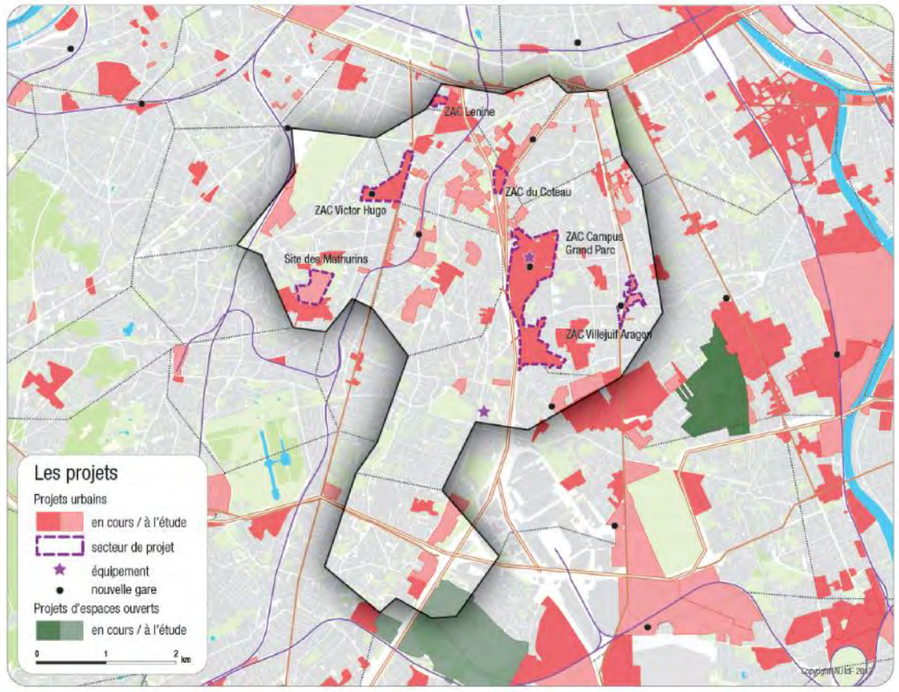
CDT GPSO – Innovation Numérique – Projets d'aménagement, janvier 2014 (source : IAU-IDF)

Les communes du CDT GPSO – Innovation numérique traversées par le fuseau la Ligne 15 Sud sont 1Boulogne Billancourt, Sèvres, Meudon, Issy-les-Moulineaux et Vanves. Les zones d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER sont concernées par ce CDT.

A travers le CDT, les communes du groupement GPSO souhaitent se positionner comme un pôle urbain et économique métropolitain, dans la perspective d'une métropole multipolaire. Globalement, le CDT s'appuie sur le projet d'agglomération (approuvé le 31 mars 2011), et le développe. Ainsi, il s'organise ainsi autour de 3 grandes thématiques :

- La ville numérique via l'optimisation de la gestion des ressources et notamment de l'énergie. Le territoire privilégie ainsi une approche expérimentale in situ et auprès des habitants.
- La ville durable via le renforcement de la desserte en infrastructures de transports et des actions de préservation et de valorisation de l'environnement participant à la création d'un réseau écologique communautaire.
- La ville créative via de nombreux projets artistiques (à l'exemple du projet culturel de l'Ile Seguin).
-

b. Le CDT Vallée Scientifique de la Bièvre - Sciences et Santé



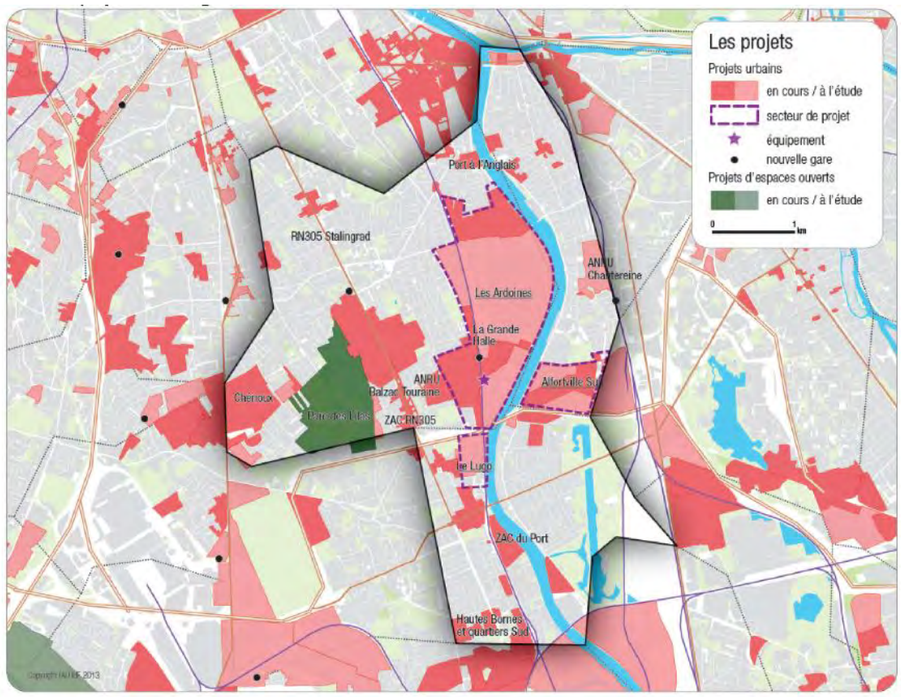
CDT Vallée Scientifique de la Bièvre – Sciences et Santé – Projets d'aménagement, janvier 2014 (source : IAU-IDF)

Les communes du CDT Vallée Scientifique de la Bièvre – Sciences et Santé traversées par le fuseau la Ligne 15 Sud sont Bagneux, Arcueil, Cachan, Villejuif, Le Kremlin Bicêtre et l'Hay-les-Roses. Les zones d'aménagement des gares de Bagneux, Arcueil-Cachan, Villejuif Institut Gustave Roussy et Villejuif Louis Aragon sont concernées par ce CDT.

Il s'agit d'un secteur repéré comme stratégique de par la présence de grands hôpitaux, de grands établissements de recherche et de développement, et de grandes écoles scientifiques nationales, à mi-chemin entre Paris et Saclay. Les principaux enjeux sont :

- le développement du Campus Santé (projet Cancer Campus à Villejuif et projet de Centre interdisciplinaire de Santé) ;
- le développement de la vocation scientifique et technologique : PME/PMI, renforcement de l'université ;
- la préservation de la diversité économique et sociale, équilibre emploi/habitat, offre de logements diversifiée, qualité des services et des espaces publics, qualité paysagère, durabilité des aménagements urbains.

c. Le CDT Grandes Ardoines

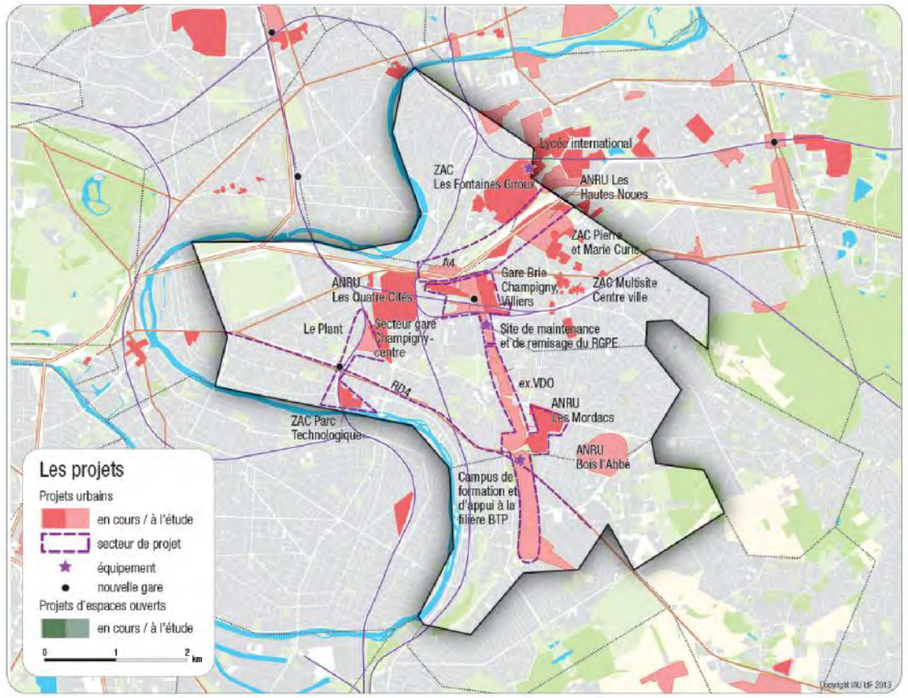


CDT Grandes Ardoines – Projets d'aménagement, janvier 2014 (source : IAU-IDF)

Les communes du CDT Grandes Ardoines traversées par le fuseau la Ligne 15 Sud sont Vitry-sur-Seine, Choisy-le-Roi et Alfortville. Les zones d'aménagement des gares de Vitry-Centre, Les Ardoines et Le Vert de Maisons sont concernées par ce CDT.

Le projet de CDT vise essentiellement la reconversion d'un territoire marqué par un passé industriel, son désenclavement et le développement des activités (secteur des biotechnologies, cluster eaux-milieux-sol, éco-construction). Cette reconversion s'effectuera principalement par une restructuration (pôle Gare de la Ligne 15 Sud, franchissements de la Seine et des voies ferrées) et une densification urbaine. La requalification des espaces industriels permettra d'optimiser l'implantation des activités et de tendre vers une utilisation plus durable du territoire.

d. Le CDT Boucles de la Marne



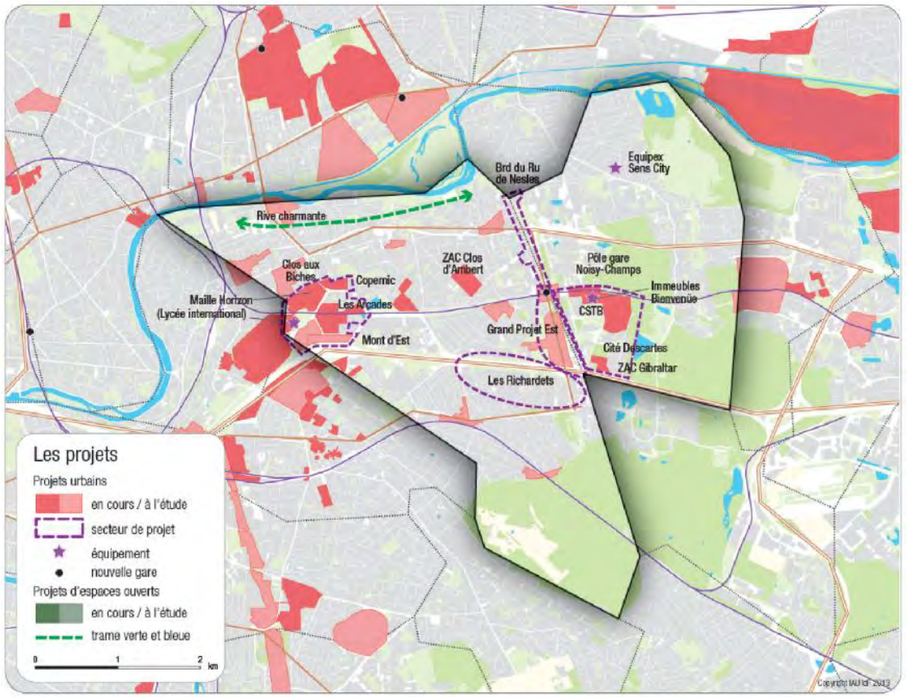
CDT Boucles de la Marne – Projets d'aménagement, février 2014 (source : IAU-IDF)

Les communes du CDT Boucles de la Marne traversées par le fuseau la Ligne 15 Sud sont Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Bry-sur-Marne. Les zones d'aménagement des gares de Champigny Centre et Bry-Villiers-Champigny sont concernées par ce CDT.

L'élaboration stratégique de ce CDT s'articule autour de 3 axes :

- Le renforcement de la mobilité durable : avec 7 gares dont 2 nouvelles liées au Grand Paris Express, ce territoire sera l'un des mieux maillés du Grand Paris ;
- Un développement économique passant par la constitution d'un pôle d'excellence international dans des secteurs économiques à enjeux tels que l'éco-mobilité et l'éco-construction ;
- La réalisation d'un aménagement harmonieux : ce territoire proposera à ces habitants et employés des entreprises, un nouveau cadre de vie de qualité, vivant et attractif se traduisant par l'augmentation de l'offre de logements, l'amélioration ou la création d'équipements et services locaux.

e. Le CDT Territoire de la transition énergétique (Cœur Descartes)



CDT Territoire de la transition énergétique (Cœur Descartes) – Projets d'aménagement, février 2014 (source : IAU-IDF)

Les communes du CDT Territoire de la transition énergétique (Cœur Descartes) traversées par le fuseau la Ligne 15 Sud sont Noisy-le-Grand et Champs-sur-Marne. La zone d'aménagement de la gare de Noisy-Champs est concernée par ce CDT.

Les principaux enjeux du CDT consistent:

- à faire de la Cité Descartes un pôle scientifique et technologique de référence mondial dans le domaine de la conception, de la construction et du développement de la ville durable sur le champ environnemental, social, économique, et urbain.

- à entraîner l'émergence d'un cluster sur le territoire de la Cité Descartes élargie et qui doit avoir pour effet de créer les conditions d'une dynamique territoriale en matière de transition énergétique, tenant le rôle de démonstrateur à l'échelle de la métropole.

- à articuler le pôle de Descartes avec les autres pôles métropolitains, notamment en matière de solidarité territoriale ou de partenariats scientifiques et économiques, à valoriser son accès et ses connexions locales et internationales (création de « coutures urbaines » dans le sens de la « ville à courte distance »).

2.18.5 Documents d'urbanisme

2.18.5.1 A l'échelle régionale : le SDRIF

Le Schéma Directeur Régional d'Ile-de-France (SDRIF) est le document de planification à l'échelle régionale.

a. Régime législatif

Le SDRIF définit les options fondamentales et les objectifs essentiels de l'aménagement dans une recherche de cohérence globale visant l'équilibre du territoire et la satisfaction des besoins.

Le SDRIF approuvé en 2013 par le Conseil régional, prévoit de manière schématique les capacités d''urbanisation à l'échelle de l'Ile-de-France.

Les fondements du SDRIF reposent sur des prévisions et sur des décisions d'urbanisme qui doivent permettre entre 2013 et 2030 :

- Une production de 70 000 logements par an, dont 30% de logements sociaux,
- Le développement des transports en commun dont le Grand Paris Express,
- La création de 28 000 emplois par an en visant un rapprochement habitat – emploi,
- La densification de certains territoires, autour des gares, dans le but de créer une métropole régionale multipolaire,
- L'intégration du principe des CDT pour construire du logement autour des gares et des nœuds de transports en commun.

Par ailleurs, le SDRIF met l'accent sur les continuités vertes et la création de nouveaux espaces verts (parcs régionaux et de loisirs), ainsi que sur la délimitation du front bâti de l'Aire urbaine de Paris.

b. Application à la Ligne 15 Sud

Espaces urbanisés

Le fuseau de la Ligne 15 Sud traverse des espaces très urbanisés. Ainsi, le SDRIF identifie avant tout des secteurs à fort potentiel de densification. Ceux-ci sont situés majoritairement sur les communes d'Issy-les-Moulineaux, Arcueil, Cachan, Villejuif, Vitry-sur-Seine, Créteil et Champigny-sur-Marne. Ainsi, les terrains vacants étant très faiblement représentés, voire totalement absents suivant le territoire inspecté,

Le long de la Ligne 15 Sud, aucune zone d'urbanisation nouvelle (pas de secteur d'urbanisation préférentielle ni de secteur d'urbanisation conditionnelle) n'est identifiée.

Cependant, sont identifiées des secteurs où les communes du fuseau de la Ligne 15 Sud sont donc incitées à concentrer leurs efforts de développement urbain sur les espaces mutables se présentant généralement comme « l'unique ressource foncière » disponible. Il s'agit ainsi de « recycler » l'espace foncier communal.

De cette manière (extrait des orientations du projet de SDRIF de 2013) :

« Il s'agit de valoriser les secteurs les mieux desservis par les transports collectifs, ou devant l'être à terme, conformément aux objectifs du SDRIF. Sont concernés les secteurs situés dans un rayon de l'ordre de 2 kilomètres autour d'une gare.

Ces quartiers [les quartiers à densifier à proximité des gares] sont définis par un rayon de l'ordre de 1000 mètres autour d'une gare ferroviaire ou d'une station de métro, existante ou à venir, ou de l'ordre de 500 mètres d'une station de transport collectif en site propre existante ou à venir. »

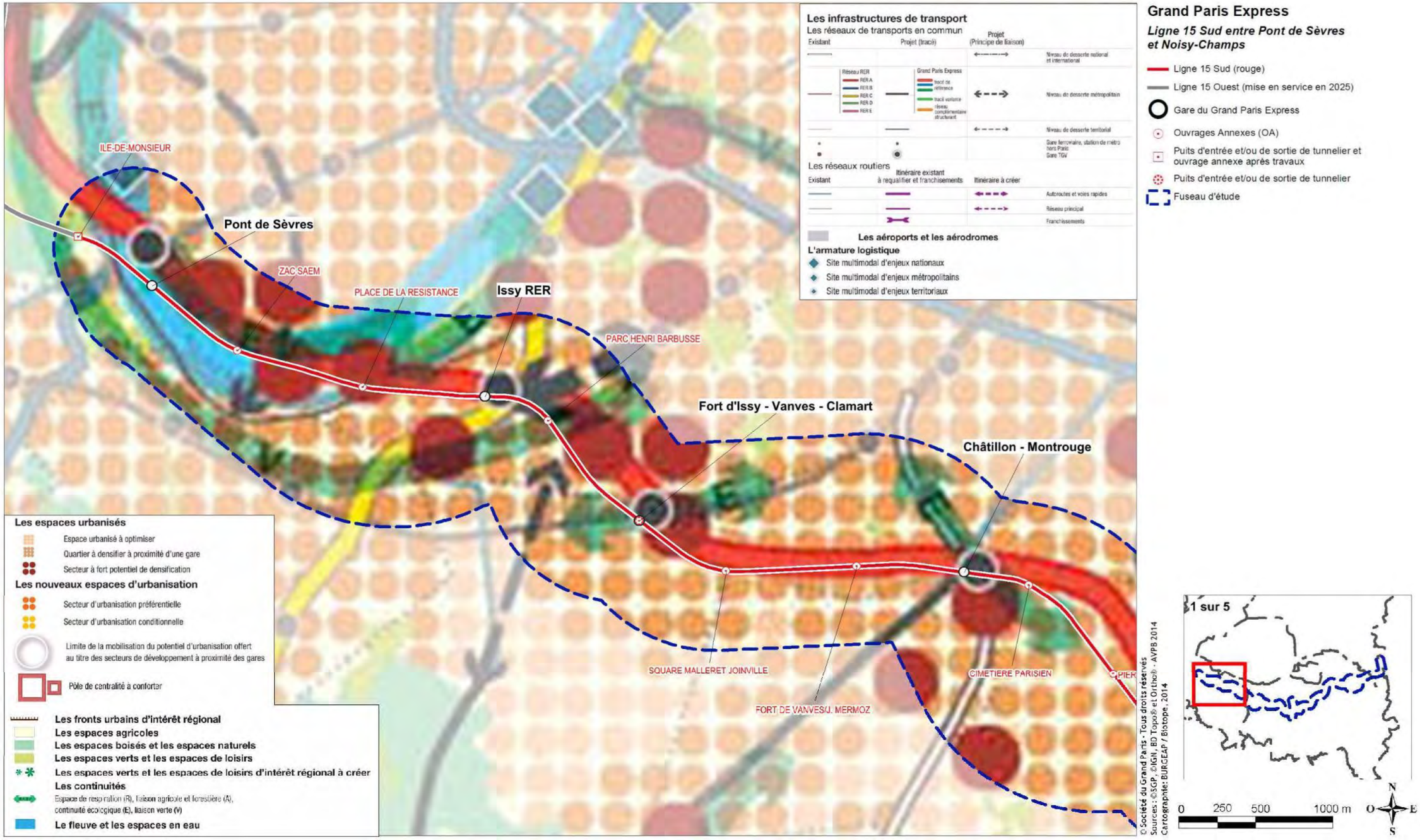
Espaces végétalisés

Au niveau des communes du périmètre large d'étude, le projet de SDRIF identifie des zones potentiellement corridors écologiques, au niveau :

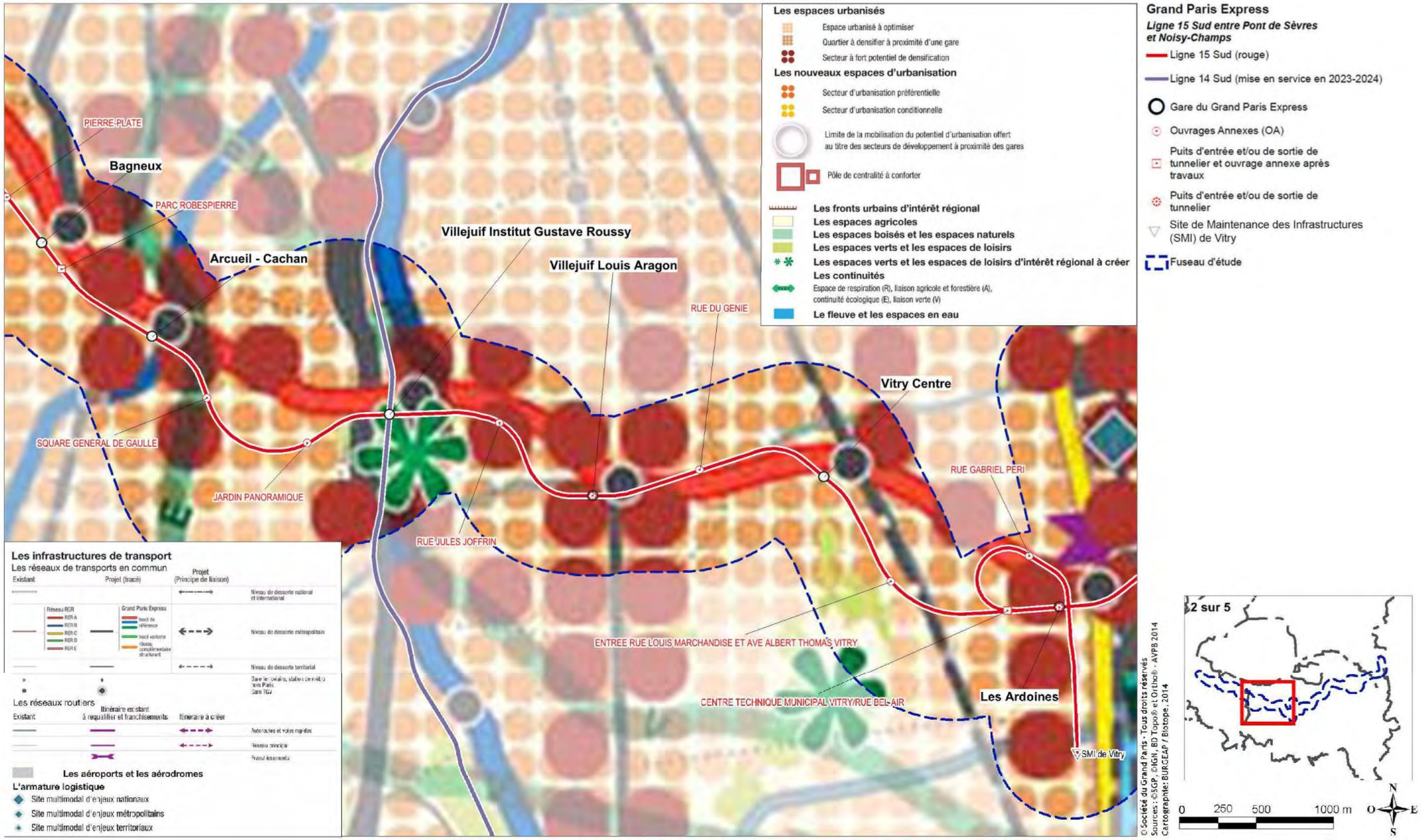
- Du secteur de bords de Seine aux abords de la gare de Pont de Sèvres sur les communes de Boulogne-Billancourt, Saint-Cloud, Sèvres, Issy-les-Moulineaux et Meudon,
- Du secteur de Arcueil et Cachan eut égard à l'aqueduc de la Vanne,
- Du secteur de l'IGR à Villejuif, correspondant au parc départemental des Hautes Bruyères, et au sud, au linéaire végétalisé le long de l'autoroute A6 se poursuivant sur la commune de l'Hay-les-Roses,
- Du secteur de Noisy-Champs, correspondant au linéaire végétal le long de l'autoroute A4, et au secteur de la Butte Verte et de la Cité Descartes aux environs de la gare Noisy-Champs.

Par ailleurs, un « cœur » boisés est identifiable à l'intérieur du périmètre large d'étude. Il s'agit du parc de la Butte Verte à Noisy-le-Grand.

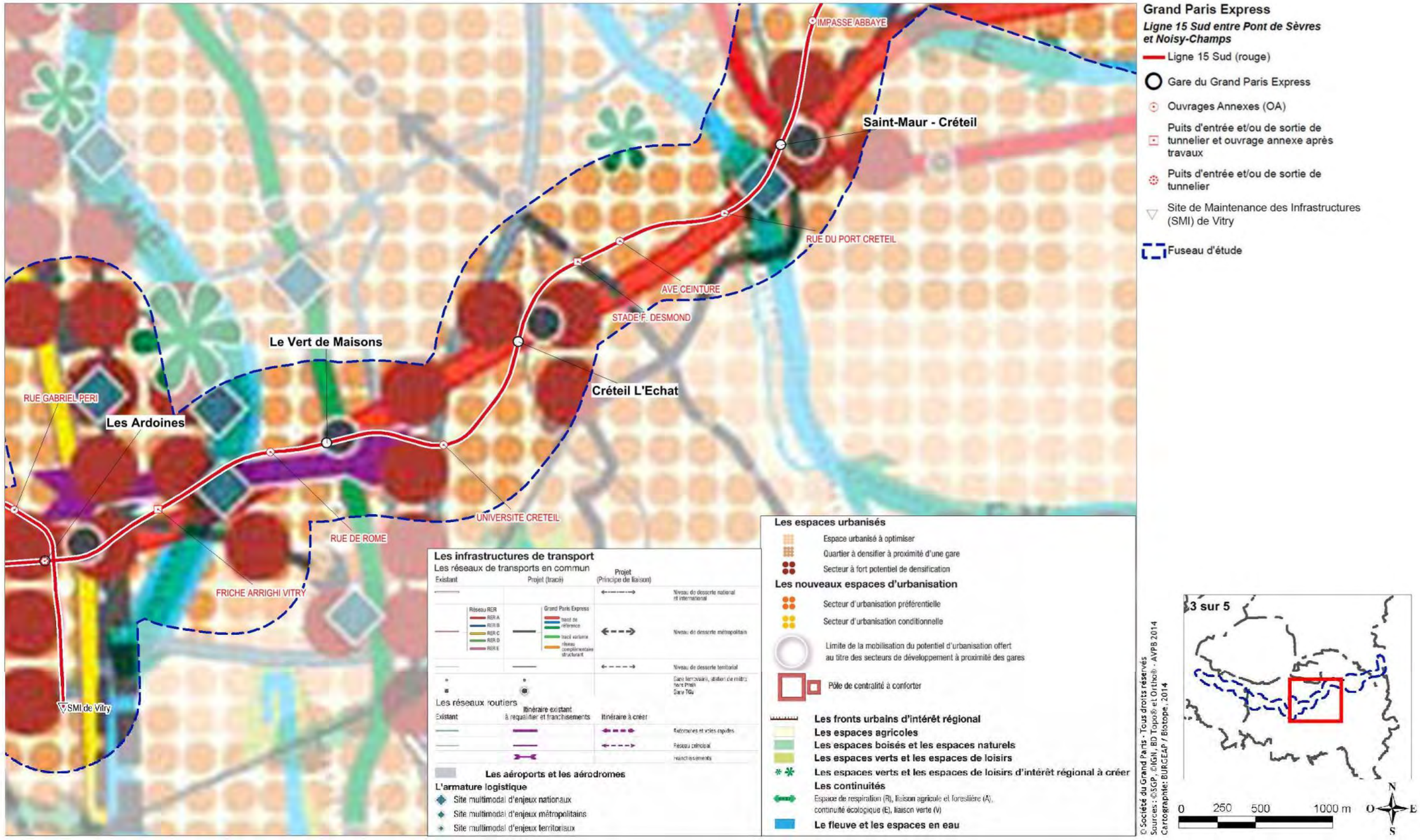
Extrait de la carte de destination des sols relative du SDRIF de 2013 – secteur Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge (source : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France)



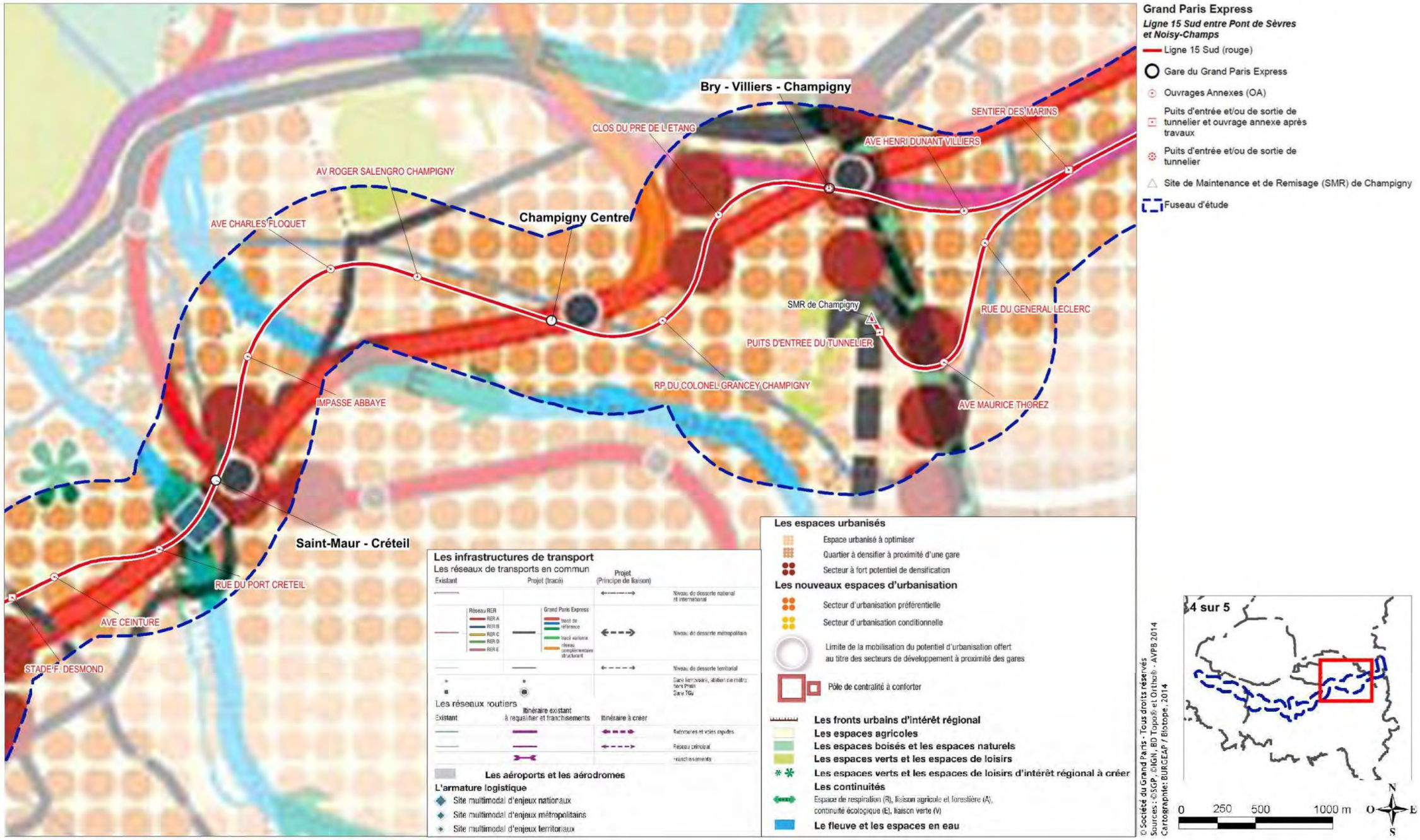
Extrait de la carte de destination des sols relative du SDRIF de 2013 – secteur Bagneux – Les Ardoines (source : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France)



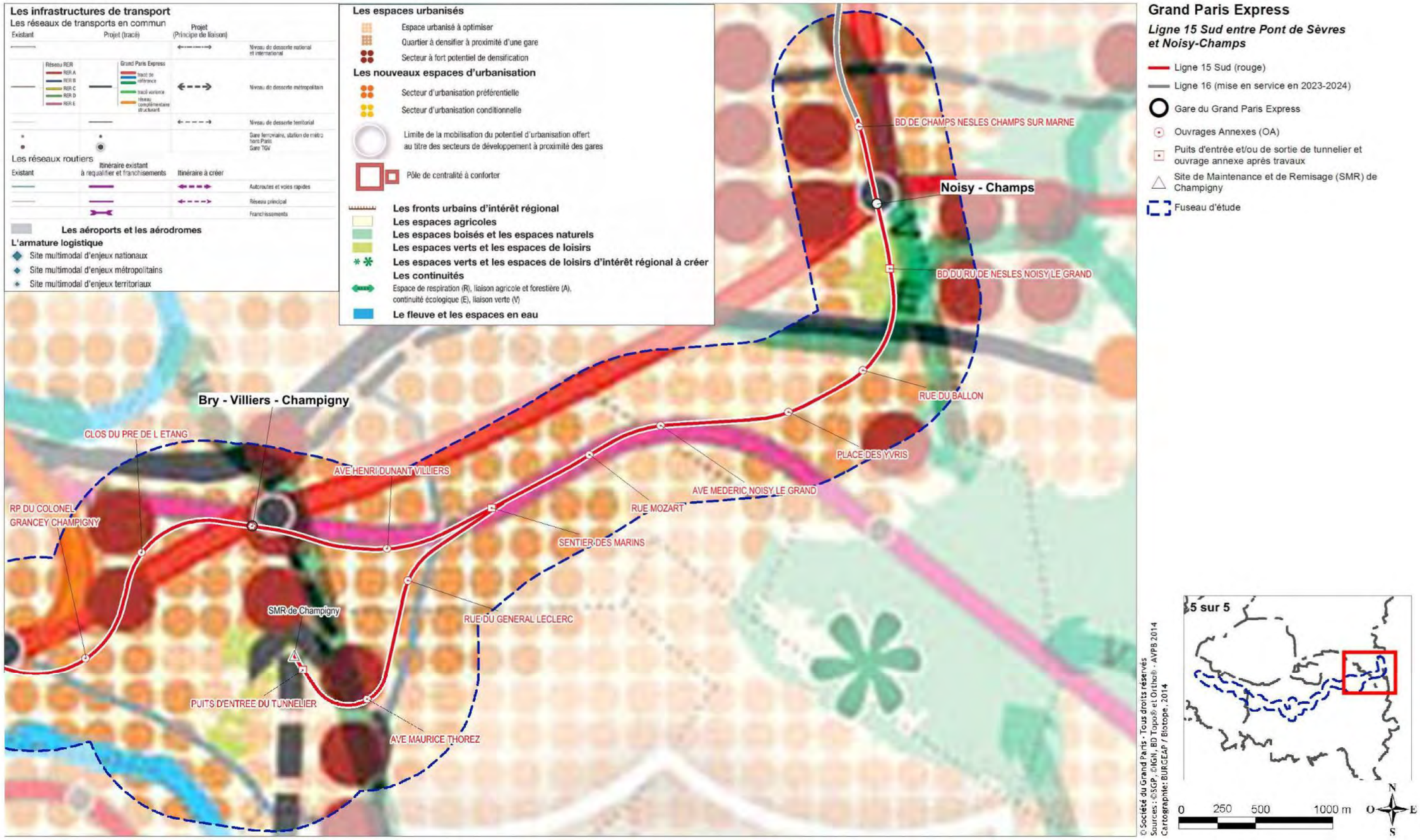
Extrait de la carte de destination des sols relative du SDRIF de 2013 – secteur Les Ardoines – Saint-Maur Créteil (source : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France)



Extrait de la carte de destination des sols relative du SDRIF de 2013 – secteur Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny (source : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France)



Extrait de la carte de destination des sols relative du SDRIF de 2013 – secteur Bry Villiers Champigny – Noisy-Champs (source : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France)



2.18.5.2 A l'échelle régionale : le PDU et le PLH

a. Le Plan de Déplacement Urbain (PDU)

Le PDU vise à élaborer un projet global en matière d'aménagement du territoire et de déplacements. Il fait émerger un cadre en matière de développement et de maîtrise du territoire, et vise à harmoniser les logiques locales de déplacements urbains.

Finalisé par le STIF en février 2011, le PDU Ile-de-France (PDUIF) a définitivement été approuvé en juin 2014 par le Conseil régional d'Ile-de-France. Parmis les 9 défis identifiés déclinés en 34 actions opérationnelles, le PDUIF vise notamment, sur cinq ans à:

- Une diminution de 3 % du trafic automobile, exprimé en (véhicules x km), différenciée selon les zones de l'agglomération et leur desserte en transports collectifs,
- Une augmentation de l'usage des transports collectifs de 2%,
- Le doublement du nombre de déplacements à vélo,
- Une augmentation de 3 % de la part de l'acheminement des marchandises par le fer et la voie d'eau.

b. Le Programme Local de l'Habitat (PLH)

Le PLH est un document visant à inclure l'ensemble des politiques locales en matière d'habitat. Il est définit pour une durée de six ans et vise notamment à favoriser le renouvellement urbain, la mixité sociale, et améliorer l'accessibilité du cadre bâti aux personnes handicapées.

L'élaboration d'un PLH est obligatoire pour :

- les métropoles ;
- les communautés urbaines;
- les communautés d'agglomération;
- les communautés de communes compétentes en matière d'habitat de plus de 30 000 habitants comprenant au moins une commune de plus de 10 000 habitants.

Ainsi, la majorité des communes et intercommunalités traversées par la Ligne 15 Sud sont assujetties à une obligation de PLH.

2.18.5.3 Aux échelles intercommunale et communale

a. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) et Schémas Directeurs (SD) présents le long du fuseau de la Ligne 15 Sud

« Le schéma de cohérence territoriale (SCOT) est l'outil de conception et de mise en œuvre d'une planification intercommunale, remplace l'ancien schéma directeur (SD). Pour compléter la présentation générale (définition, état des lieux et principales évolutions à venir), une série de cartes et données résument l'état d'avancement des SCOT ».

Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité

Un SCoT et un SDL (Schéma Directeur Local) sont concernés par le territoire délimité par le fuseau de la Ligne 15 Sud.

Il s'agit du SCoT Coteaux et Val de Seine dont les communes traversées par la Ligne 15 Sud sont Boulogne-Billancourt, Meudon, Saint-Cloud et Sèvres, et du SDL Val Maubuée dont les communes traversées par la Ligne 15 Sud sont Champs-sur-Marne et Emerainville.

Le SCoT Coteaux et Val de Seine

Datant initialement de 1996, le SCoT Coteaux et Val de Seine couvre un territoire de 11 communes dans les Hauts de Seine, comptant environ 350 000 habitants.



Territoire du SCoT Coteaux et Val de Seine (Source : Syndicat des coteaux et du Val de Seine)

Sa révision du 26 novembre 2009 a permis de (re)définir six objectifs de développement et d'aménagement durable à l'échelle de son territoire d'intervention. Les six objectifs du SCOT Coteaux et Val de Seine sont :

- Garantir une croissance équilibrée du territoire, visant notamment à la mixité sociale,
- Renforcer l'attractivité des Coteaux et du Val-de-Seine,
- Faciliter les déplacements pour améliorer l'accessibilité,
- Offrir un cadre de vie harmonieux,
- Protéger l'environnement, prévenir les risques naturels et technologiques et lutter contre les nuisances de toute nature,
- Mettre en œuvre les principes du SCOT dans le respect des spécificités locales.

Le SDL Val Maubuée

L'agglomération de Marne-la-Vallée/Val Maubuée a été créée par décret du 11 août 1972. Le Schéma Directeur Local Val Maubuée date de 1998. Le projet d'élaboration de SCoT, arrêté le 21 septembre 2012 a permis de redéfinir les objectifs d'aménagement et de développement du territoire. Ainsi, les objectifs du SCoT de Val Maubuée sont :

- Développer de manière cohérente, équilibrée, et maîtrisée l'évolution urbaine tout en tenant compte de l'identité et du vécu du territoire,

- Inscrire Val Maubuée dans un rôle de moteur économique de l'Est Francilien,
- Préserver les ressources naturelles et le patrimoine local, valoriser le potentiel du territoire, et gérer de manière écologique le développement, dans une dynamique d'Eco-territoire.

Ils concernent six communes : Champs-sur-Marne, Croissy-Beaubourg, Emerainville, Lognes, Noisiel et Torcy.



Territoire du SCoT Val Maubuée (Source : Val Maubuée)

Aujourd'hui, l'ensemble des SCoT et SD doivent pouvoir répondre au SDRIF de 2013 (opposable).

b. Plans d'Occupation des Sols (POS) et Plans Locaux d'Urbanisme (PLU)

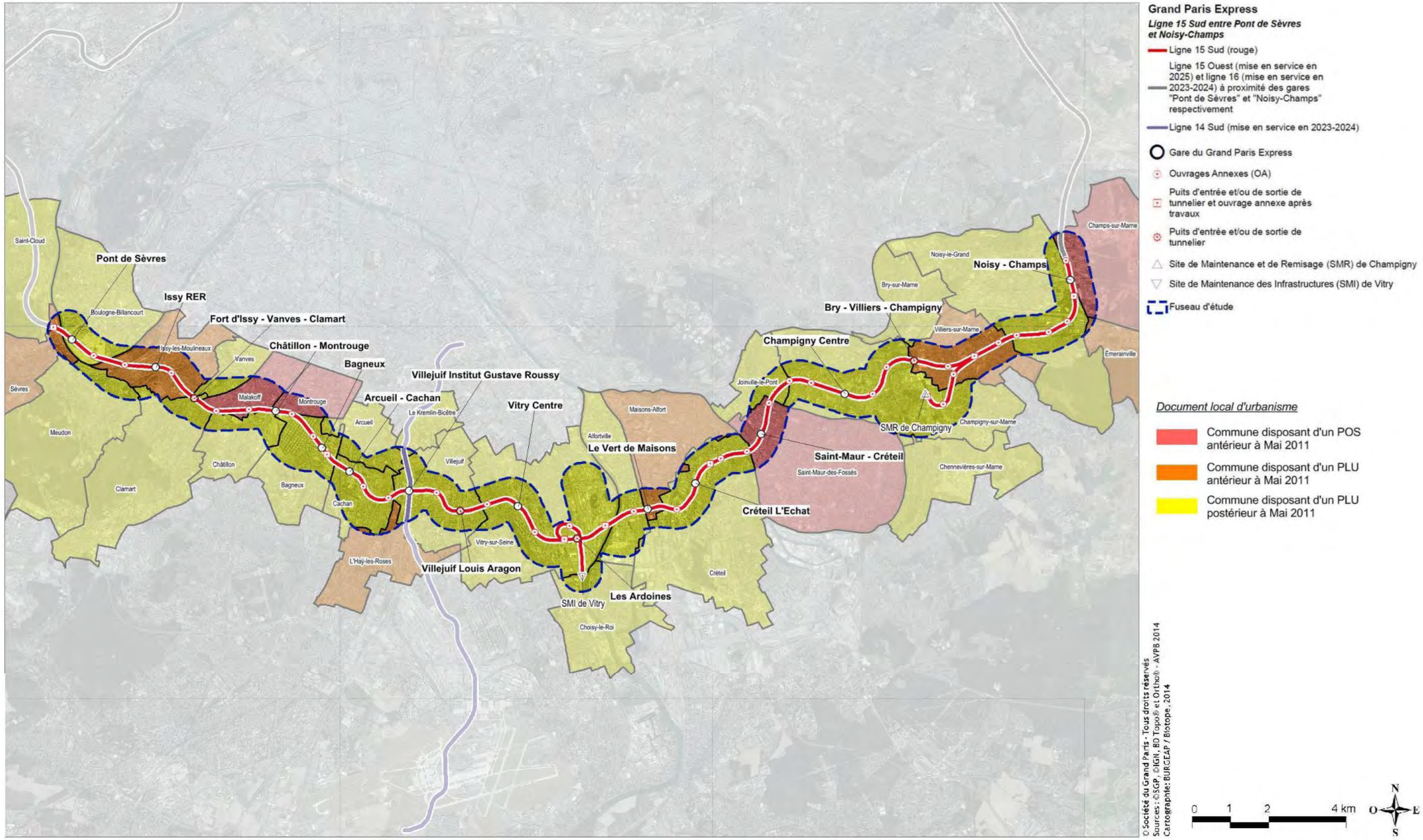
Le plan local d'urbanisme (PLU) est un document d'urbanisme qui, à l'échelle d'un groupement de communes (EPCI) ou d'une commune, établit un projet global d'urbanisme et d'aménagement et fixe en conséquence les règles générales d'utilisation du sol sur le territoire considéré.

Source : Ministère du Logement, de l'Égalité des territoires et de la Ruralité

Le PLU remplace le Plan d'Occupation des Sols (POS) depuis la loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains du 13 décembre 2000 (dite loi SRU).

Toutes les communes où s'inscrit le fuseau de la Ligne 15 Sud sont concernées par un POS ou un PLU en vigueur et « opposable aux tiers ». La carte ci-après permet de localiser les communes où le fuseau de la Ligne 15 Sud s'inscrit.

Etat actuel des PLU et POS (juin 2014)



Le tableau ci-après recense chaque document d'urbanisme communal en vigueur et renseigne, lorsqu'elles sont connues, sa date d'approbation, de révision ou de modification.

Il s'agit avant tout d'avoir une idée quant à la situation du document d'urbanisme et de savoir si ce dernier a été modifié et/ou révisé récemment.

Sur les 29 communes où s'inscrit le fuseau de la Ligne 15 Sud, près de la moitié ont un PLU (approuvé, révisé, modifié) dont la dernière modification date d'après l'adoption du Schéma d'Ensemble du réseau de transport du Grand Paris (mai 2011).

Cette tendance laisse penser que les objectifs du Grand Paris Express sont en partis déjà intégrés au sein du projet de ville des communes, notamment au travers du PADD (Projet d'Aménagement et de Développement Durable).

Etat d'avancement des documents d'urbanisme des communes du périmètre large d'étude

Communes traversées par la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express	Etat du document d'urbanisme		
	Approuvé	Dernière révision	Dernière modification
Communes dont les documents d'urbanisme sont approuvés			
Arcueil	PLU du 28/06/2007	25/06/2009 Révision en cours	03/10/2013
Bagneux	PLU du 31/01/2006	31/05/2011	17/12/2013
Champigny-sur-Marne	PLU du 27/06/2007	18/09/2008	10/04/2013
Chatillon	PLU du 04/07/2007	20/12/2011	Modification en cours
Choisy-le-Roi	PLU du 10/10/2012		
Clamart	PLU du 09/11/2005	21/07/2011	01/2013 28/03/2012
Issy-les-Moulineaux	PLU du 08/12/2005	*11/12/2008 12/04/2012*	Enquête publique du 10/04/2014 au 15/05/2014
Joinville-le-Pont	PLU du 19/12/2007		02/10/2012
Le Kremlin Bicêtre	*PLU du 20/10/2005*	*30/06/2011 Révision en cours*	16/12/2014
L'Hay-les-Roses	PLU du 22/06/2007		19/10/2010
Malakoff	PLU POS du 26/01/2000	PLU en cours d'élaboration	04/05/2011 21/03/2012
Montrouge	PLU du 19/12/2007	29/09/2010	30/09/2009
Saint-Maur-des-Fossés	POS du 17/04/1986		30/05/2008
Sèvres	PLU du 10/05/2007		
Vitry-sur-Seine	PLU du 17/05/2006	18/12/2013	22/06/2011 27/06/2012
Communes dont les documents d'urbanisme sont arrêtés et en cours d'approbation			
Cachan	PLU du 02/12/2010		
Maisons-Alfort	PLU du 07/10/2010		
Meudon	PLU du 13/04/2010		24/10/2013
Saint-Cloud	POS mis à jour au 30/06/2007 ; PLU en cours PLU du 5 juillet 2012		
Communes dont les documents d'urbanisme sont à l'étude			
Alfortville	PLU du 12/02/2009	Révision du PLU en cours	10/02/2011 09/10/2014
Boulogne Billancourt	PLU du 08/04/2004	09/07/2009	09/12/2010 22/03/2012
Bry-sur-Marne	PLU du 21/12/2006		2406/06/2011
Champs-sur-Marne	POS mis à jour le 19/11/1999 ; PLU en cours		
Créteil	PLU du 04/10/2004	26/03/2007	06/12/2010 08/12/2014
Emerainville	PLU du 11/04/2005	21/12/2009	24/07/2009
Noisy-le-Grand	PLU du 16/11/2011 (postérieur au 01/09/2011 du doc. graphique) dernière modification 27/01/2015		
Villejuif	PLU du 12/12/2013	Révision du PLU en cours	
Villiers-sur-Marne	POS en vigueur ; PLU en cours		
Vanves	PLU du 22/06/2011		

Il convient de rappeler ici que, pour les communes concernées par le tracé de la Ligne 15 Sud, la procédure de déclaration d'utilité publique (DUP) du projet de la Ligne 15 Sud comportait une procédure de mise en compatibilité du document d'urbanisme (MECDU).

Le dossier d'enquête publique préalable à la DUP comprenait un fascicule dit de MECDU pour chaque commune. Ce fascicule traitait de la question des servitudes existant dans chaque PLU ou POS. Deux types de servitudes onté été identifiées :

- Les servitudes non contraignantes, dont font partie les sevtitudes sur les réseaux publics : ces servitudes seront prises en compte dans l'élaboration du projet,
- Les servitudes contraignantes, liées aux sites et monument historiques classés ou à l'archéologie par exemple : ces servitudes nécessitent la mise en œuvre de procédures spécifiques auxquelles la SGP ne peut se soustraire.

Le décret en Conseil d'Etat 2014-1607 du 24 décembre 2014 déclarant la Ligne 15 Sud d'utilité publique et effective la mise en compatibilité du document d'urbanisme de chaque commune concernée ayant été publié, les documents d'urbanisme sont donc, de fait, compatibles avec le projet.

Ces documents n'ont cependant pas été mis à jour depuis la parution du décret.

2.18.6 Synthèse des enjeux liés à l'urbanisme

Deux Opérations d'Intérêt National (OIN) sur le fuseau d'étude sont dénombrées.

Les Contrats de Développement Territorial (CDT) sont au nombre de 5, et couvrent en grande partie les communes admettant le fuseau de la Ligne 15 Sud.

Le Schéma Directeur de la région Ile-de-France est présent tout le long du fuseau de la Ligne 15 Sud.

Deux SCoT sont identifiés sur les communes appartenant au fuseau d'étude la Ligne 15 Sud, le SCoT Le Coteaux Val de Seine et le SCoT en phase d'élaboration Val Maubuée.

Sont dénombrés 25 Plans Locaux d'Urbanisme et 4 Plans d'Occupation des Sols en vigueur. 12 documents d'urbanisme sont antérieurs à la date d'adoption du schéma d'ensemble du Grand Paris Express (26 mai 2011).

Pour les documents d'urbanisme locaux, l'enjeu principal est la prise en compte des objectifs du Grand Paris Express au sein du projet des villes, notamment au travers du PADD (Projet d'Aménagement et de Développement Durable).

Hiérarchisation des enjeux en urbanisme réglementaire

Section	Niveau d'enjeu
Ensemble du linéaire	Enjeu intégré à la procédure de DUP relative au projet de Ligne 15 Sud

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.19 Risques technologiques

Les risques technologiques résultent de l'activité économique actuelle. Ils se matérialisent par divers incidents tels que les incendies, les explosions, les radiations, et tout autre phénomène modifiant les propriétés physico-chimiques de l'environnement.

Ces incidents peuvent ainsi avoir pour conséquence sur l'homme brûlures, déformations physiques, contaminations chimiques, entraînant lésions bégnines ou profondes.

C'est pourquoi, dans les procédures d'aménagement, un regard est porté sur les risques technologiques existants d'un territoire afin de définir si le projet est à même de perturber une activité jugée à risque ou d'être lui-même exposé à un risque déjà existant.

L'objectif de cette partie est de présenter les zones où ces risques ont été identifiés. L'analyse repose entièrement sur la prise en compte de données relatives à ces risques et les documents cartographiques correspondants.

Les données ayant servi de support à cette analyse ont été fournies par les services régionaux de l'Etat concernés (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie – DRIEE Ile-de-France).

L'analyse porte sur les risques technologiques liés :

1) A la présence d'installations particulières à risques, définies comme ICPE[70], qui peuvent être de différents types :

- Déclaration : pour les activités les moins polluantes et les moins dangereuses. Une simple déclaration de l'activité en préfecture est nécessaire,
- Enregistrement : pour les secteurs dont les mesures techniques pour prévenir les inconvénients sont bien connues (stations-service, entrepôts...), un régime d'autorisation simplifiée, ou régime dit d'enregistrement, a été créé en 2009,
- Autorisation : pour les installations présentant des risques de pollutions importants. L'exploitant doit faire une demande d'autorisation avant toute mise en service, démontrant l'acceptabilité du risque.

Ainsi, le régime d'autorisation est une procédure beaucoup plus lourde, qui exige que l'exploitant fournisse davantage de justificatifs (étude d'impact et de dangers notamment) et que le dossier fasse l'objet d'une enquête publique, avant la décision de l'Etat (Préfet).

Le régime d'autorisation correspond aux activités à risques, particulièrement aux activités à risques, où la zone de danger est contenue dans les limites de propriété de l'installation.

- Régime spécifique SEVESO Seuil Haut et Seuil Bas :

Le régime SEVESO correspond en la procédure réglementaire soumise à autorisation.

Toutefois, ces installations plus dangereuses (risques d'explosion ou d'émanation de produits toxiques notamment) sont soumises à des restrictions et certaines entraînent des interdictions pour l'utilisation des zones environnantes (installations soumises à autorisation avec servitudes d'utilité publique). Elles correspondent aux installations SEVESO seuil bas (sans servitudes) et SEVESO seuil haut (avec servitudes) de la réglementation européenne.

Elles sont contrôlées par les inspecteurs des installations classées à une fréquence qui dépend du niveau de nuisance ou de dangers qu'elles présentent. (au moins une fois tous les 7 ans et jusqu'à une fois par an pour les installations « Seveso seuil haut »).

Le régime SEVESO, où la zone de danger est plus large que les limites de propriété de l'installation.

2) Au transport de matériaux dangereux (TMD), en particulier les canalisations de transport de gaz et de pétrole.

Dans le présent chapitre seules les ICPE soumises à autorisation, les activités sous régime SEVESO ainsi que les risques lié au transport de matériaux dangereux (TMD) sont prises en compte (voir encadré rouge).

Les ICPE soumises à déclaration et enregistrement, nombreuses, ne sont pas présentées. Elles ne représentent a priori par d'enjeu pour la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud, puisque le risque technologique reste faible et qu'il est uniquement identifié au sein même de l'activité.

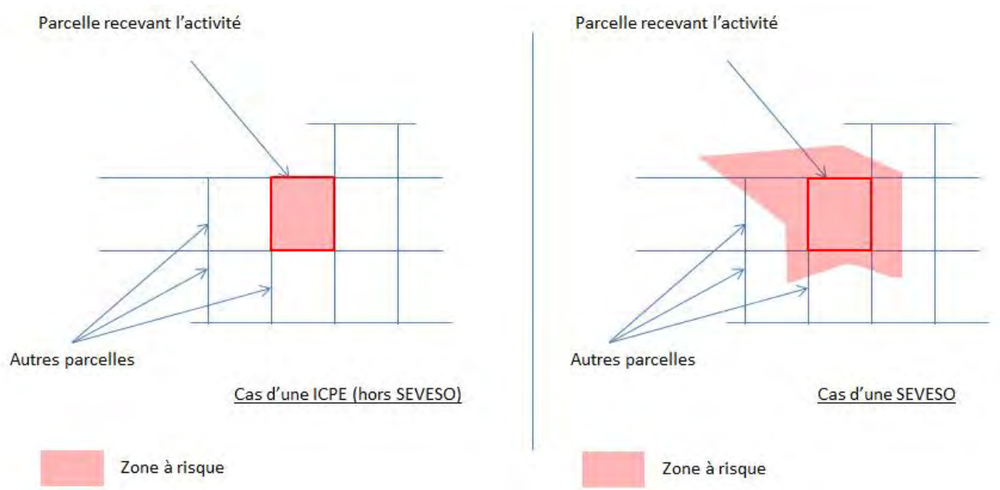


Schéma conceptuel du risque en fonction du classement de l'activité

Cependant, si les études de dangers liées des ICPE mettent en évidence que les effets dangereux restent contenus dans les limites du site, ceci n'est pas fiable à 100%. L'exclusion de tout enjeu des ICPE situées en forte proximité du tracé n'est donc pas réaliste. Ainsi, la prise en compte des ICPE au sein de l'Etude d'impact de la Ligne 15 Sud est importante.

[70] ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

2.19.1 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Toute exploitation industrielle ou agricole susceptible de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains est une installation classée.

Le titre 1er du Livre V du code de l'environnement relatif aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) prévoit que les installations industrielles et agricoles d'une certaine importance doivent, dans un souci de protection de l'environnement, préalablement à leur mise en service, faire l'objet d'une autorisation prise sous la forme d'un arrêté préfectoral qui fixe les dispositions que l'exploitant devra respecter pour assurer cette protection.

La législation des installations classées confère à l'Etat des pouvoirs quant au fonctionnement de ces établissements :

- D'autorisation ou de refus d'autorisation de fonctionnement d'une installation,
- De réglementation (par exemple imposer le respect de certaines dispositions techniques),
- De contrôle,
- De sanction.

Ce paragraphe s'attache à l'identification des ICPE contenues dans le fuseau d'étude de 500m de la Ligne 15 Sud.

Pour réaliser ce recensement, les données SIG ont été extraites de la base de données CARMEN (site internet de la DRIEE Ile-de-France). Ces données SIG ont ensuite été relocalisées puisque le géo-référencement d'origine comporte certaines lacunes. C'est pourquoi le travail a été réalisé sur un périmètre large afin de ne pas omettre la prise en compte de l'ensemble des ICPE sur les territoires des 16 communes traversées par le fuseau.

Ces éléments ont ensuite été croisés avec les données issues du site internet http://installationsclassées.developpement-durable.gouv.fr.

Or, sur l'ensemble des ICPE soumises à autorisation, toutes n'ont pas des activités pouvant interférer avec le développement du métro. Une sélection a été effectuée par typologie d'activités afin de ne retenir que celles susceptibles d'avoir un enjeu en aménagement urbain. Ont ainsi été retenues les activités dites :

- Dangereuses : risques explosions, risque d'incendie,…
- Polluantes : Stockages d'ordures, de produits chimiques type solvants et peintures,…
- Sensibles (établissements de santé, production d'eau) vis-à-vis des perturbations que peut engendrer tout projet de transport à ses abords.

Le tableau ci-après présente cette sélection. Les activités sont reportées sur les cartes situées en fin de chapitre.

Etablissement ICPE soumis à autorisation dans le fuseau d'étude de 500m (Sélection - Source : base de données Inspection des Installations classées, DRIEE)

Nom de l'Etablissement	Ville	Adresse	Codification de l'Activité	Libellé de l'activité	Nomenclature (rubriques ICPE)
EFO2	Alfortville	23/25 rue Jean Baptiste Preux	D21	Stockage et conditionnement des gaz et liquéfiés	1510, 2925
SMAG SAGECHAU	Alfortville	4 chemin de Villeneuve st Georges	I21	Chaufferies urbaines	2910
SEPUR	Alfortville	7 chemin de Villeneuve st Georges	K	Déchets et traitements	1432, 2713, 2714, 2715, 2716
GDF - Direction Transport	Alfortville	29 quai de la révolution	D21	Stockage et conditionnement des gaz et liquéfiés	1411, 2920
Eurogravure	Arcueil	76 Av Gabriel Péri	H13	Traitement de surface	2560, 2565
SOCACHAL	Cachan	11 rue de la Gare	L21	Chaufferies urbaines	1432, 2910
SAB SARL	Cachan	19 rue de la gare	H13	Traitement de surface	2565
ENS	Cachan	61 Av du Président Wilson	H13	Traitement de surface	1715, 2560, 2561, 2575, 2920
Sita IdF	Champigny-sur-Marne	18 rue Benoit Frachon	K22	Regroupement d'OM, DIB	2714, 2716
Carrefour	Champs-sur-Marne	Avenue des Pyramides	L23	Détail de carburants	1434, 2345, 253
Dépôt SNCF Montrouge	Bagneux		H	Mécanique, traitements des surfaces	2910, 2930
Tais Onyx	Chatillon	112 Av de la république	K22	Regroupement d'OM, DIB	1530, 286, 322
CHU Henri Mondor	Créteil	51 Av du Marechal de Lattre de Tassigny	M3	Santé	1220, 1432, 2910, 2920, 2921, 2950
Chaufferie Echât EST	Créteil	Rue Gustave Eiffel	I21	Chaufferies urbaines	1432, 2910
Chaufferie Echât OUEST	Créteil	10 rue Thomas Edison	I21	Chaufferies urbaines	1432, 2910
Esso du Champy	Noisy-le-Grand	Rue des Hauts Chateaux	L23	Détail de carburants	1432, 1435
Metallium	Noisy-le-Grand	Rue du ballon	H13	Traitement de surface	2565, 3260
Total station relais saint simon	Villejuif	117 bd maxime Gorki	L23	Détail de carburants	1414, 1432, 1435
Lasco	Villiers-sur-Marne	35 rue Benoît Frachon	H13	Traitement de surface	1111, 1131, 2560, 2564, 2565, 2565
Apigs	Vitry-sur-Seine	6 rue Léon Geoffroy	H13	Traitement de surface	2565, 2940
EDF CETAC	Vitry-sur-Seine	7 rue des Fusillés	I11	Centrales électriques thermiques	1432, 1434, 2910, 3110
EDF - Centre de Production Thermique	Vitry-sur-Seine	18 rue des Fusillés	I21	Chaufferies urbaines	1111, 1150, 1416, 1432, 1434, 1520, 1715, 2515, 2560, 2564, 2910, 2920, 2925, 2930, 3110
CPCUY COGE THERM	Vitry-sur-Seine	10 rue des fusillés	I21	Chaufferies urbaines	1611, 2910
Cycléade (n°12)	Vitry-sur-Seine	12 rue Eugène Henaff	K22	Regroupement d'OM, DIB	2713, 2714, 2715, 2716
Cycléade (n°17-19)	Vitry-sur-Seine	17 rue Eugène Henaff	K3	Traitement de déchets industriels	2714, 2715, 2716, 2791
SNCF Technicentre Paris Rive Gauche	Vitry-sur-Seine	5/7 rue Léon Mauvais	H1	Mécanique, électrique, traitement des surfaces	2560, 2563, 2930
Vitry Distribution (Leclerc)	Vitry-sur-Seine	5 rue Eugène Henaff	D21	Stockage et conditionnement des gaz et liquéfiés	1412, 1414, 1432, 1434
Luxobennes	Vitry-sur-Seine	37 rue de Seine	K22	Regroupement d'OM, DIB	2713, 2714, 2716, 2718
SANOFI CHIMIE	Vitry-sur-Seine	9 quai jules Guesde	D3	Chimie, phytosanitaire, pharmacie	1111, 1130, 1131, 1136, 1172, 1173, 1175, 1185, 1212, 1220, 1420, 1432, 1433, 1434, 1450, 1523, 1611, 1630, 1715, 1810, 1820, 2120, 2260, 2620, 2680, 2910, 2915, 2925, 3110, 3450
Institut Gustave Roussy Hôpital	Villejuif	114 Rue Edouard Vaillant	M3	Santé	

Ainsi, il apparaît que le réseau d'ICPE sélectionnées (soumise à autorisation et ayant une activité sensible) retenu pour l'étude est relativement disparate et assez éloigné du tracé de référence à certaines exceptions dont il est fait état ci-après.

Les ICPE n'impliquant pas de zonage à l'extérieur de leur emprise propre, les enjeux et les risques restent confinés sur les emprises du site de l'installation et sont donc très localisés. Le choix a été fait de ne s'intéresser qu'aux ICPE (soumise à autorisation) situées à moins de 100m du tracé de référence. Ainsi, il s'agit:

- du secteur des Ardoines qui concentre un grand nombre des ICPE recensées sur le fuseau d'étude,
- du dépôt SNCF Montrouge sur la commune de Bagneux,
- de l'Institut Gustave Roussy,
- de la chaufferie Echât Ouest sur la commune de Créteil, située au niveau du tracé de la ligne,
- de la chaufferie Echât Est sur la commune de Créteil, située au niveau du tracé de la ligne,
- du CHU Henri Mondor sur la commune de Créteil, située au niveau du tracé de la ligne.

Au regard de la concentration des risques au niveau des emprises, l'enjeu lié à la présence d'ICPE (soumise à autorisation) est à nuancer et peut être considéré comme modéré.

En effet, ce dernier n'est efficient qu'au niveau de zones relativement restreintes à l'intérieur même des installations (voir schéma conceptuel), qui sont relativement distantes des ouvrages de la Ligne 15 Sud.

2.19.2 Canalisations de gaz

Les canalisations de pétrole et de gaz (haute pression) possèdent des servitudes d'utilité publique relatives aux risques sanitaires et technologiques associés.

L'arrêté du 5 mars 2014 définissant les modalités d'application du chapitre V du titre V du livre V du code de l'environnement et portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques implique une analyse de la compatibilité de ces canalisations de transports avec tout projet d'établissement recevant du public (ERP) de plus de 100 personnes.

Les canalisations concernées sont présentées dans la partie « Occupation du sous-sol » au sein du chapitre « Réseaux et Ouvrages souterrains ».

2.19.3 Etablissements Seveso

Le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud est concerné par cinq établissements Seveso :

- DELEK France à Vitry-sur-Seine,
- Véolia Eau Ile de France à Choisy-le-Roi,
- Véolia Eau Ile de France à Noisy-le-Grand,
- SIAAP à Valenton,
- EDF CETAC à Vitry-sur-Seine.

NB : Le site Seveso DELEK France, détenu par le groupe TDR Capital LLP a changé de nom le 26 février 2015. Le site Seveso a ainsi été renommé European Forecourt Retail Group (EFR Group). Cette évolution est survenue au cours de la rédaction de la présente étude d'impact. Ainsi, le nom de DELEK France a été conservé et fait aujourd'hui référence au site rebaptisé EFR Group.

2.19.3.1 Méthodologie d'analyse

Les risques technologiques des activités SEVESO sont des risques industriels liés aux accidents majeurs pour lesquels sont distinguées par ordre d'importance décroissant sur le plan du potentiel de nuisances et de dangers :

- Les installations AS (Avec Servitudes) : cette catégorie correspond aux installations soumises à autorisation avec servitudes d'utilité publique pour la maîtrise de l'urbanisation. Elle correspond aux installations dites « seuil haut » de la directive 96/82/CE concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses, modifiée par la directive 2003/105/CE du 16/12/2003, appelée directive SEVESO II.
- Les installations dites « seuil bas » : cette catégorie correspond au seuil bas de la directive SEVESO II. Ces installations ne donnent pas lieu à des servitudes mais peuvent donner lieu à des portés-à-connaissance. Ces derniers donnent des indications précises à l'usage des maires qu'il conviendra aussi de prendre en compte au moment du tracé.

La directive SEVESO a été transposée en droit français par l'arrêté du 10 mai 2000, modifié en 2005, relatif à la prévention des accidents majeurs impliquant des substances ou des préparations dangereuses présentes dans certaines catégories d'installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Cet arrêté et sa circulaire d'application du 10 mai 2000 prévoient notamment des dispositions organisationnelles à mettre en œuvre par les exploitants en matière de prévention des accidents majeurs.

Pour réaliser le recensement des installations classées SEVESO pouvant interférer avec le projet, le fuseau d'étude a été élargi à 3km (étant donné que la zone de risque d'une installation SEVESO ne se limite pas aux emprises même du site).

Les données SIG ont été extraites de la base de données CARMEN ou du site internet de la DRIEE Ile-de-France. Le recensement a ensuite été complété par des informations disponibles sur la base de données inspection des installations classées du ministère de l'Environnement.

Les établissements SEVESO dans un fuseau de 3km de part et d'autre du tracé de référence de la Ligne 15 Sud listés dans le tableau ci-dessous. Les sites sont également reportés sur les cartes situées en fin de chapitre.

2.19.3.2 Description des établissements SEVESO situés sur la Ligne 15 Sud

Les établissements SEVESO concernés sont listés dans les tableaux ci-dessous et localisés sur la carte située à la fin de ce chapitre.

Établissements dits « seuil haut ou AS » (autorisation avec servitude, les plus dangereux) recensés sur le fuseau de 3km

Etat	Ville	Dep	Codification de l'activité	Description activité	Nom	Situé dans fuseau 500m
En fonction	Vitry-sur-Seine	94	D13	Dépôts de pétrole, produits dérives ou gaz naturel	DELEK FRANCE	OUI

Établissements dits « seuil bas » recensés sur le fuseau de 3km

Etat	Ville	Dep	Codification de l'activité	Description activité	Nom	Situé dans fuseau 500m
En fonction	Choisy-le-Roi	94	B4	Captage, traitement et distribution d'eau	Véolia Eau Ile de France	NON
En fonction	Noisy-le-Grand	93	B4	Captage, traitement et distribution d'eau	Véolia Eau Ile de France	NON
En fonction	Valenton	94	K11	Collecte et traitement des eaux usées	SIAAP	NON
En fonction	Vitry-sur-Seine	94	I1	Production, distribution d'électricité, gaz, vapeur, air conditionné	EDF CETAC	OUI

En conclusion, un établissement SEVESO « seuil haut » et quatre établissements SEVESO « seuil bas » se situent dans le fuseau de 3km autour du tracé de référence.

Seuls deux de ces sites se situent à moins de 500m du tracé de référence de la Ligne 15 Sud. Il s'agit du site :

- Seveso seuil bas EDF CETAC, à Vitry-sur-Seine,
- Seveso seuil haut DELEK-France, à Vitry-sur-Seine.

Ces deux-sites sont détaillés ci-dessous.

a. Le site SEVESO Seuil Bas EDF CETAC

Ce site SEVESO Seuil Bas est localisé dans le fuseau de 500m de la Ligne 15 Sud, aux abords de la friche Arrighi à Vitry-sur-Seine.

Activités du site SEVESO seuil Bas (EDF CETAC)

Rubrique IC	Date d'obtention de l'autorisation d'exploiter.	Etat d'activité	Régime	Activité	Volume	Unité
1432	22/11/1996	En fonctionnement	A	Liquides inflammables (stockage)	13000	m3
1434		En fonctionnement	A	Liquides inflammables (remplissage ou distribution) autres que 1435	-	
2910	13/07/2007	En fonctionnement	A		794	MW
3110	13/07/2007	En fonctionnement	A	Installation de combustion	794	MW

L'activité générale du site est la production d'électricité via deux turbines de production fonctionnant au fioul domestique. Ces turbines à combustion ont été mises en service respectivement en 1997 et 2007 et ont une puissance unitaire de 125MW.

Le site dispose également de deux réservoirs, R1 et R2, de 6500m3 de fioul domestique.

Cette centrale fonctionne en moyenne une centaine d'heures par an et peut être démarrée très vite avec une grande fiabilité. Elle contribue à la sécurité de l'alimentation électrique de la région Ile-de-France, notamment lors des pics de consommation journaliers et des périodes de pointe saisonnières. Elle produit l'équivalent de la consommation électrique d'une ville de 250 000 habitants.

Ce site n'est pas pris en compte par le PPRT mais un porté à connaissance des risques technologiques a été réalisé le 11 mars 2009. Celui-ci s'accompagne de cartes d'aléas thermiques et de surpression.

Pour autant, les deux unités de Turbine à Combustion de la centrale sont la source de plusieurs risques : explosion, feu de cuvette, feu de passerelle, boil over, feu de nappe, etc.

Ainsi, au regard de l'activité portée par le site, des risques induits et de la proximité du site avec la friche Arrighi, l'enjeu est fort.

b. Le site SEVESO Seuil Haut DELEK-France

Ce site SEVESO Seuil Haut est localisé à la fois dans le fuseau de 500m de la Ligne 15 Sud et dans le périmètre de la gare des Ardoines et des OA Friche Arrighi et Rue Gabriel Péri sur la commune de Vitry-sur-Seine.

Activités du site SEVESO seuil Haut (DELEK France)

Rubrique IC	Date d'obtention de l'autorisation d'exploiter.	Etat d'activité	Régime	Activité	Volume	Unité
1432	29/06/1993	En fonctionnement	S	Liquides inflammables (stockage)	-	t
1432	29/06/1993	En fonctionnement	S	Liquides inflammables (stockage)	-	t
1432	29/06/1993	En fonctionnement	A	Liquides inflammables (stockage)	-	m3
1434	29/06/1993	En fonctionnement	A	Liquides inflammables (remplissage ou distribution) autres que 1435	-	

Anciennement propriété de BP, ce dépôt de 3,7ha implanté en 1921 a été racheté par DELEK France le 1er octobre 2010.

Le site est en proximité des axes de circulation suivants :

- La rue des Fusillés et la rue Charles Heller au Nord ;
- La rue Léon Mauvais et le quai Jules Guesde à l'Est ;
- La ligne principale SNCF Paris Bordeaux et le RER ligne C à l'Ouest.

Bien qu'installé dans une zone de forte urbanisation, le dépôt est situé dans une zone industrielle dans laquelle aucun établissement recevant du public (ERP) ni immeuble de grande hauteur (IGH) dans le proche environnement du site n'a été dénombré. À proximité immédiate du dépôt se trouve un pavillon d'habitation au Nord Est de la cuvette Nord et deux maisons jumelées à l'Est de la cuvette Nord. Les autres habitations sont situées à l'Ouest du site à plus de 200 mètres.

En termes d'environnement industriel, le site est en mitoyenneté avec :

- Au Nord, la fourrière BENARD (ex-centre logistique et de traitement des déchets de la société SITA), l'entreprise de récupération de ferrailles CHABANY et le service de logistique de la société EXEL,
- À l'Ouest, le dépôt de matériel et les ateliers SNCF des Ardoines.

Les principales installations industrielles exploitées par des tiers dans le voisinage du dépôt sont :

- L'entreprise SANOFI (Centre de production),
- La centrale de cogénération de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU),
- La turbine à combustion EDF,
- Le centre de production thermique d'EDF (CPT).

L'effectif du dépôt DELEK France est composé de 8 personnes : un chef de dépôt, un adjoint au chef de dépôt, un assistant HSSEQ et 5 opérateurs. Les horaires sont :

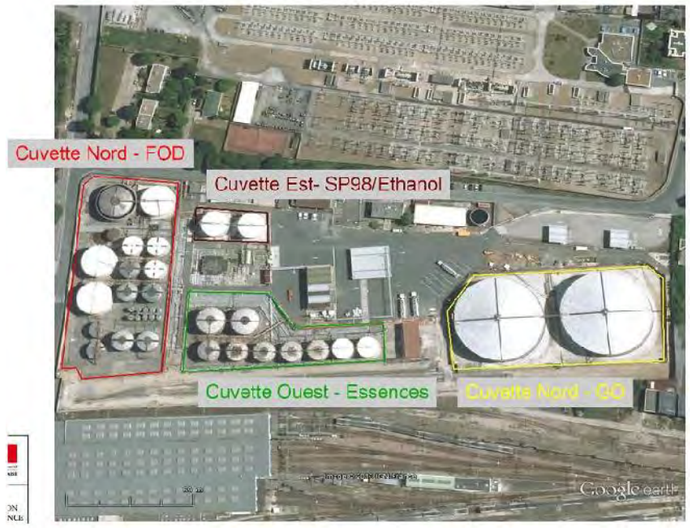
- 4h00 – 22h30 du lundi au vendredi,
- 6h00 – 11h30 le samedi.

Un gardiennage et une astreinte sont effectués en dehors des heures ouvrées.

L'approvisionnement est effectué par le réseau TRAPIL-Le Havre-Paris, à l'exception des additifs et de l'éthanol, amenés par camion. Le stockage, d'une capacité de 77.000m3 en exploitation, s'effectue dans 18 bacs verticaux répartis dans 4 cuvettes de rétention (Nord, Sud, Est, Ouest). Les produits stockés sont les suivants :

- Distillats (env. 55.000m3)
  - GO (env. 42.000m3)
  - FOD (env. 7.000m3)
  - SFOD (env. 6.000m3)
- Essences (env. 12.000m3)
  - SP98 (env. 3.600m3)
  - SP95 (env. 8.500m3)
  - Ethanol (env. 1.700m3)
  - Additifs (env. 100m3)

Le trafic annuel est d'environ 700.000m3.



Organisation du site DELEK France, à Vitry-sur-Seine
(source : PPRT de Vitry-sur-Seine)

Quatre phénomènes dangereux sont susceptibles de survenir sur le site :

- L'explosion de bac, consécutif d'une inflammation d'un mélange d'air et de vapeur d'hydrocarbure à l'intérieur du bac ;
- UVCE (explosion en milieu non confiné), à savoir l'explosion de nuages de vapeurs d'hydrocarbures, souvent observé après l'épandage accidentel d'un liquide inflammable, formant un nuage, inflammable en présence d'une source d'inflammation ;
- Le feu de nappe, en surface d'un bac ou d'une cuvette ;
- Le boil over en couche mince (projection de gouttelettes d'hydrocarbure enflammées), consécutif à une vaporisation d'eau liquide présente dans le fond d'un réservoir en feu.

A ces quatre principaux phénomènes s'ajoutent 60 phénomènes dangereux (50 à cinétique rapide et 10 à cinétique lente), pris en compte dans le PPRT, prescrit par l'arrêté préfectoral du 6 avril 2009, prorogé le 5 octobre 2010, le 3 octobre 2011, et le 25 mars 2013. Le PPRT a été approuvé le 30 mars 2015 par arrêté préfectoral n°2015/765.

Le tunnel de la Ligne 15 Sud et la gare des Ardoines sont situés en zonage réglementaire bleu clair b3 (zone d'autorisation limitée) impliquant les dispositions suivantes (articles 17, 18, 19, 20 du PPRT en cours) :

- Sur les projets nouveaux, l'interdiction de tout projet sauf :
  - o les constructions et aménagements à vocation d'activité ;
  - o les constructions à usage d'habitation ;
  - o les équipements d'intérêt général ainsi que ceux nécessaires aux activités présentent dans le périmètre du présent PPRT ;
  - o les infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et à leur exploitation ;
  - o les établissements recevant du public (ERP) qui ne sont pas considérés comme difficilement évacuables ;
  - o La création d'espaces verts.
- Sur les projets sur des biens ou des activités existants, l'interdiction de tout projet sauf :
  - o les extensions et aménagements des constructions à usage d'activité ou d'habitation ;
  - o les changements de destination des planchers ;
  - o les annexes d'habitations (abri de jardin, garage...) non munies de vitrage ;
  - o les extensions des ERP, hormis celles des ERP difficilement évacuables ;
  - o les travaux de réparation ou la reconstruction de bâtiments sinistrés ;
  - o les travaux d'aménagement des infrastructures de transport ainsi que des équipements nécessaires à leur fonctionnement et à leur exploitation ;
  - o les travaux de remise en état (déconstruction, dépollution, mise aux normes, entretien courant) ;
  - o les travaux de réduction de la vulnérabilité ;
  - o la mise en place de clôtures ;
  - o l'aménagement des espaces verts.

En outre, les recommandations relatives à l'aménagement des biens existants sur les zones « b1 », « b2 » et « b3 » sont les suivantes :

II.1.2 – Biens existants soumis à l'aléa de surpression dans les zones « b1», « b2» « b3 » :

Il est recommandé que les biens existants à la date d'approbation du présent PPRT situés dans les zones « b1 », « b2 », « b3 » puissent présenter des caractéristiques de nature à garantir leur résistance à des effets de surpression dont l'intensité est donnée par la « carte des intensités liées aux effets de surpression » figurant à l'annexe 1 du présent règlement.

Extrait du règlement du PPRT à Vitry-sur-Seine (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))

Par ailleurs, le règlement du PPRT précise (Article 18) :

Article 18 – Projets nouveaux autorisés sous réserve

Sont admis sous réserve du respect de prescriptions constructives définies au paragraphe II.5.3 :

- les constructions et aménagements à vocation d'activité ;
- les constructions à usage d'habitation ;
- les équipements d'intérêt général ainsi que ceux nécessaires aux activités présentes dans le périmètre du présent PPRT ;
- les infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et à leur exploitation ;
- la création d'espaces verts ;
- les établissements recevant du public (ERP) qui ne sont pas considérés comme difficilement évacuables.

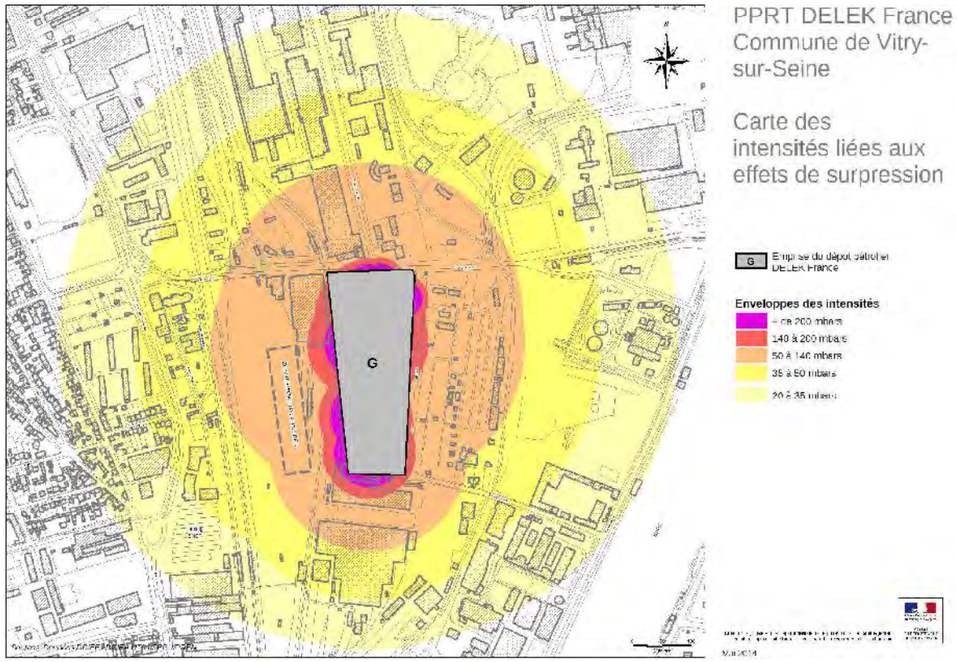
Extrait du règlement du PPRT à Vitry-sur-Seine (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))

Les cartes d'aléas du risque technologiques sont présentées ci-dessous afin d'identifier l'étendue de la zone d'incidence. Elles ont permis d'éditer la carte du zonage réglementaire du PPRT, également proposée à la suite.

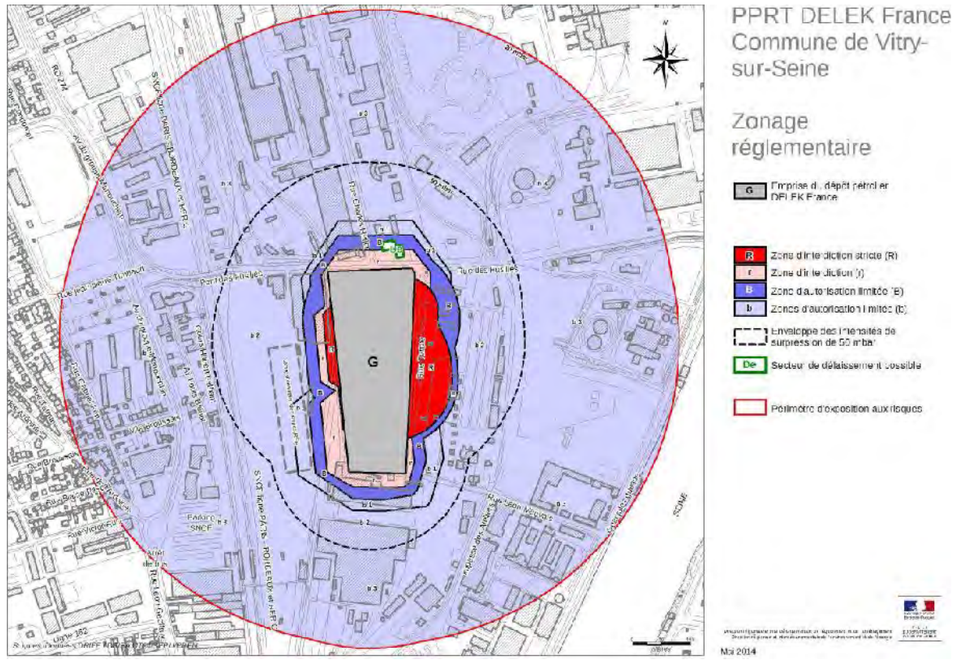
La légende utilisée est la suivante :

Niveau maximal d'intensité de l'effet toxique, thermique ou de surpression sur les personnes, en un point donné	Très grave			Grave			Significatif			Indirect
Cumul des classes de probabilités d'occurrence des phénomènes dangereux en un point donné	>D	5E à D	<5E	>D	5E à D	<5E	>D	5E à D	<5E	Tous
Niveau d'aléa	TF+	TF	F+		F	M+		M	Fai	

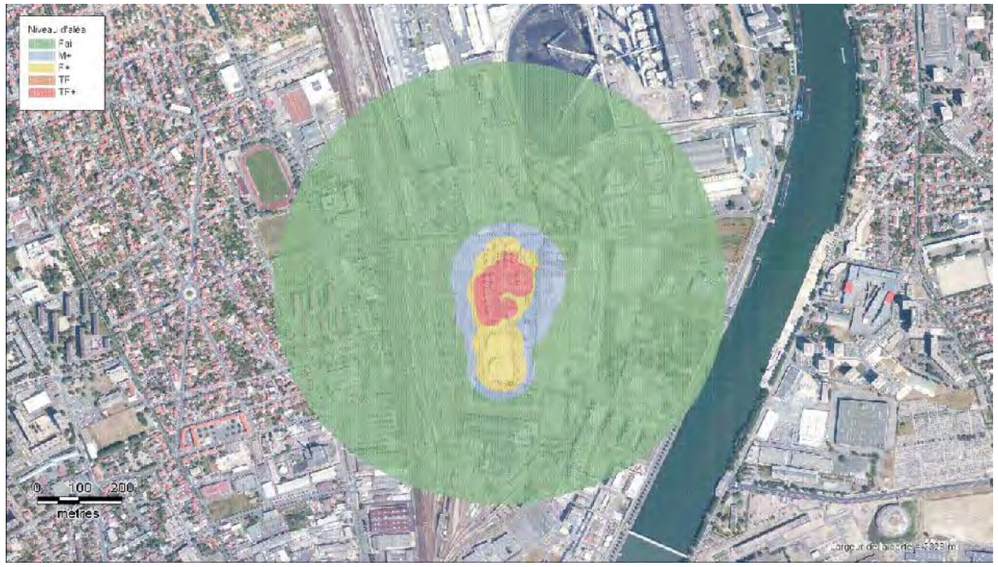
Définition des niveaux d'aléas (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))



Carte des intensités liées aux effets de surpression du site DELEK France, à Vitry-sur-Seine (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))



Zonage réglementaire du PPRT du site DELEK France, à Vitry-sur-Seine (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))



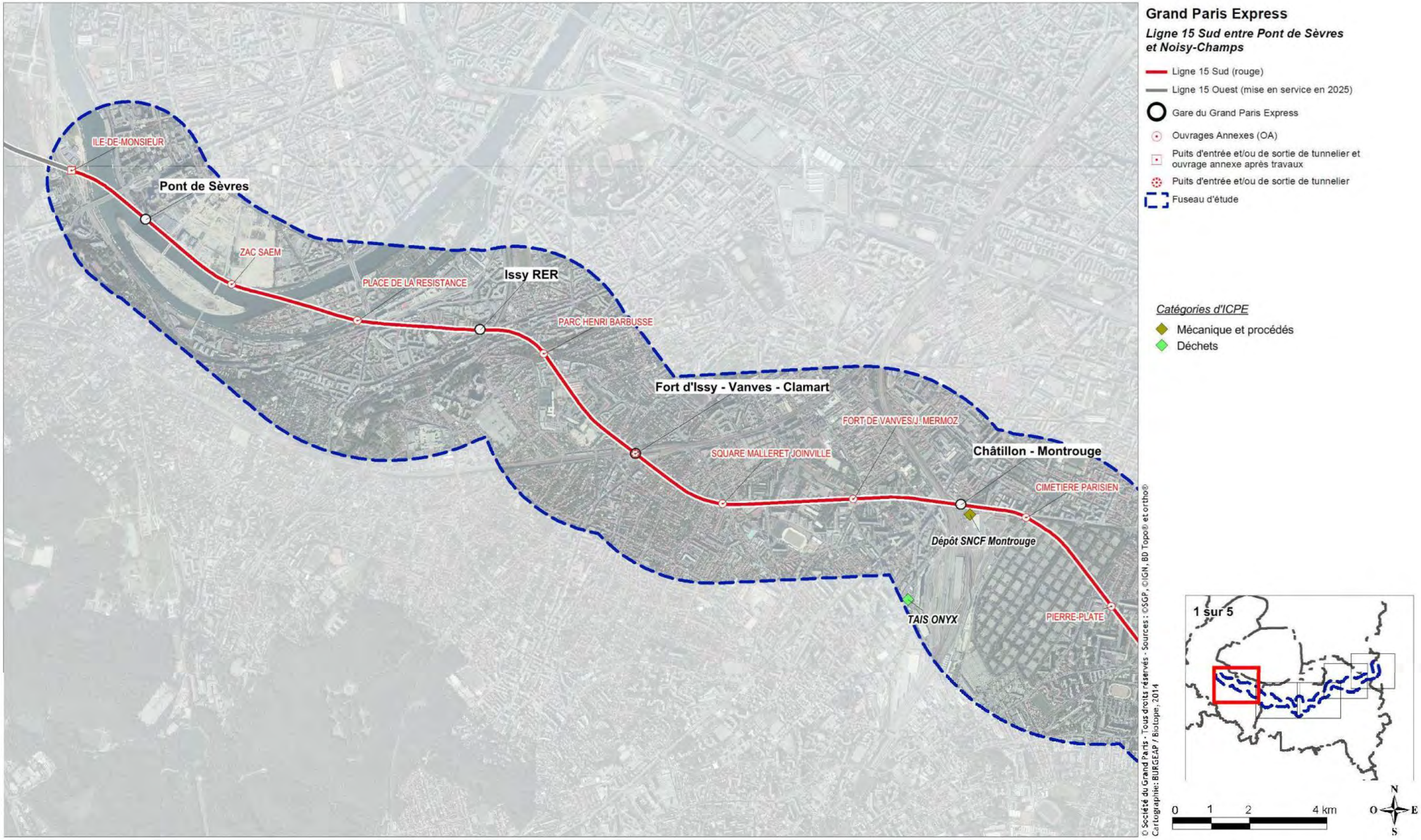
Enveloppe des aléas des Effets de Surpression, du site DELEK France, à Vitry-sur-Seine (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))

Ainsi, il apparaît :

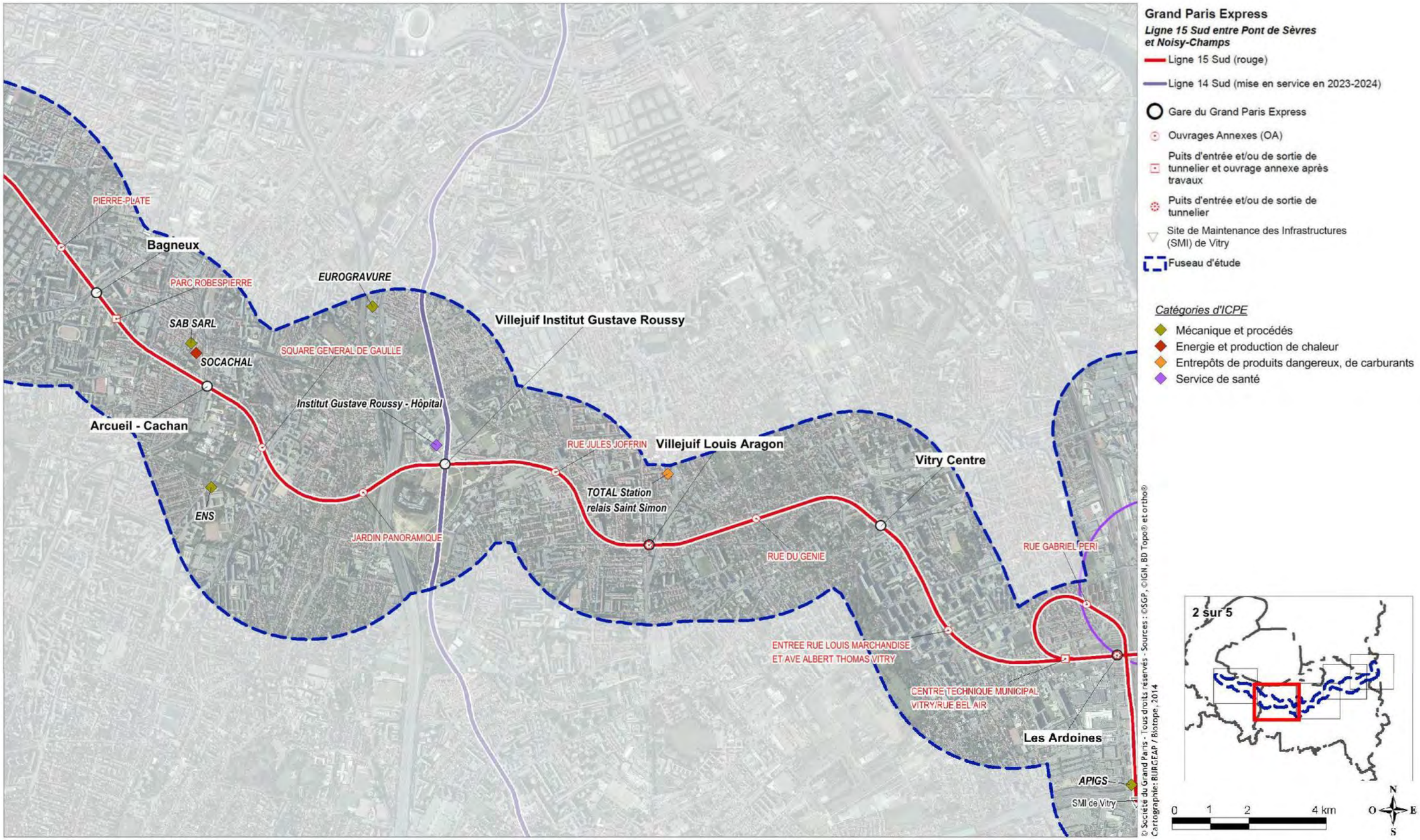
- Que le site SEVESO Seuil Haut DELEK France présente un règlement particulier d'aménagement au sein de son PPRT (en cours d'élaboration), dont le zonage réglementaire intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud ainsi que la gare des Ardoines, l'OA Friche Arrighi et l'OA Rue Gabriel Péri, sur la commune de Vitry-sur-Seine.
- Que le zonage réglementaire met en évidence des risques liés aux phénomènes dangereux suivants : explosion du bac, UVCE, feu de nappe, boil over en couche mince.
- Que le zonage réglementaire permet la réalisation de projets d'infrastructure de transport ainsi que des équipements nécessaires à leur fonctionnement et à leur exploitation sous réserve du respect de certaines prescriptions constructives (résistance aux effets de surpression).

De fait, l'enjeu lié à la présence de site SEVESO est fort.

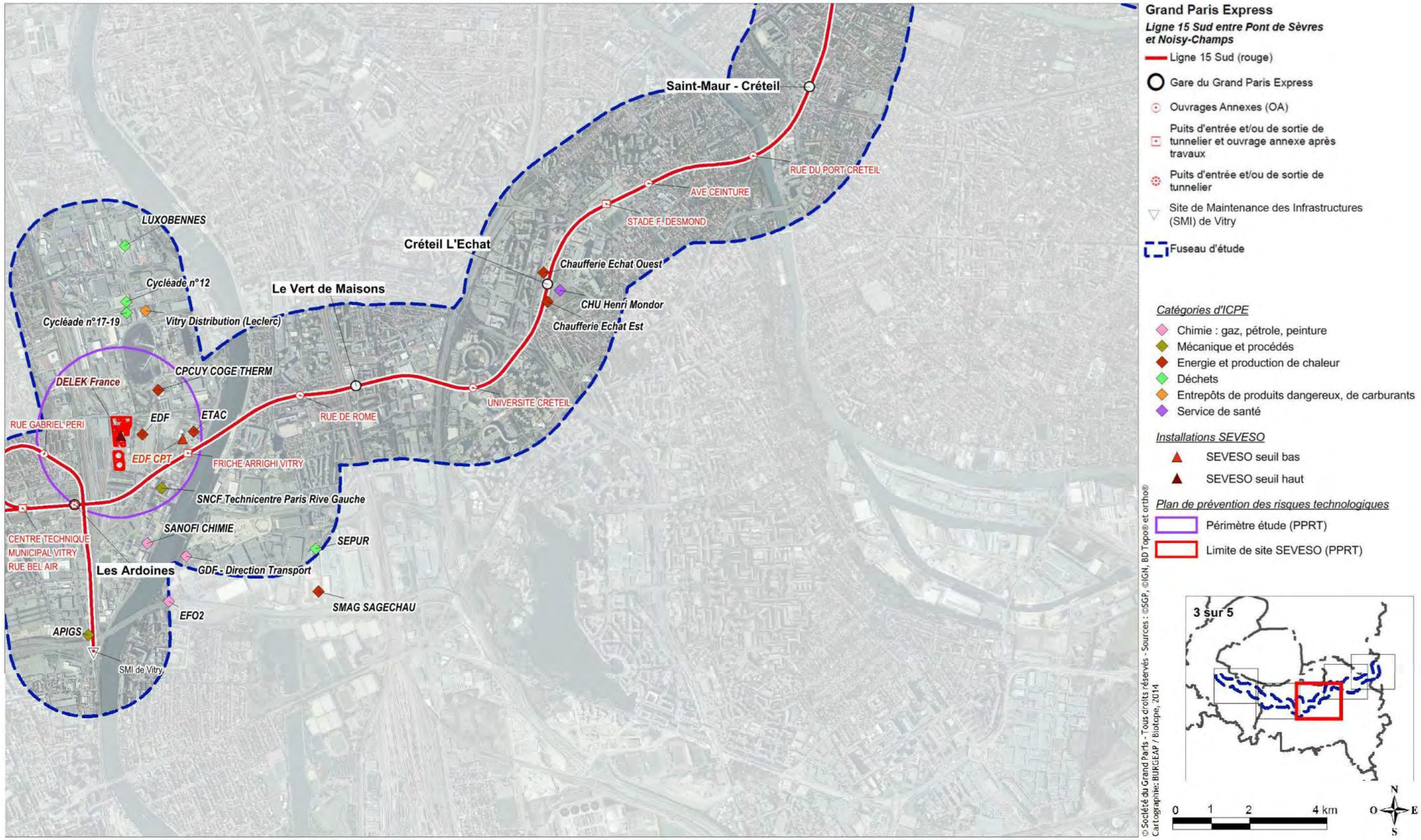
Installations recensées comme ICPE ou SEVESO – Secteur Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge



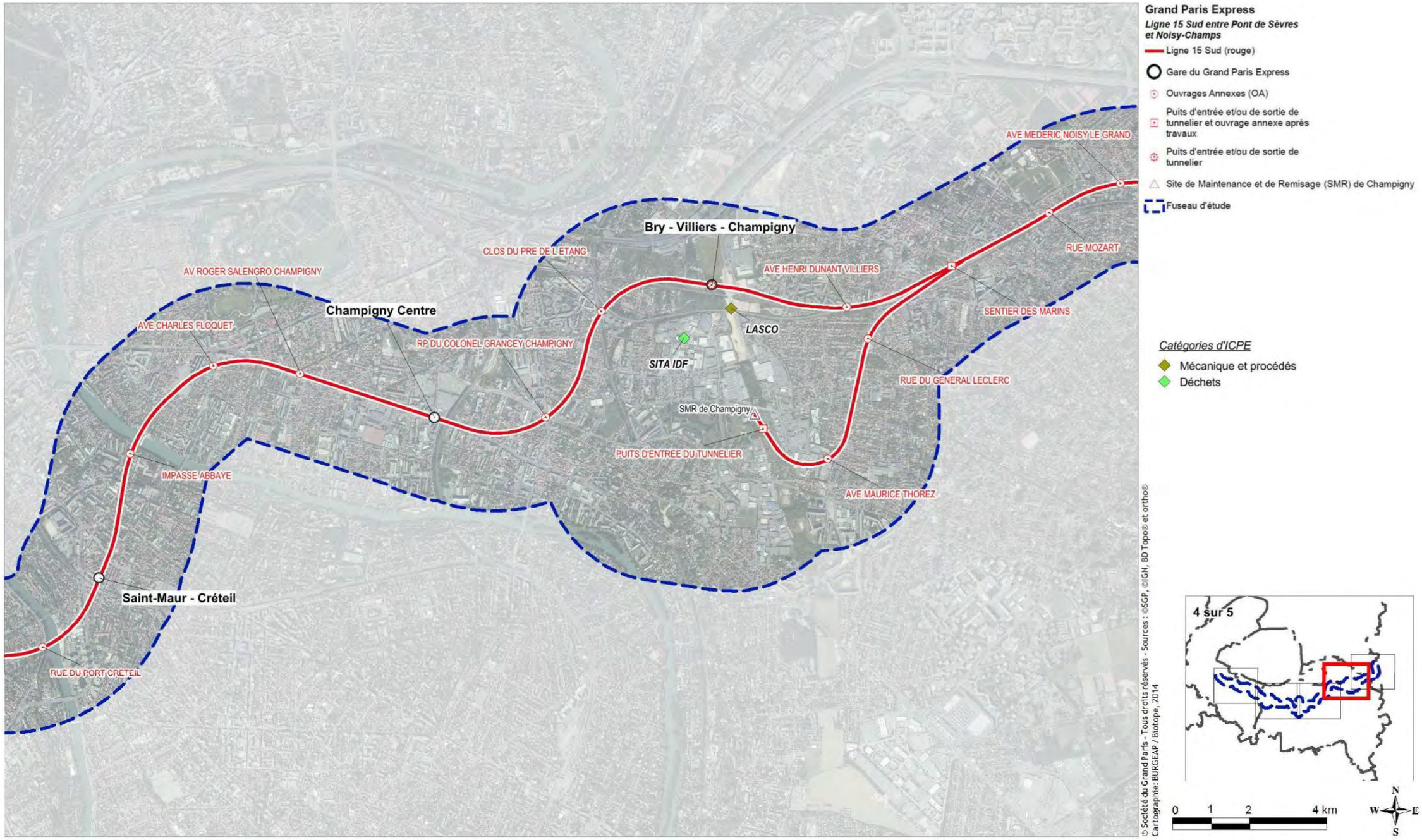
Installations recensées comme ICPE ou SEVESO – Secteur Bagneux – Les Ardoines



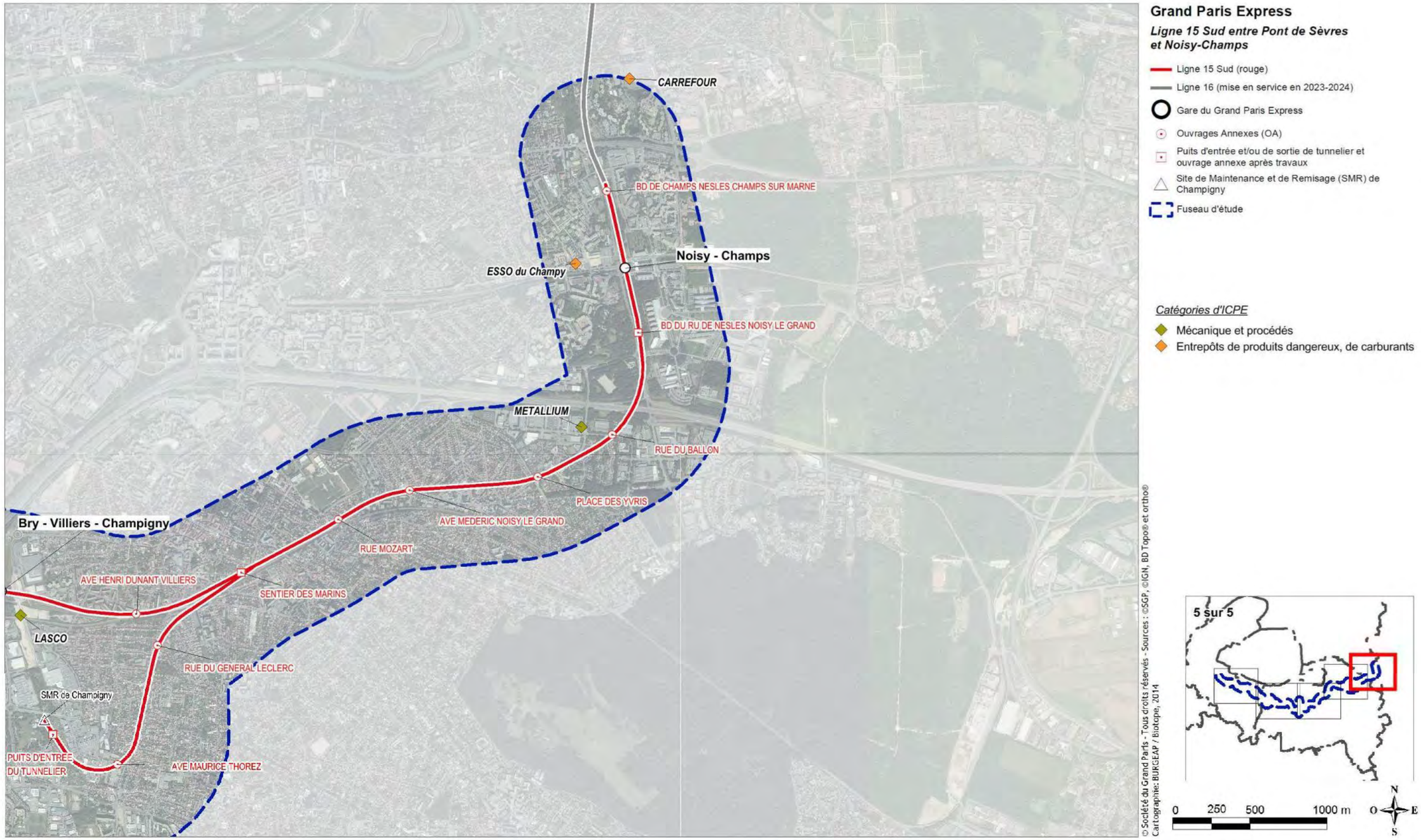
Installations recensées comme ICPE ou SEVESO – Secteur Les Ardoines – Saint-Maur Créteil



Installations recensées comme ICPE ou SEVESO – Secteur Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny



Installations recensées comme ICPE ou SEVESO – Secteur Noisy-Champs



2.19.4 Risques pyrotechniques

Le projet nécessitant d'importants travaux souterrains, un état des lieux des risques pyrotechniques a été réalisé pour le compte de la société du Grand Paris au droit des zones les plus à risques, à savoir celles identifiées pour accueillir les futures gares[71]. Cet état des lieux est basé sur une étude documentaire, notamment des zones bombardées.

Ces risques sont liés à des problématiques de sites pollués (ex : bombardement). Cette partie est donc développée dans le chapitre 2.9 du présent document « Gestion des terres et milieux pollués ».

2.19.5 Risque lié au transport de matières dangereuses (TMD)

Une matière dangereuse est une substance qui peut présenter un danger grave pour l'homme, les biens ou l'environnement, par ses propriétés physiques ou chimiques, ou encore par la nature des réactions qu'elle est susceptible de provoquer. Elle peut être inflammable, toxique, explosive, corrosive ou radioactive.

On peut observer 4 types d'effets qui peuvent être associés à un accident de transport de matière dangereuse :

- les effets thermiques sont liés à une combustion d'un produit inflammable ou à une explosion. Il en résulte des brûlures plus ou moins graves ;

- les effets mécaniques sont liés à une surpression, résultant d'une onde de choc (déflagration ou détonation), provoquée par une explosion. Il en résulte des lésions aux tympans, poumons, etc. ;

- les effets toxiques résultent de l'inhalation, de contact ou d'ingestion d'une substance chimique toxique (chlore, ammoniac, phosgène, acides, etc.), suite à une fuite sur une installation. Les effets peuvent être, par exemple, un œdème du poumon ou une atteinte au système nerveux ;

- les effets dus aux substances radioactives sont liés aux rayonnements ionisants qui peuvent atteindre tous organes ou organismes vivants.

Toutes les communes du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud sont concernées par le risque associé au transport de matière dangereuses (source : macommune.prim.net, consulté le 22/12/2014).

Aucune information plus détaillée n'est disponible. En tout état de cause ce risque concerne en particulier les grands axes de circulation. Sont notamment concernées à ce titre pour la Ligne 15 Sud la RN 118, l'A6a et l'A6b, l'A86 et l'A4. En outre, il existe également un fort trafic TMD de livraison (stations-services, etc.) qui met en évidence le caractère très diffus et général de l'enjeu au niveau du territoire. Ainsi, l'évaluation quantifiée et précise de l'enjeu au niveau du fuseau de la Ligne 15 Sud est délicate en raison de l'absence de critères d'analyse « évidents ».

[71] Mission de sécurisation pyrotechnique des reconnaissances géotechniques du réseau de transport public du Grand Paris – Etape 1 : état des lieux de l'ensemble du tracé – SITA Remédiation et CESP – juin 2014

2.19.6 Synthèse des enjeux liés aux risques technologiques

La Ligne 15 Sud est concernée par la présence d'ICPE dans son fuseau d'étude. Celles-ci restent cependant éloignées du tracé de référence et des ouvrages de la Ligne 15 Sud à l'exception des installations suivantes :

- Le dépôt SNCF Montrouge sur la commune de Bagneux,
- L'Institut Gustave Roussy,
- La chaufferie Echât Ouest sur la commune de Créteil,
- La chaufferie Echât Est sur la commune de Créteil,
- Le CHU Henri Mondor sur la commune de Créteil,
- Les ICPE du secteur des Ardoines dont la concentration est forte.

Le risque technologique lié aux ICPE (hors SEVESO) est contenu dans les emprises de site de l'activité classée. Ainsi, les enjeux vis-à-vis des ICPE sont faibles.

Concernant les installations SEVESO, l'enjeu se situe dans le secteur des Ardoines, où se trouvent :

- le site de stockage d'hydrocarbure DELEK France. Ce site, classé Seveso seuil Haut se situe en proximité de la gare des Ardoines.
- La centrale de production d'électricité EDF CETAC. Ce site, classé Seveso seuil Bas se situe en proximité de l'OA Friche Arrighi.

La réalisation de la gare ainsi que la mise en œuvre du tunnel et de ces installations connexes doivent donc prendre en compte la proximité des activités des sites DELEK France et EDF CETAC afin de réduire et maîtriser les risques associés.

L'enjeu est fort au regard :

- De la proximité du site et de l'inscription de la gare au sein du zonage réglementaire b3 prévu par le PPRT approuvé pour le site DELEK France. Ce zonage constitue une zone d'autorisation limitée.
- De la proximité du puits d'attaque tunnelier Friche Arrighi et de son inscription au sein du zonage d'aléas thermiques et de surpression associé au site EDF CETAC.

Enfin, en termes de transport de matières dangereuses, si l'ensemble des communes traversées par le fuseau de la Ligne 15 Sud est concerné, l'enjeu reste faible.

Hiérarchisation des enjeux relatifs aux risques technologiques

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	ICPE en proximité de gares et d'OA
Issy RER à Arcueil-Cachan	ICPE en proximité de gares et d'OA
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	ICPE en proximité de gares et d'OA
Vitry Centre à Champigny Centre	ICPE en proximité de gares et d'OA
	Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT intercepte la gare des Ardoines Site EDF CETAC classé SEVESO Seuil Bas dont le zonage des aléas thermiques et de surpression intercepte la friche Arrighi.
	ICPE en proximité de la gare de Créteil l'Echat
Champigny Centre à Noisy-Champs	ICPE en proximité de gares et d'OA

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

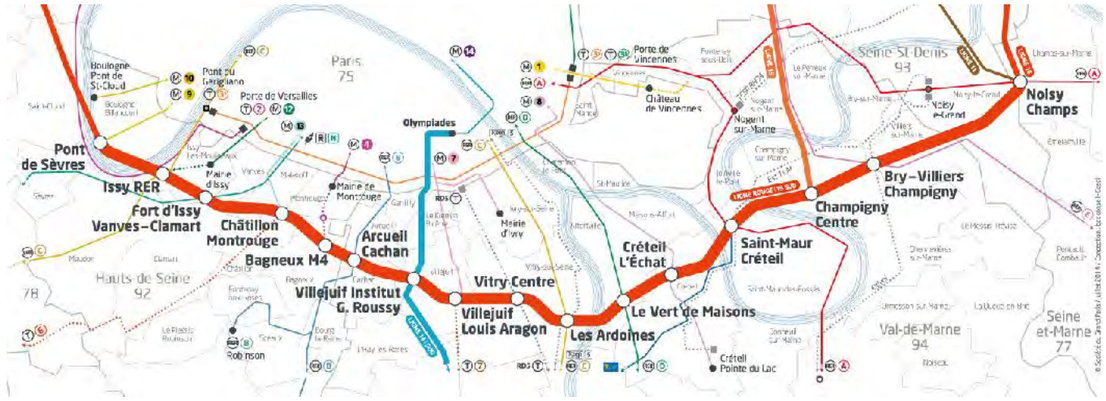
2.20 Mobilité

2.20.1 L'offre en transports

La Ligne 15 Sud s'inscrit, tout particulièrement pour sa partie la plus à l'Ouest, dans un contexte urbain dense où les réseaux routiers et de transports publics sont fortement développés.

2.20.1.1 Une offre en transports publics assez développée

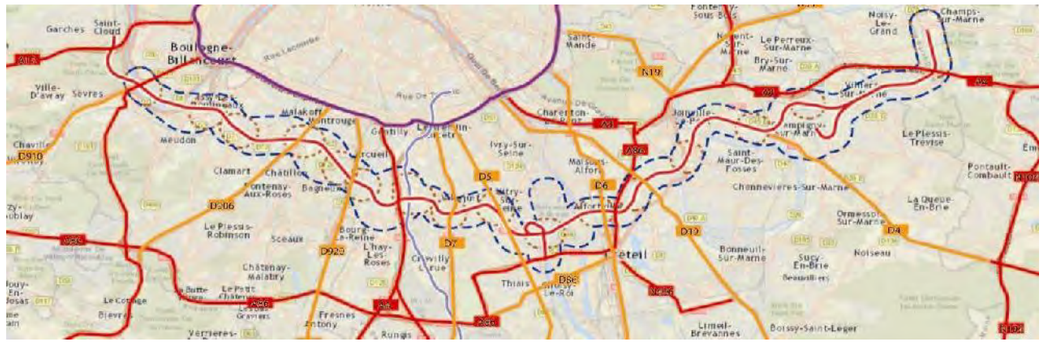
L'offre actuelle en transports publics (voir figure ci-dessous) à proximité du projet est assez bien développée. Plusieurs lignes de métro ont des terminus dans les différents secteurs desservis par la ligne (métro lignes 4, 7, 8, 9, 12 et 13) et les tramways T2, T3, T6 et T7 assurent la desserte de la proche banlieue en se faisant le relai des lignes de métro. Parallèlement, toutes les lignes du RER (A, B, C, D, E) assurent au moins une desserte dans le secteur. Enfin, la ligne de bus Trans-Val-de-Marne, presque entièrement en site propre, permet de relier différentes villes de la zone Sud-Est de la région parisienne. Notons toutefois que cette offre est principalement radiale (reliant Paris) et qu'elle est moins développée à mesure que l'on se déplace vers l'Est de la ligne.



Situation du projet au sein du réseau de transport public existant (source : SGP)

2.20.1.2 Un maillage routier dense

La ligne 15 Ouest est comprise entre deux rocades très importantes : le Boulevard Périphérique (en violet sur la figure ci-dessous) en sortie de Paris et l'autoroute A86. Elle croise également des axes routier radiaux très importants : les autoroutes A6 et A4, les nationales et départementales N6/D6, N4/D4 et D7/N7. La ligne croise également de nombreuses voiries départementales importantes telles que la D5.



Situation du projet au sein du réseau routier existant

2.20.2 Les déplacements

2.20.2.1 Grands résultats de l'EGT 201072 en Île-de-France et tendances

L'Enquête Globale Transport est une grande enquête régionale qui a lieu tous les dix ans environ depuis 1976 et qui permet de mieux connaître les comportements des Franciliens liés à la mobilité. La dernière édition en date (Enquête Globale Transport 2010) a été réalisée entre 2009 et 2011. L'Enquête Globale Transport 2010 a été co-pilotée et co-financée par le Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF) et la Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement (DRIEA) d'Ile-de-France. Pour cette édition, 15 000 ménages ont été enquêtés du lundi au vendredi et 18 000 sur toute la semaine, ce qui correspond à près de 43 000 personnes sur l'ensemble de l'Ile-de-France.

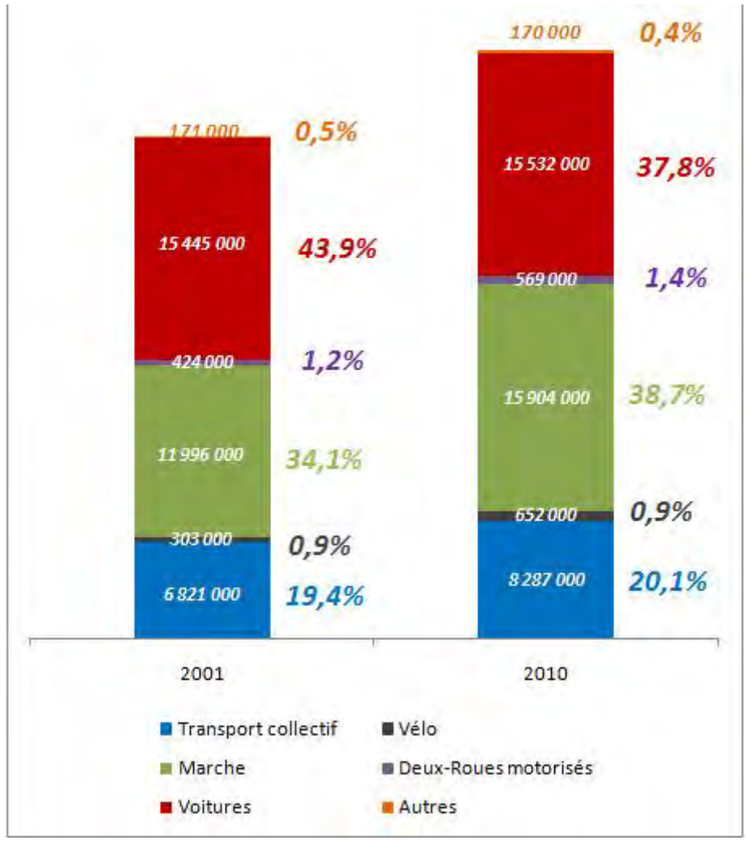
Les résultats de l'enquête montrent que 10,6 millions de Franciliens (de 5 ans et plus) effectuent au total 41 millions de déplacements par jour. L'observation de la mobilité en Ile-de-France entre 2001 et 2010 met notamment en évidence une augmentation du nombre de déplacements effectués en transport en commun (+21% entre 2001 et 2010) ; le nombre des déplacements en voiture particulière est quant à lui pratiquement stable (+0,6%). En conséquence, l'automobile a vu sa part dans la mobilité quotidienne diminuer : elle représentait au moins 1,54 déplacement par personne et par jour en 2001, alors qu'en 2010 elle n'en représente plus que 1,46.

La mobilité en transports collectifs a quant à elle augmenté entre 2001 et 2010 ; jusqu'en 2001, il existait une certaine stabilité dans le nombre de déplacements en TC par personne et par jour (0,68), mais ce nombre a progressé pour atteindre 0,78 déplacement par personne et par jour. Cette évolution fait suite à la période 1991-2001 qui avait déjà vu une diminution de l'utilisation de la voiture. L'usage de la voiture ne progresse qu'en grande couronne, principalement dans l'espace rural et les agglomérations secondaires, où les réseaux de transport en commun sont les moins denses.

[72] EGT 2010 : Enquête Globale Transport 2010, STIF, DRIEA, Omnil

2.20.2.2 Evolutions de la répartition modale et géographique des déplacements

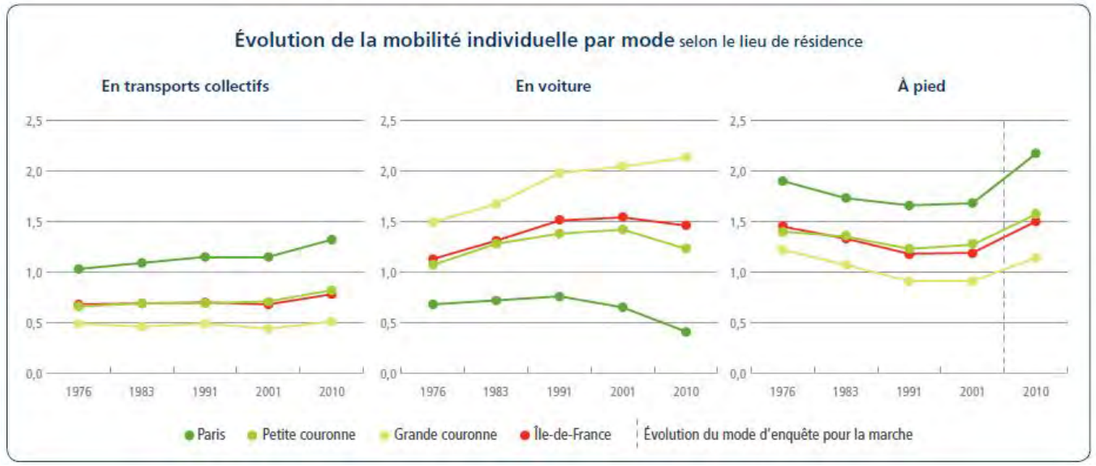
41,1 millions de déplacements sont observés en 2010 par jour et tous modes, contre 35,2 millions en 2001. Cette croissance se retrouve tout particulièrement dans les transports collectifs, le vélo et la marche.



Nombre de déplacements quotidiens en Ile-de-France selon le mode en 2001 et 2010 (source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

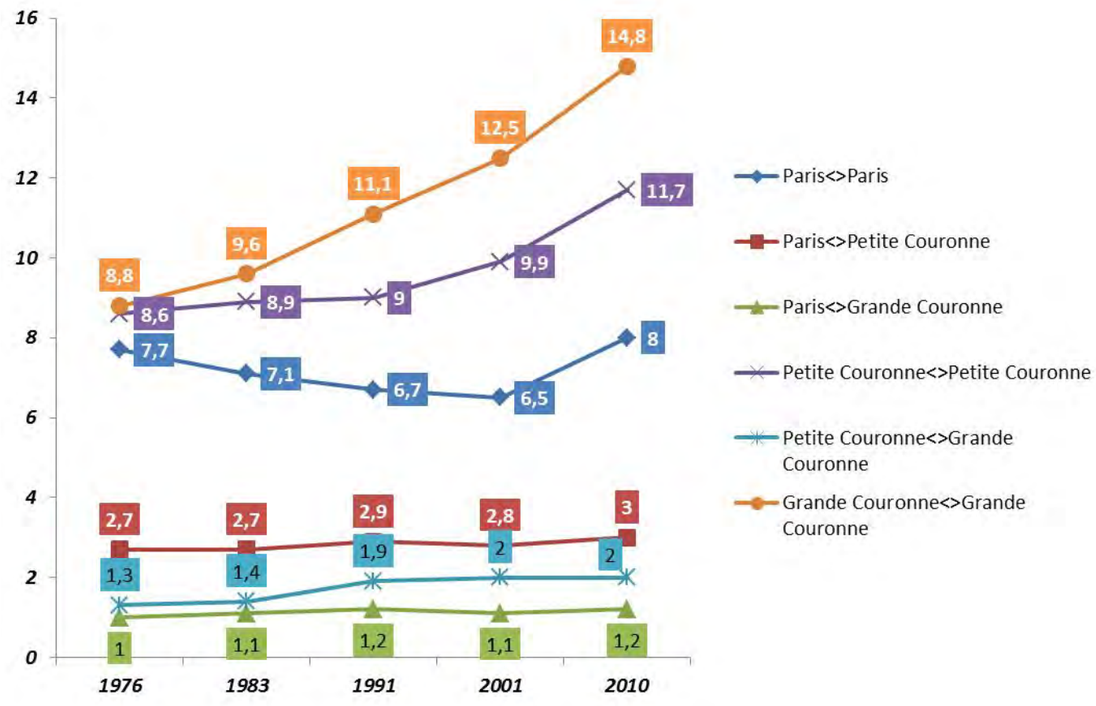
Pour les transports collectifs, une augmentation de fond est observée depuis 1976 et s'accélère, et ce pour chaque territoire. En 2010, près de 8,3 millions de déplacements sont effectués par ce mode, ce qui correspond à une augmentation de 21% entre 2001 et 2010.

Pour les déplacements en voiture, la diminution de leur nombre qui est observée depuis 1991 se poursuit en petite couronne et à Paris. En grande couronne seulement, le nombre de déplacements de ce mode continue de progresser. Globalement, la part modale moyenne de la voiture particulière se réduit et passe sous la barre des 40%.



Evolution de la mobilité individuelle par mode selon le lieu de résidence (source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

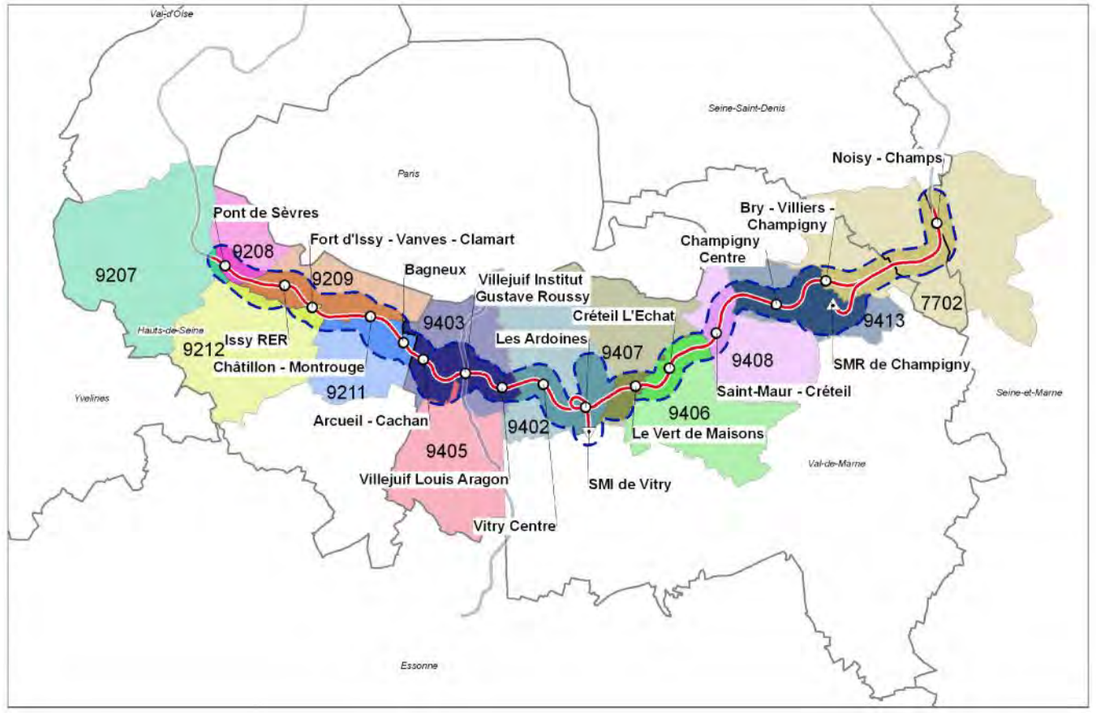
Géographiquement, les déplacements internes aux petite et grande couronnes augmentent à un rythme soutenu depuis 1983 et sont très majoritaires dans la répartition des déplacements au sein de la région Ile-de-France. Suivent les déplacements internes à Paris, presque deux fois inférieurs à ceux internes à la grande couronne, et les liaisons d'échange entre couronnes.



Evolution du nombre de déplacements par liaison en millions (source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

2.20.2.3 La demande en déplacements dans la zone d'étude de la Ligne 15 Sud (depuis, vers et à proximité du tronçon)

Dans le cadre de l'EGT 2010, les départements en Ile-de-France ont été découpés statistiquement en 109 « secteurs de tirage » regroupant différentes communes entre elles, afin d'avoir un nombre d'enquêtes suffisant pour une exploitation de qualité (de 400 à 500 enquêtes). Ces secteurs, qui correspondent à des territoires où habitent environ 100 000 personnes, sont représentés dans la figure ci-après. Les secteurs pris en compte dans l'analyse propre au tronçon sont coloriés.



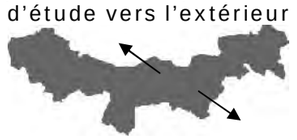
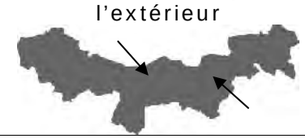
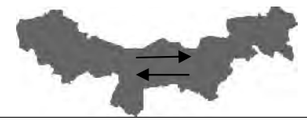
Secteurs EGT de tirage[73] des Hauts-de-Seine, du Val-de-Marne, de la Seine-et-Marne et de la Seine-Saint-Denis retenus pour l'analyse (source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA / Traitement : Stratec)

a. <u>Origines et destinations des déplacements motorisés de ou vers la zone d'étude</u>

L'exploitation de l'EGT 2010 permet d'identifier les déplacements motorisés entrant dans la zone d'étude, les déplacements sortant de la zone d'étude et les déplacements internes à la zone d'étude.

Quel que soit le type de déplacement (interne, depuis ou vers l'extérieur), leur nombre est similaire et atteint environ 1,3 à 1,4 millions de déplacements.

Nombre de déplacements motorisés selon sa typologie, un jour ouvrable moyen (Source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

Déplacements depuis la zone d'étude vers l'extérieur	Déplacements vers la zone d'étude depuis l'extérieur	Déplacements internes de la zone d'étude
		
1 333 000 déplacements 32.9 %	1 328 000 déplacements 32.7 %	1 397 000 déplacements 34.4 %

L'origine et la destination des déplacements motorisés à partir de la zone d'étude et finissant à l'extérieur ou débutant à l'extérieur et finissant dans la zone d'étude sont reprises dans le tableau suivant. Paris domine, à hauteur de 41%. Suivent les autres départements limitrophes (Hauts-de-Seine et Val-de-Marne) qui contribuent à 13% des déplacements entrants et sortants.

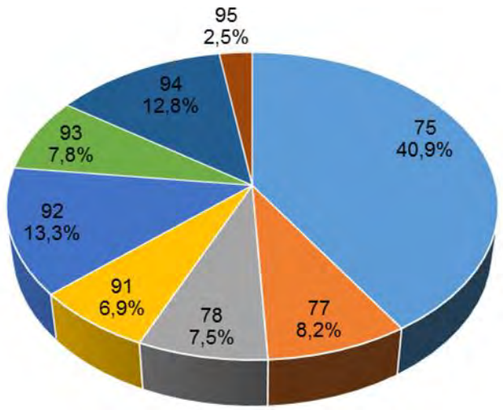
Les flux ayant pour destination Paris sont les plus représentés (de l'ordre de la moitié des déplacements). Cela s'explique par une attractivité plus importante de la capitale en termes d'emplois. Suivent ensuite le Val-d'Oise et les Yvelines qui sont les départements adjacents à la zone d'étude.

Part des départements dans les déplacements motorisés (hors déplacements internes à la zone d'étude), un jour ouvrable moyen (Source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

Département de destination	Part des déplacements depuis ou vers la zone d'étude
Paris (75)	40.9%
Hauts-de-Seine (92)	13.3%
Val-de-Marne (94)	12.8%
Seine et Marne (77)	8.2%
Seine-Saint-Denis (93)	7.8%
Yvelines (78)	7.5%
Essonne (91)	7.0%
Val d'Oise (95)	2.5%

La répartition de la part des différents départements de destination est reprise dans le graphique suivant. Ce graphique représente la moyenne des déplacements motorisés depuis ou vers la zone d'étude, les déplacements internes à la zone ayant été exclus.

[73] Les "secteurs de tirage" regroupent différentes communes entre elles dans le but d'obtenir un nombre d'enquêtes suffisant pour une exploitation de qualité de celles-ci.

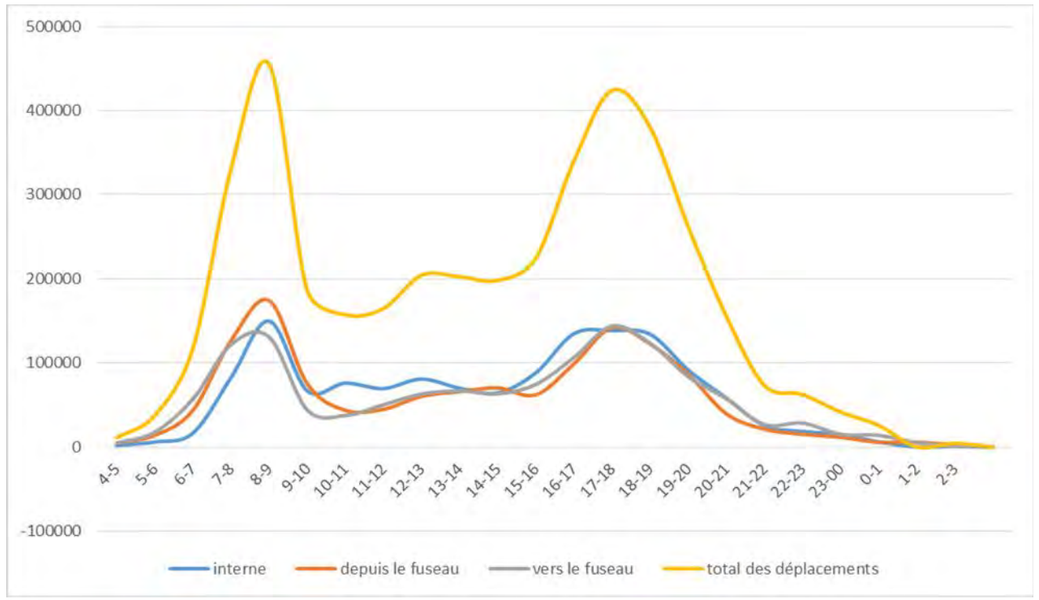


Déplacements motorisés depuis ou vers la zone d'étude, un jour ouvrable moyen (Source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

b. Répartition des déplacements motorisés sur la journée

Les déplacements motorisés tous motifs connaissent une pointe le matin entre 7h et 10h (environ 455 000 déplacements à la pointe maximale) et une pointe le soir, plus étendue de 15h à 19h (un peu plus de 424 000 déplacements à la pointe maximale). Ces horaires correspondent aux heures d'arrivées et de sorties du travail.

A 12h et 13h, le nombre de déplacements motorisés connaît une légère pointe (environ 203 000 déplacements par heure tous motifs de déplacement). 10h est l'heure la plus creuse en termes de déplacements (160 000 déplacements tous motifs de déplacement).



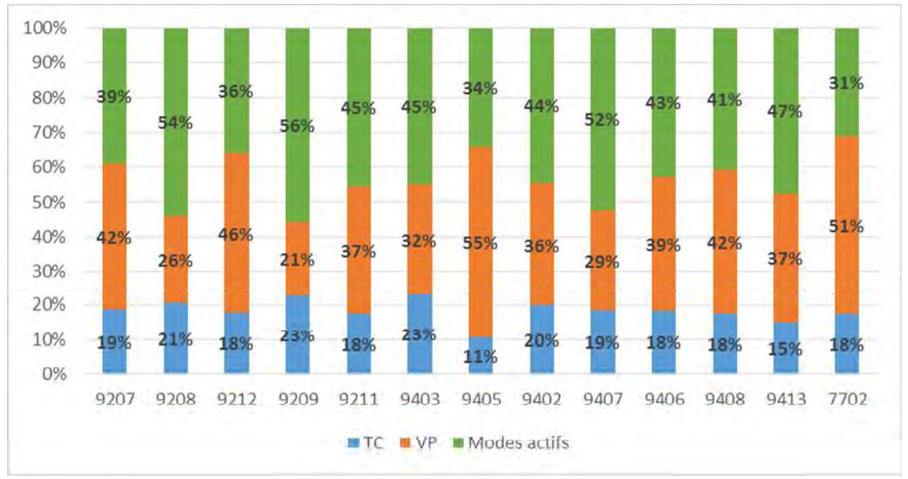
Evolution du nombre de déplacements motorisés liés à la zone d'étude au cours de la journée, un jour ouvrable moyen (Source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

2.20.2.4 Les parts modales

a. Introduction

La Ligne 15 Sud traversera des territoires où les transports en commun sont en moyenne minoritaires pour les déplacements quotidiens internes, sortants et entrants (18 %), où la part de l'utilisation de la voiture reste importante (38%) mais pas autant que celle des modes actifs (par exemple marche à pied ou vélo) (44 %).

La répartition des parts modales est différente d'un secteur de l'EGT à l'autre, mais il existe une logique de répartition selon la distance à Paris, globalement respectée. Ainsi, pour les secteurs les plus éloignés de Paris (n'ayant pas de limite commune avec Paris intra-muros, secteur EGT 7702, 9207, 9211, 9212, 9402, 9405, 9406, 9408, 9413) : la part modale moyenne de la voiture est de 43 %, la part des modes actifs moyenne est de 40 % tandis que la part des transports collectifs est faible (environ 17 %). Entre Paris même et la banlieue limitrophe (zones EGT ayant une limite commune avec Paris intra-muros secteurs 9208, 9209, 9403, 9407), des différences sont visibles : la part modale de la voiture diminue et a une moyenne de 27 % alors que la part des modes actifs augmente et devient majoritaire (moyenne de 52%) tout comme la part des transports collectifs (aux alentours de 21%).



Répartition des parts d'utilisation des modes de transports par secteurs d'Ouest en Est de la Ligne 15 Sud, concernant les déplacements quotidiens / habitant (Source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

b. Parts modales des déplacements motorisés vers/depuis l'extérieur de la zone d'étude par destination

L'analyse des parts modales concerne ici tous les déplacements depuis la zone d'étude vers Paris, la petite couronne ou la grande couronne et vis-versa un jour ouvrable moyen.

Les modes étudiés correspondent aux modes principaux utilisés pendant un déplacement. Pour mémoire, il convient de rappeler qu'un « déplacement » correspond à l'utilisation de plusieurs moyens de transport pour se rendre d'un point « A » à un point « B ». Un déplacement peut comprendre plusieurs trajets (et modes).

Les parts modales livrées dans l'EGT 2010 sont regroupées selon différentes classes : les transports ferrés longue distance (Train de banlieue « Transilien », RER), les transport ferrés urbains (Métro,

Tramway), les transports routiers collectifs (Bus RATP, Noctilien, Optile), les véhicules routiers individuels ou considérés comme tels (Véhicules particuliers, véhicules utilitaires, en tant que conducteur ou comme passager), les 2 roues motorisés en tant que passager ou conducteur immatriculés ou non (vélos exclus), les modes actifs, c'est-à-dire nécessitant un effort physique (marche à pied, vélo…) et enfin les « autres » modes.

Pour tous les modes de déplacement motorisés (sans prendre en compte les modes actifs), les parts modales reprises dans le tableau suivant ont été recensées :

Parts modales des déplacements motorisés depuis ou vers la zone d'étude, un jour ouvrable moyen (Source : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

Mode	Depuis ou vers la zone d'étude
Transports collectifs	46,0%
Voiture particulière	49,9%
Deux roues motorisées	3,7%
Autres	0,4%

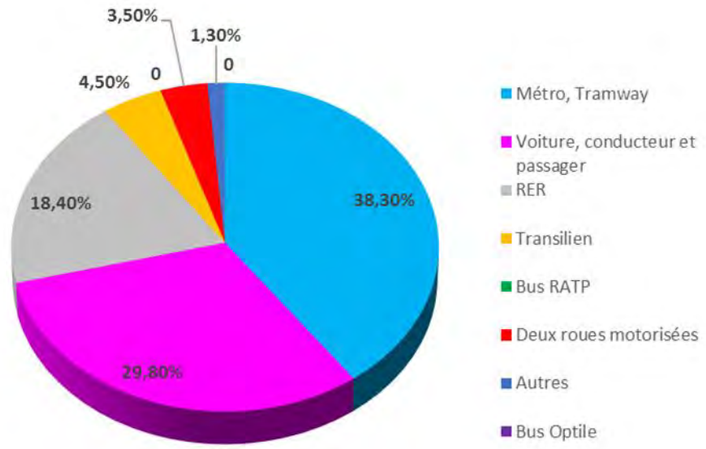
La part des déplacements effectués en transports collectifs est donc relativement élevée mais reste légèrement inférieure (de l'ordre de 4 points de pourcentage). L'importante offre en transports en commun ainsi que la part importante des déplacements en lien avec Paris (41%) expliquent cette situation.

<u>Vers Paris : le poids conséquent des transports en commun</u>

La répartition des parts modales vers Paris montre que les trois modes privilégiés sont le métro, la voiture et le RER. A eux seuls, le métro et le RER représente près de 60% des déplacements. Cela s'explique par un réseau radial important de transports publics à destination/provenance de Paris.

Parts modales des déplacements motorisés vers Paris depuis les zones EGT d'étude considérées, EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen

Vers Paris	Nombre de déplacements	Part modale
Métro, Tramway	208 800	38,3 %
Voiture, conducteur et passager	162 300	29,8 %
RER	100 600	18,4 %
Deux roues motorisées	24 400	4,5 %
Bus RATP	22 800	4,2 %
Transilien	19 200	3,5 %
Autres	7 400	1,3 %
Bus Optile	/	/
Total	545 500	100 %



Parts modales des déplacements motorisés vers Paris (mode principal) (STRATEC sur base de l'EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

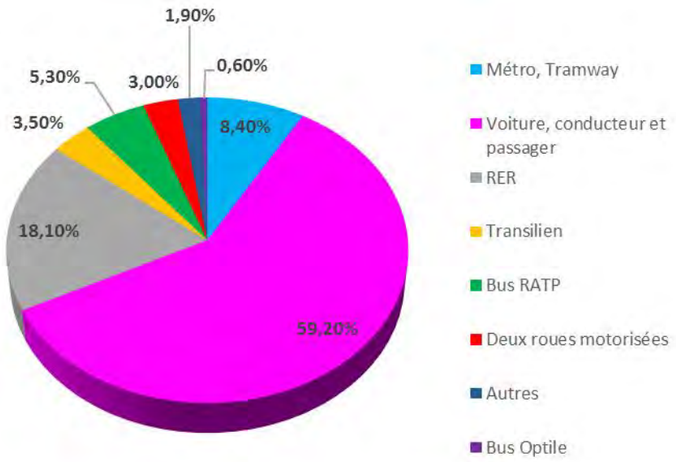
<u>Vers la première couronne : une inversion des parts modales</u>

La répartition des parts modales des déplacements vers la première couronne est sensiblement différente de celle des déplacements vers Paris.

Les parts correspondant au métro, au RER et au Transilien diminuent au profit de la voiture particulière. Les transports en commun représentent au total un peu moins de 40 % des déplacements motorisés vers la première couronne. La voiture, avec une part modale de 59 % devient le mode principal.

Parts modales des déplacements motorisés vers la première couronne (hors zone d'étude) depuis les zones d'étude EGT considérées, EGT 2010, un jour ouvrable moyen

Vers la Première Couronne	Nombre de déplacements	Part modale
Voiture, conducteur et passager	270 600	59,2%
RER	82 800	18,1%
Métro, Tramway	38 100	8,4%
Bus RATP	24 100	5,3%
Transilien	15 900	3,5%
Deux roues motorisées	13 900	3,0%
Autres	8 500	1,9%
Bus Optile	3 000	0,6%
Total	456 900	**100%**



Parts modales des déplacements motorisés depuis la zone d'étude vers la petite couronne (mode principal). EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen

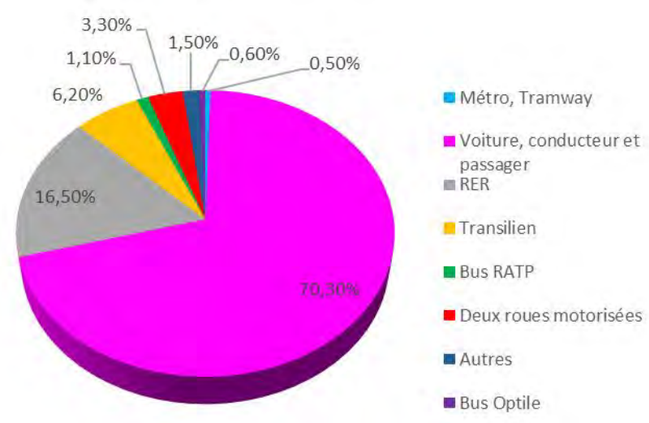
Vers la grande couronne

Vers la grande couronne, la répartition modale, par rapport aux déplacements vers Paris, ou vers la petite couronne, évolue en faveur de l'usage de la voiture. Cette dernière, avec une part modale de près de 70 %, domine largement les déplacements. Le RER suit, avec près de 17% des déplacements. La part de l'ensemble des transports en commun est d'environ 25%.

La part importante de la voiture par rapport aux transports en commun dans les déplacements tant vers la petite que la grande couronne s'explique par un réseau de transport en commun moins maillé que le réseau routier. L'offre en transport en commun est moins bien fournie pour ce type de déplacement.

Parts modales des déplacements motorisés vers la grande couronne (hors zone d'étude) depuis les zones d'études EGT considérées, EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen.

Vers la Grande Couronne	Nombre de déplacements	Part modale
Voiture, conducteur et passager	232 600	70,3%
RER	54 500	16,5%
Transilien	20 500	6,2%
Deux roues motorisées	10 900	3,3%
Autres	4 900	1,5%
Bus RATP	3 700	1,1%
Métro, Tramway	1 700	0,5%
Bus Optile, Noctilien	1 800	0,6%
Total	330 600	**100%**



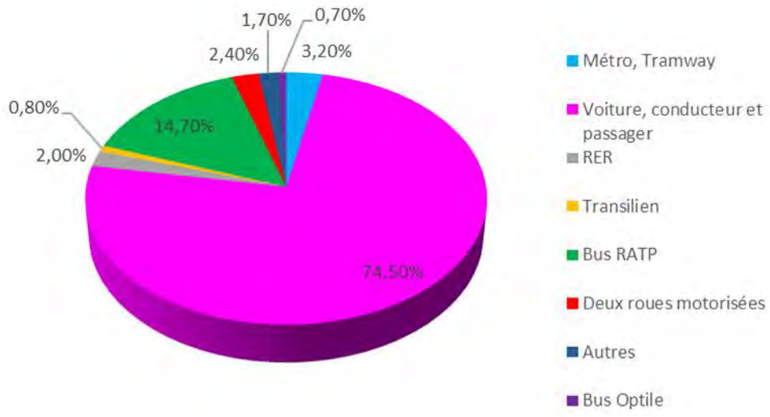
Parts modales des déplacements motorisés depuis la zone d'étude vers la grande couronne (mode principal). EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen

c. Parts modales des déplacements internes à la zone d'étude

Les déplacements motorisés sont effectués principalement par la voiture (74,5%). Vient ensuite, mais loin après, le transport par bus (14,7%). L'ensemble des transports publics représente environ un quart des déplacements motorisés.

Parts modales des déplacements motorisés internes à la zone d'étude (mode principal). EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen

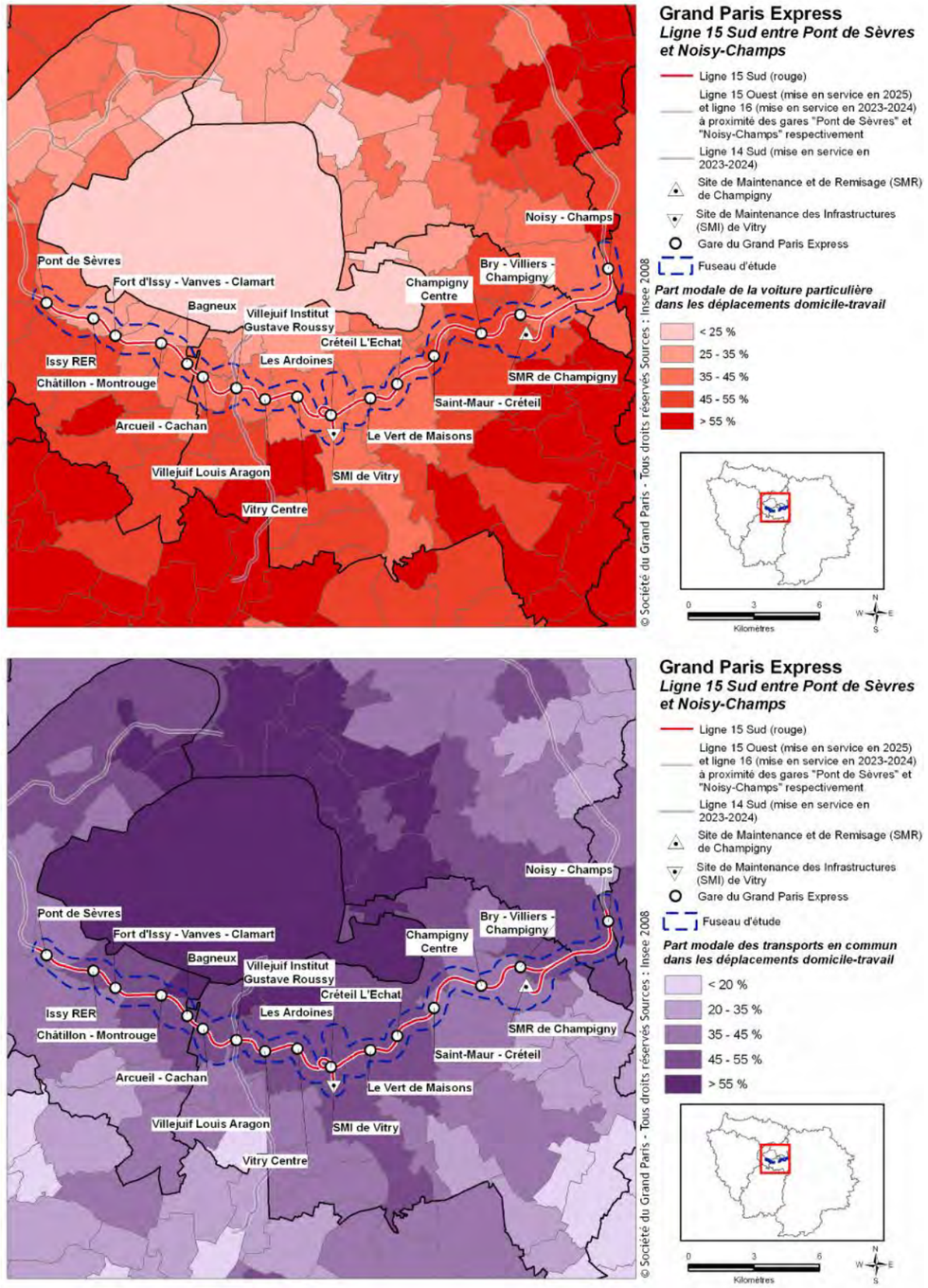
Déplacements internes	Nombre de déplacements	Part modale
Voiture, conducteur et passager	1 041 100	74,5%
Bus RATP	205 800	14,7%
RER	27 900	2,0%
Métro	44 900	3,2%
Deux roues motorisées	32 900	2,4%
Transilien	10 800	0,8%
Autres	24 000	1,7%
Bus Optile	9 900	0,7%
Total	1 397 300	**100 %**



Parts modales des déplacements motorisés internes à la zone d'étude (mode principal). EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen

d. Parts modales des déplacements domicile-travail par commune

Selon les résultats du recensement 2008 établi par l'INSEE et présentés page suivante, l'utilisation des transports en commun dans les déplacements domicile-travail est plus forte à Paris et dans les communes de proche banlieue, qu'ailleurs en Ile-de-France. Lorsque la distance au centre de l'agglomération augmente, l'utilisation de la voiture particulière est de plus en plus forte, l'offre de transports collectifs diminuant graduellement. Comme le montre les cartes suivantes, le projet s'inscrit dans des zones où la part modale des transports publics est moyenne à forte et celle de la voiture est moyenne à élevée. La part modale des transports en commun est plus faible dans certaines zones du fait de l'offre aujourd'hui insuffisante en transports en commun structurants (comme à Champigny-sur-Marne par exemple).



Parts modales des véhicules particuliers (haut) et des transports en commun (bas) dans les déplacements domicile-travail (Source : STRATEC sur base des données INSEE 2008)

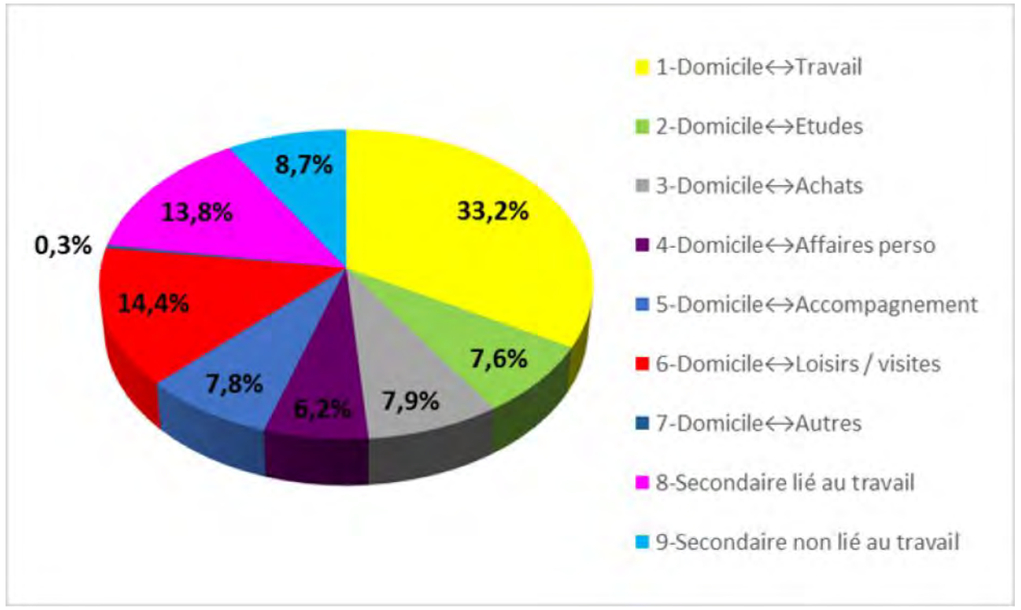
e. Les motifs de déplacement

Le tableau ci-après présente le nombre de déplacements motorisés journaliers par motif et s'ils sont internes à la zone d'étude ou en lien avec l'extérieur (externes).

Les 3 premiers flux en nombre brut ont pour motif les déplacements « domicile-travail », puis « domicile-loisirs » et enfin « secondaire lié au travail ». Le reste des flux se répartit entre les autres motifs.

Nombre brut des flux motorisés entrants, sortants et internes à la zone d'étude, selon le motif de déplacement (EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, STRATEC)

Motifs de déplacement	Flux entrants ou sortants		Flux internes		Total	
1-Domicile↔Travail	1 105 000	41,3%	247 000	17,7%	1.353.000	33,2%
2-Domicile↔Etudes	163 000	6,1%	146 000	10,5%	309.000	7,6%
3-Domicile↔Achats	135 000	5,0%	187 000	13,4%	322.000	7,9%
4-Domicile↔Affaires perso	149 000	5,6%	103 000	7,4%	252.000	6,2%
5-Domicile↔Accompagnement	119 000	4,4%	199 000	14,2%	317.000	7,8%
6-Domicile↔Loisirs / visites	394 000	14,7%	195 000	14,0%	589.000	14,4%
7-Domicile↔Autres	9 000	0,3%	4 000	0,3%	14.000	0,3%
8-Secondaire lié au travail	413 000	15,4%	151 000	10,8%	564.000	13,8%
9-Secondaire non lié au travail	191 000	7,1%	164 000	11,8%	355.000	8,7%
Total	2 678 000		1 397 000		4 075 000	



Motifs des déplacements motorisés depuis, vers et internes à la zone d'étude. EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, un jour ouvrable moyen.

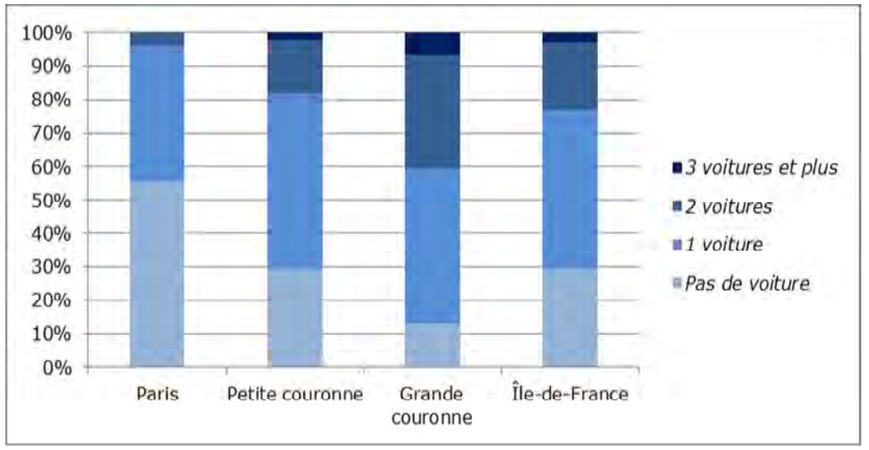
Le tableau simplifié des déplacements montre la répartition des flux selon 3 catégories : déplacements qui sont contraints (« domicile-travail », « domicile-études », « domicile-accompagnement »), déplacements non-contraints (« domicile-achats », « domicile-affaires personnelles », « domicile-loisirs/visites »), autres déplacements.

Nombre brut de flux motorisés répartis selon la contrainte des déplacements (EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA, STRATEC)

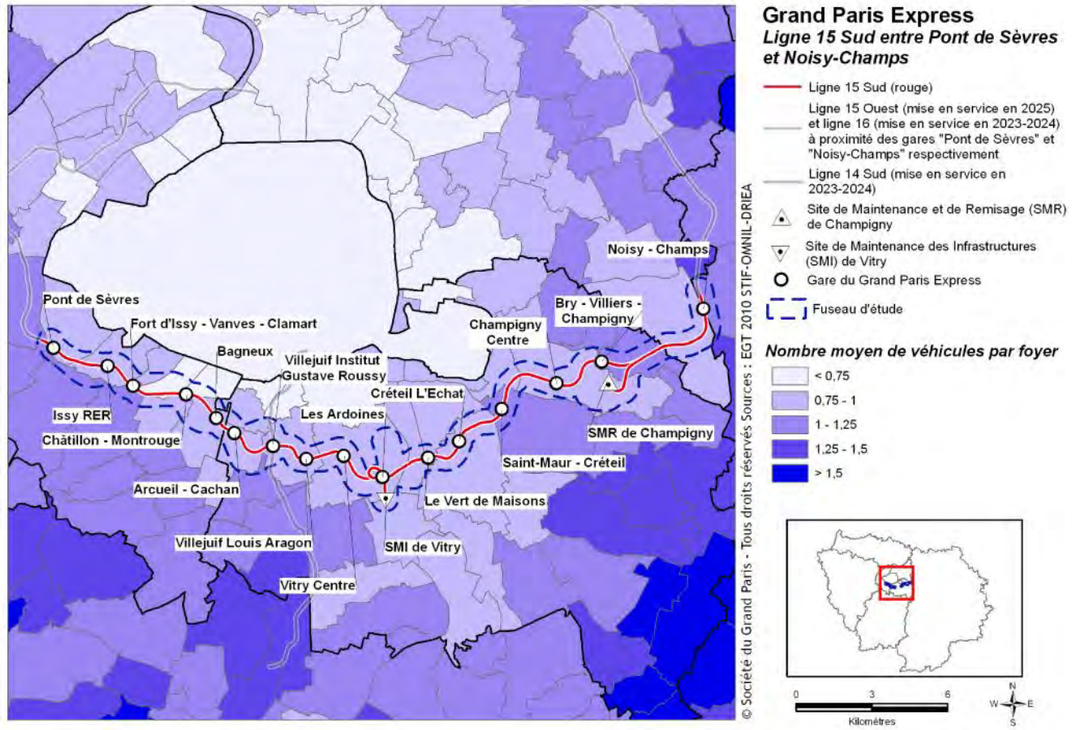
Motifs de déplacements (simplifié)	Flux entrants ou sortants	Flux internes	Total
Déplacements contraints	1 387 000	592 000	1 980 000
Déplacements non-contraints	678 000	485 000	1 163 000
Autres déplacements	613 000	320 000	933 000

2.20.2.5 La motorisation des ménages

En 2010, chaque ménage francilien possède en moyenne un véhicule. Ce chiffre est globalement resté stable depuis 10 ans. Cependant, plus localement, une évolution à la baisse du taux de motorisation des ménages parisiens peut être constatée. Cette tendance déjà observée précédemment s'étend à présent au-delà des limites de Paris, puisque le nombre baisse aussi pour les habitants de petite couronne. En grande couronne, par contre, l'équipement continue.



Part des ménages selon la motorisation et la couronne de résidence (Source : STRATEC, sur base de l'EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)



Part des ménages motorisés selon le secteur de l'EGT (Source : STRATEC sur base de l'EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA)

L'EGT 2010 montre qu'en petite couronne, l'évolution du nombre de voitures est en constante augmentation depuis 1976, même si un ralentissement de l'augmentation de l'équipement est observé depuis une décennie environ. L'analyse ci-après porte sur l'évolution récente du parc automobile ainsi que sur l'évolution d'autres indicateurs (part des ménages motorisés/non-motorisés/multi-motorisés et le nombre moyen d'individus disposant du permis de conduire).

Equipement des ménages dans les départements concernés par le projet : EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA

	Seine-Saint-Denis		Val-de-Marne		Hauts-de-Seine		Seine-et-Marne	
Voitures	2001	2010	2001	2010	2001	2010	2001	2010
Parc automobile (en milliers)	499	491	507	528	587	651	611	695
Part des ménages non motorisés	30,5	34	25,3	26,6	28,6	26,9	13,3	11,5
Part des ménages motorisés	69,5	66	74,7	73,4	71,4	73,1	86,7	88,5
Part des ménages multi-motorisés	18,7	16,1	22,8	19,6	21,1	19,6	39,7	44,2
Nombre moyen de voitures par individu ayant le permis de conduire (B)	0,73	0,69	0,73	0,72	0,69	0,69	0,83	0,89

Les évolutions de l'équipement des ménages sont globalement les mêmes pour les départements de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Cela conforte l'hypothèse d'un profil similaire pour ces proches banlieues de Paris (excepté lorsqu'il s'agit de l'évolution du parc automobile) : diminution de la part des ménages motorisés (et multi-motorisés) et du nombre moyen de voitures par individu ayant le permis de conduire. Cela s'explique par une offre en transport en commun développée.

Les évolutions sont inverses pour les Hauts-de-Seine et la Seine-et-Marne, où l'importance de la voiture est généralement en augmentation. En Seine-et-Marne, le maillage du réseau de transport en commun est moins développé que dans les départements de proches banlieue ce qui explique une utilisation plus importante de la voiture. La hausse dans les Hauts-de-Seine est à nuancer car le nombre moyen de voitures par individu reste relativement bas (égal à celui de la Seine-Saint-Denis).

2.20.2.6 Points à retenir sur les déplacements

Les principaux points à retenir sont les suivants :

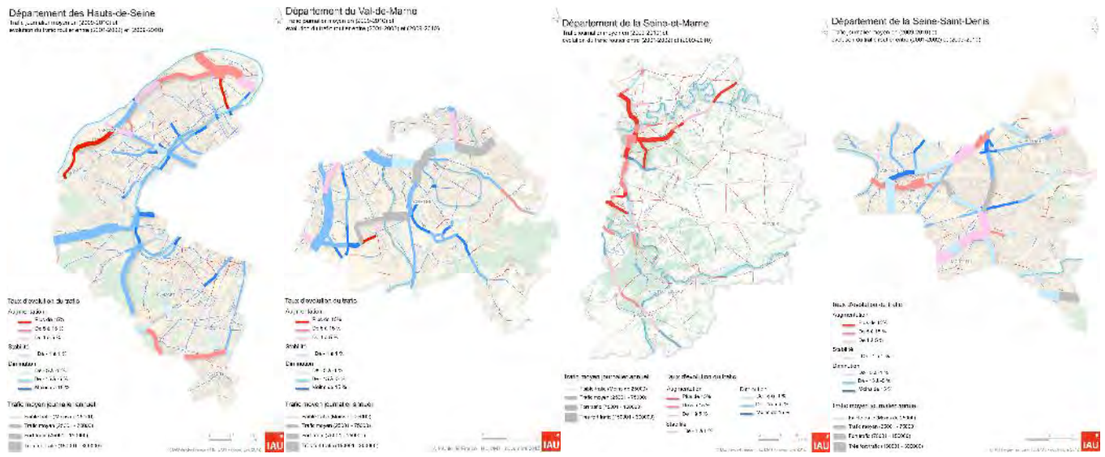
- Les déplacements motorisés commençant dans la zone d'étude et aboutissant à l'extérieur et ceux commençant à l'extérieur et se terminant dans la zone d'étude se font surtout avec Paris (40,9% des déplacements) ;
- 64,4% des déplacements depuis la zone d'étude vers Paris sont effectués en transports publics ;
- Les déplacements depuis la zone d'étude vers l'extérieur à l'exception de Paris se font principalement en voiture ;
- Les déplacements domicile-travail se font en grande majorité vers l'extérieur de la zone d'étude.
- Les déplacements motorisés internes à la zone d'étude se font très majoritairement en voiture.

2.20.3 La charge et la saturation des réseaux

2.20.3.1 Transport routier

Les cartes suivantes représentent les principaux axes routiers et leur saturation.

Le projet se situe au cœur d'un réseau routier varié (autoroutes, routes, voirie locale) où globalement la saturation se fait plus ressentir le long des axes les plus importants (A6, A86) et dans les zones les plus denses. Le long des voiries locales, la saturation est généralement moindre. Les voies rapides que rencontre le projet sont toutes très saturées : les rocades (A86 et Boulevard Périphérique) affichent des taux de saturation supérieurs par endroits à 100% et les radiales (A6 par exemple) sont saturées entre 80% et 100%.



Saturation sur les principales voies du réseau routier (Source : « La Circulation Routière en IdF en 2010 », IAU IdF)

2.20.3.2 Transport public

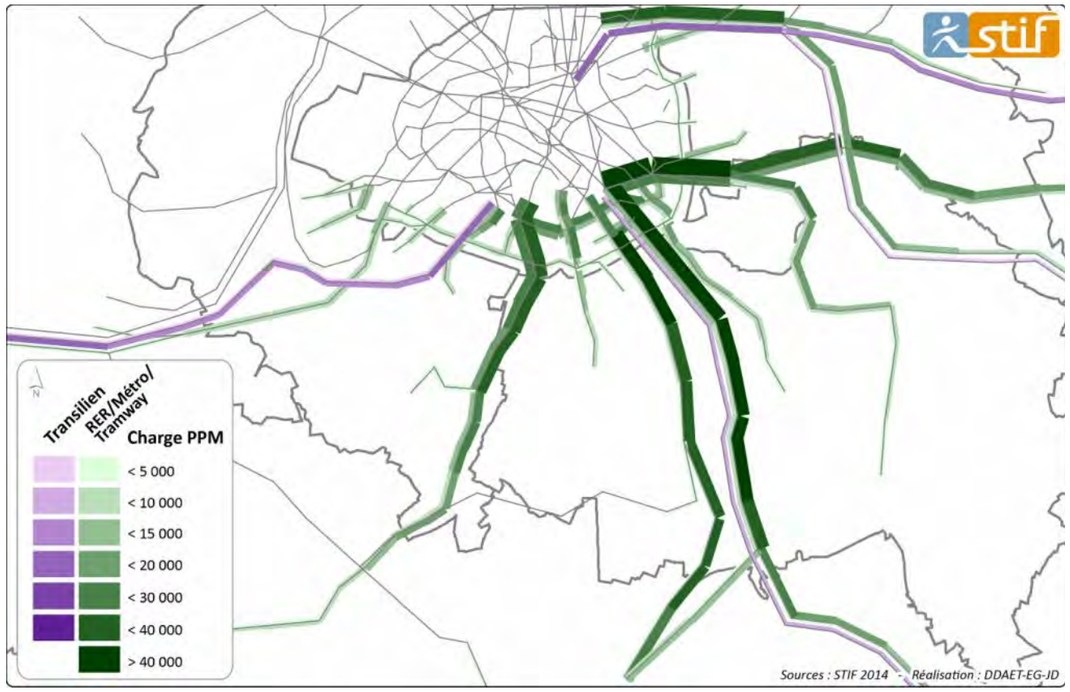
Le secteur d'étude intercepte plusieurs lignes structurantes du réseau de transport en commun francilien qui supportent des charges importantes de voyageurs, notamment :

- Le RER A, desservant notamment les gares de Noisy-Champ et Saint-Maur Créteil, assure au total près de 1 200 000 voyages par jour ouvrable de base.
- Le RER B, desservant notamment le sud de la région parisienne et la gare d'Arcueil-Cachan, assure environ 860 000 voyages par jour ouvrable (680 000 pour la partie de la ligne située au sud de la gare du Nord).
- Le RER C, qui dessert la gare des Ardoines et d'Issy, assure environ 540 000 voyages par jour ouvrable.
- Le RER D, desservant le sud-est de la région parisienne et la gare du Vert de Maisons, assure environ 550 000 voyages par jour ouvrable (430 000 pour la partie de la ligne située au sud de la gare du Nord).
- Le RER E, desservant notamment l'est de la région parisienne et la gare de Bry-Villiers Champigny, assure environ 340 000 voyages par jour ouvrable.
- La ligne N du Transilien, qui dessert notamment Fort d'Issy – Vanves - Clamart, assure environ 130 000 voyages par jour ouvrable.
- Sur le réseau de métro, le secteur d'étude comprend notamment les lignes 4, 7, 8, 9 et 13, assurant respectivement 710 000, 630 000, 490 000, 600 000 et 670 000 voyages par jour ouvrable.

Plusieurs des gares situées sur ces différentes lignes et dans le périmètre d'étude accueillent donc un nombre important de voyageurs, notamment :

- La gare de Châtillon-Montrouge (ligne 13) est la plus fréquentée et supporte environ 54 000 voyageurs par jour ouvrable.
- Les gares de Noisy-Champs (RER A), Pont de Sèvres (ligne 9), Villejuif L. Aragon (ligne 7) et Saint-Maur Créteil (RER A) accueillent toutes les quatre plus de 30 000 voyageurs par jour ouvrable.
- D'autres gares existantes supportent également des flux de voyageurs non négligeables : 26 000 à la gare d'Arcueil-Cachan (RER B), 20 000 à la gare de Créteil L'Echat (métro 8), 13 000 à la gare du Vert de Maisons (RER D) et 11 000 à la gare de Clamart (ligne N du Transilien).

La carte ci-dessous présente les niveaux de charge sur les lignes de Transilien / RER / métro / tramway du secteur d'étude, à la période de pointe du matin (correspondant aux deux heures les plus chargées de la pointe du matin).



Charge actuelle sur le réseau de transports en commun structurant à la période de pointe du matin (2h les plus chargées) (Source : STIF, 2014)

2.20.3.3 Points à retenir sur la charge et la saturation des réseaux

Les principaux points à retenir sont les suivants :

- les voies rapides à proximité du projet (Boulevard Périphérique, A6, A86) sont aujourd'hui saturées à l'heure de pointe du matin ;
- le réseau ferré est fortement chargé lorsque la distance à Paris diminue.

2.20.4 La mobilité à proximité des futures gares

Dans cette partie, l'analyse porte sur un état des lieux, dans un rayon de 500m autour de chacune des futures gares, de l'offre en transports publics et des réseaux routiers importants. La facilité d'accès pour les modes actifs est également abordée.

L'offre en transports publics comprend la cartographie des réseaux Transilien/RER/métro/tram/bus, complétée par un descriptif écrit de cette offre. Le réseau de surface actuel est décrit sans préjuger de son redéploiement à terme, qui interviendra en accompagnement de la mise en service du projet.

La desserte par le réseau routier comprend la cartographie des autoroutes, routes nationales et routes départementales situées à proximité des projets de gares. La proximité avec des échangeurs est aussi indiquée dans un descriptif.

Nombre de stations et d'arrêts présents à proximité des futures gares du projet

Gares	Stations RER/Métro/Tram/Transilien (rayon 500 m)	Bus (dont Noctilien) (rayon 500m)
Pont de Sèvres	2	18
Issy RER	3	8
Fort d'Issy / Vanves / Clamart	1	11
Châtillon-Montrouge	2	15
Bagneux	1	9
Arcueil-Cachan	1	12
Villejuif Institut G. Roussy	0	11
Villejuif Aragon	2	10
Vitry Centre	1	4
Les Ardoines	1	1
Le Vert de Maisons	1	2
Créteil L'Echât	1	6
Saint-Maur Créteil	1	9
Champigny Centre	0	5
Bry Villiers Champigny	0	4
Noisy-Champs	1	6
Moyenne	1,1	8,2

2.20.4.1 Pont de Sèvres



Carte de l'offre de transport en commun à proximité du projet de gare (Source : RATP 2014)

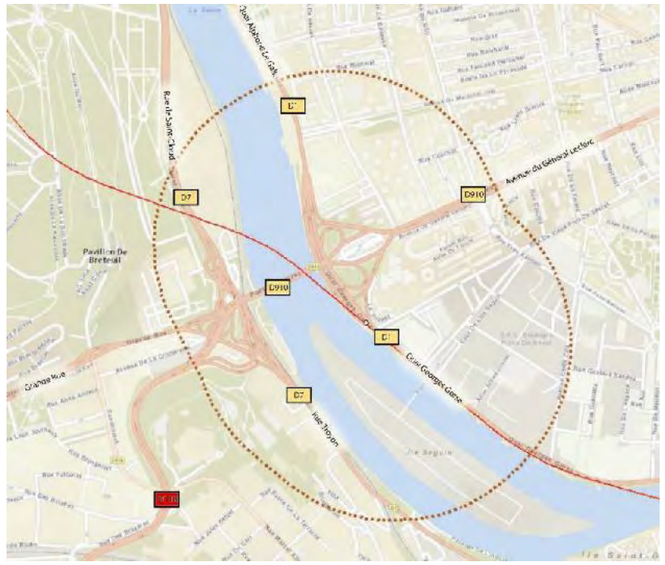
Accessibilité en transports en commun :

Métro : M9 (station Pont de Sèvres)

Tramway : T2 (station Musée de Sèvres)

Bus : 17, 26, 40, 42, 43, 45, 160, 169, 171, 179, 279, 291, 389, 467, SUBB

Noctilien : N61, N12, N145



Carte de situation dans le réseau routier (source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

Accès par D1 : quai Georges Gorse

Voirie locale : cours de l'Ile Seguin, rue de Vieux Pont de Sèvre

Voie rapide à proximité

D7 : rue de Saint-Cloud, rue Troyon

D910 : Grande Rue, avenue du Général Leclerc

N118

Accessibilité en transports en commun	Important pôle de transports en commun par la présence du terminus de la ligne 9 du métro, et de la desserte par la ligne T2 du tramway, située de l'autre côté de la Seine. L'accès à pied n'est pas aisé de par la coupure imposée par la Seine. Le terminus du métro est également un grand centre multimodal avec les lignes de bus : 8 lignes y ont leur terminus et, en tout, la gare est desservie par 14 lignes de bus et deux lignes de Noctilien. Ce pôle permet un rabattement vers le métro pour les habitants de Sèvres et d'au-delà.
Accessibilité routière	Le projet de gare se situe dans une zone où les infrastructures routières sont développées : la RN118 débouchant sur l'autre rive de la Seine, l'avenue du Général Leclerc (RD910), la RD7 et le quai de Stalingrad (RD1). Le reste du réseau est constitué de voies à vocation de desserte locale. Aux heures de pointe, le pont peut faire office de goulet d'étranglement, le trafic en provenance de la RN118 se trouvant mêlé à celui provenant de la RD910. Trois parcs de stationnements sont situés à proximité de la gare, deux d'entre eux sont exploités par Vinci et sont payants, le troisième est un parc relais à proximité de la station de tram Musée de Sèvres.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied et vélo)	Le site est caractérisé par d'importantes coupures urbaines : la Seine d'une part, qui se traverse via un pont très fréquenté par les voitures, et les voies routières d'autre part, ne permettant pas une traversée aisée de l'avenue du Général Leclerc. Une station de Vélib est disponible au croisement entre l'avenue du Général Leclerc et la rue Yves Kermen.



Carte de situation aérienne (Source : IGBN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en mode actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain dense d'immeubles élevés de logements et de bureaux.

Importantes coupures urbaines dont la Seine et les grands axes routiers (Pont de Sèvres, échangeurs avec les quais, etc.)

2.20.4.2 Issy RER



Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)

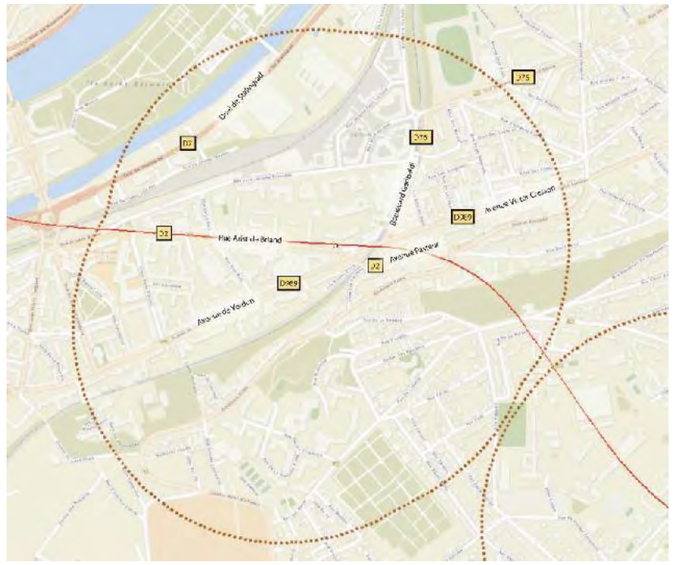
Accessibilité en transports en commun :

Train : RER C (station *Issy*)

Tramway : T2 (station *Les Moulineaux* et *Jacques-Henri Lartigue*)

Bus : 123, 169, 190, 289, 290, 389, ligne TUVIM Epinettes (verte) et TUVIM Ile St Germain (bleue)

Accessibilité en transports en commun	La zone est globalement bien desservie par les transports en commun en particulier par la gare d'Issy sur la ligne C du RER (branches en direction de Versailles et Saint Quentin en Yvelines). A la pointe du matin, la gare est desservie par 12 trains par heure dans chaque sens. Le prolongement de la ligne 12 du métro de la mairie d'Issy à cette gare est à l'étude. Trois lignes de bus desservent localement la gare.
Accessibilité routière	La zone du projet est centrée sur la place Léon Blum. Les axes principaux sont la RD2, qui permet de relier le pont des Moulineaux (800m) à Clamart et Robinson (5km), et la RD989 (Av. Victor Cresson) qui permet de relier la Porte de Versailles (2,2km). Ces voies sont surtout adaptées pour un trafic local. Les voies à proximité immédiate de la gare sont assez congestionnées, en particulier au niveau de la place Léon Blum et sur l'avenue Victor Cresson. Aucun parc de stationnement n'est disponible dans le périmètre de 500 m autour de cette gare. Seul du stationnement en voirie est possible.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied et vélo)	Plusieurs stations de Vélib sont disponibles dans la zone. La ligne du RER C est surélevée à cet endroit, il est possible de la franchir par la rue A. Briand qui passe sous les voies à la place L. Blum.



Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Cartographie : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

Accessibilité routière :

Accès direct : intersection D989 avenue de Verdun, D2 rue Aristide Briand et D76 boulevard Garibaldi, place Léon Blum

Voie rapide à proximité :

D7 quai de Stalingrad



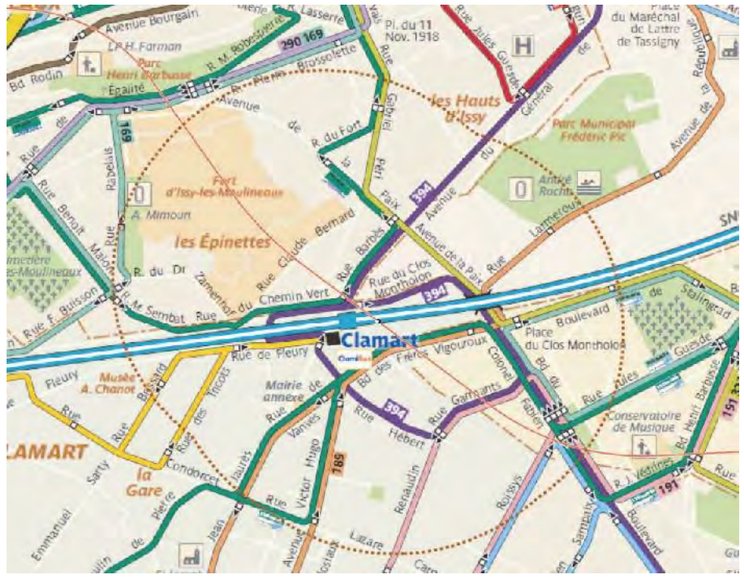
Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain résidentiel dense. La zone compte également des équipements publics comme des écoles et des administrations.

Les voiries, les traversées de voiries et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.3 Fort d'Issy – Vanves - Clamart


Clamart
les Épinettes
les Hauts d'Issy
Parc Municipal Frédéric Pic
Fort d'Issy-les-Moulineaux
Place du Clos Montholon
Mairie de Clamart
la Gare
Conservatoire de Musique
Musée A. Chanot
Rue de Pleury
Rue du Chemin Vert
Avenue de la Paix
Boulevard
Rue Hébert
Rue Victor Hugo
Avenue Jean Jaurès
Rue Claude Bernard
Rue du Clos Montholon
Rue des Frères Vigouroux
Rue Jules Guesde
Rue Henri Barbusse
Rue Benoît Malon
Rue Rabelais
Rue Larmeroux
Rue Jean Bart
Rue Condorcet
Rue Renaudin
Rue Salingrad
Rue Carnot
Rue Gambetta
Rue Colonel Fabien
Rue Jules Ferry
Rue Jean Jaurès
Rue Jean Mermoz
Rue Jean Moulin
Rue Emmanuel
Rue Sarty
Rue Pierre
Rue Bassot
Rue Varnes
Rue Renaudin
Rue Boissys
Rue Sompsois
Rue Jean Bart
Rue Jean Mermoz
Rue Jean Moulin
Rue Emmanuel
Rue Sarty
Rue Pierre
Rue Bassot
Rue Varnes
Rue Renaudin
Rue Boissys
Rue Sompsois
Avenue Bourgain
Bd Rodin
Épanité
Avenue de la Paix
Avenue de la Paix
Avenue de la Paix

2.20.4.4 Châtillon-Montrouge



Accessibilité en transports en commun :

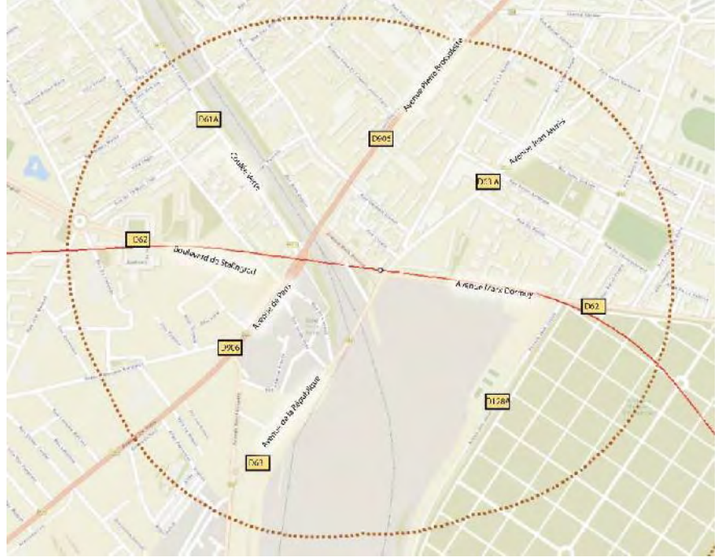
Métro : M13 (terminus *Châtillon-Montrouge*)

Tramway : terminus T6 (ligne mise en service en décembre 2014 entre Châtillon Montrouge et Robert Wagner, non représentée sur la carte ci-contre)

Bus : 68, 191, 194, 195, 294, 295, 323, 388, 391, 475, 526, AMIBUS, L'hirondelle (lignes verte foncée et verte claire)

Noctilien : N63

Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)



Accessibilité routière **:**

Accès par D63A av. Jean Jaurès ou D62 av. Max Dormoy

Voies rapides à proximité :

D906 : av. Pierre Brossolette/av. de Paris

Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun	La zone est marquée par le terminus de la ligne 13 du métro, qui traverse Paris selon un axe Nord-Sud et dessert par deux branches Clichy, Asnières, Gennevilliers, Saint Ouen et Saint Denis. Cette ligne a une fréquence de 95 secondes à la pointe du matin. La ligne de tramway T6 a également son terminus à proximité depuis le 13 décembre 2014 (mise en service de la section Châtillon-Montrouge – Robert Wagner, mise en service totale fin 2016). Onze lignes de bus et une ligne de Noctilien y possèdent actuellement un arrêt.
Accessibilité routière	Le principal axe routier desservant cette gare est la RD906 (Av. de Paris, anciennement RN306) à 1,6km de la porte de Châtillon et 7km de l'échangeur A86/N118. Cet axe a une vocation de desserte locale. Les voiries à proximité de la gare sont relativement peu congestionnées à l'exception de l'avenue de Paris, qui est généralement saturée à l'heure de pointe. Un parc de stationnement est situé à proximité de la gare, avec une importante capacité (309 places).
Accessibilité en modes actifs (marche à pied, vélo)	Deux stations de Vélib sont disponibles dans un rayon de 500m de la gare, dont une à proximité immédiate. La ligne 13 du métro est en aérien à cet endroit. Il est possible de la franchir par deux passages sous voies situés de part et d'autre de la station Châtillon-Montrouge.



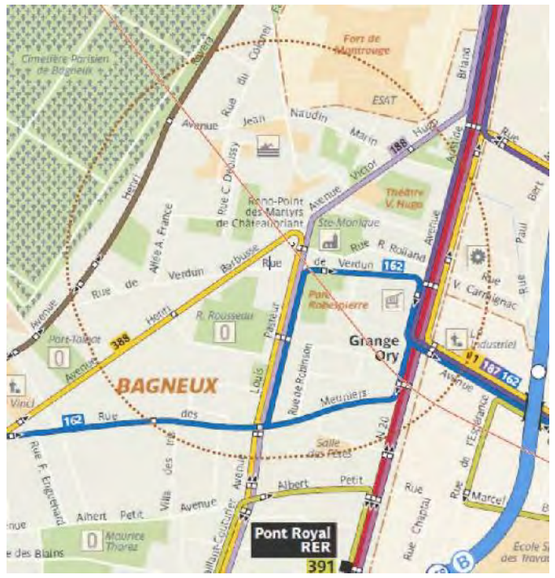
Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain résidentiel.

Les voiries, les traversées de voiries et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

2.20.4.5 Bagneux M4



Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)

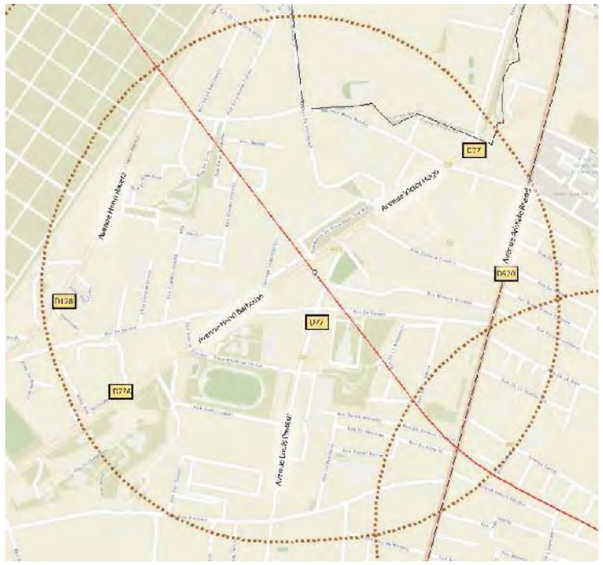
Accessibilité en transports en commun :

Métro : Futur terminus M4

Bus : 128, 162, 187, 188, 197, 297, 388, V1 (les lignes Valouettes, sont des lignes de bus gratuites).

Noctilien : N14

Accessibilité en transports en commun	Aujourd'hui, le secteur de cette gare est directement desservi par deux lignes de bus, dont une vers la porte d'Orléans. La ligne 4 du métro, important axe Nord-Sud, doit y être prolongée à l'horizon 2019.
Accessibilité routière	Cette gare est située à l'intersection entre la RD77 et la RD77A. Ces voiries sont d'intérêt local. La RD320 (ancienne RN20) est située à 400m et permet d'atteindre la porte d'Orléans (2km) et l'A86 (5,5km). Le réseau routier à proximité immédiate de la gare n'est pas congestionné à l'heure de pointe du matin. Le seul parc de stationnement aux abords de la gare est celui du centre commercial Forum 20.
Accessibilité en modes actifs	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone de 500m entourant la gare.



Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité routière **:**

Accès par D77 avenue Victor Hugo ou avenue Louis Pasteur ou D77A Henri Barbusse

Voies rapides à proximité :

D920 : avenue Aristide Briand

D128 : avenue Henri Ravera



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain résidentiel. Des immeubles élevés d'habitats collectifs sont situés à l'Ouest de la gare.

Les voiries, les traversées de voiries et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.6 Arcueil-Cachan



Carte de l'offre de transport en commun à proximité du projet de gare. Source : RATP 2014.

Accessibilité en transports en commun :

RER : B (station Arcueil- Cachan et Bagneux)

Bus : 162, 184, 187, 197, 297, 391, V1, V3, V4, DM51

Noctilien : N14, N21

Accessibilité en transports en commun	Le RER B dessert la zone et permet de relier rapidement la zone à Paris, l'aéroport Charles de Gaulle, Sceaux, Antony, l'aéroport d'Orly (via Orlyval), Massy et Orsay. Cette gare est desservie par 9 trains par heure et par sens à l'heure de pointe du matin. Cinq lignes de bus desservent directement la gare.
Accessibilité routière	La gare est située sur la RD57 (avenue Carnot), à 400m de la RD320 et à 2km de la sortie Arcueil de l'A6b. Mis à part cet axe, la voirie est surtout d'intérêt local. La voirie à proximité immédiate de la gare est peu congestionnée ; seule la rue Raspail (Arcueil, RD127) arrive à saturation à l'heure de pointe. Cette station dispose d'un parc relais de 140 places à proximité immédiate de la gare. Un autre parking est aussi à disposition en centre-ville.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied, vélo)	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone de 500m entourant la gare. La ligne du RER B est surélevée à cet endroit. Le seul passage pour franchir cette voie, à proximité de la future gare, est le pont de l'avenue Carnot.



Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

Accès direct : rue de la Coopérative ou avenue Léon Eyrolles ou D157 Av. Carnot

Voies rapides à proximité :

D920 : avenue Aristide Briand

D248 : rue Marcel Bonnet



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain résidentiel constitué principalement d'habitations individuelles.

Les voiries, les traversées de voiries et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.7 Villejuif Institut Gustave Roussy (Villejuif IGR)



Carte de l'offre de transport en commun à proximité du projet de gare (Source RATP 2014)

Accessibilité en transports en commun :

Bus : V1, V3, V4, V7, 131, 162, 186, 216, 299, 580, Orlybus

Accessibilité en transports en commun	Ce secteur est actuellement plutôt mal desservi par les transports en commun : trois lignes de bus desservent l'hôpital et le relient à Paris (porte d'Italie), au métro (ligne 7, Villejuif Louis Aragon) et au RER B (Laplace, Arcueil Cachan).
Accessibilité routière	Les deux axes principaux à proximité de cette gare sont d'une part l'A6b (2x3 voies + 2x3 voies pour l'A6a) avec une sortie à 1km qui met la porte d'Italie à 3,6km et l'A86 à 7,4km, et d'autre par la RN7 à 2km. Mis à part ces deux axes, la voirie possède surtout un caractère local : avenue du Président Allende, (RD61), et rue de Verdun. L'autoroute A6, à proximité de la gare, est très congestionnée à l'heure de pointe du matin. La rue de Verdun est moyennement congestionnée ; l'avenue du Président Allende est un peu congestionnée. Les seuls stationnements disponibles dans cette zone sont ceux de l'Institut Gustave Roussy.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied et vélo)	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone. Les voies rapides A6A et A6B constituent une coupure infranchissable à l'Ouest de la future gare. Il faut se déplacer sur plus d'un km au Nord ou au Sud du projet de gare pour trouver un passage sous la voie rapide (av. du Général de Gaulle au Sud et avenue du président Allende au Nord).



Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

A6A, bifurcation A6A/D61 dir. *Villejuif-Arcueil-Le Kremlin-Bicêtre*

Accès direct : voie des Sables/rue Edouard Vaillant

Voies rapides à proximité :

D161 : av. Paul Vaillant-Couturier

D126 : rue Gabriel Péri

A6A



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement ouvert en bordure d'un parc urbain et en face de l'Institut G. Roussy. Les zones urbanisées aux abords de la gare sont occupés par des immeubles collectifs et des habitations individuelles.

Les voiries, les traversées de voiries, les trottoirs et les cheminements dans le parc sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.8 Villejuif Louis Aragon



Accessibilité en transports en commun :

Tramway : T7 (terminus *Villejuif Louis Aragon)*

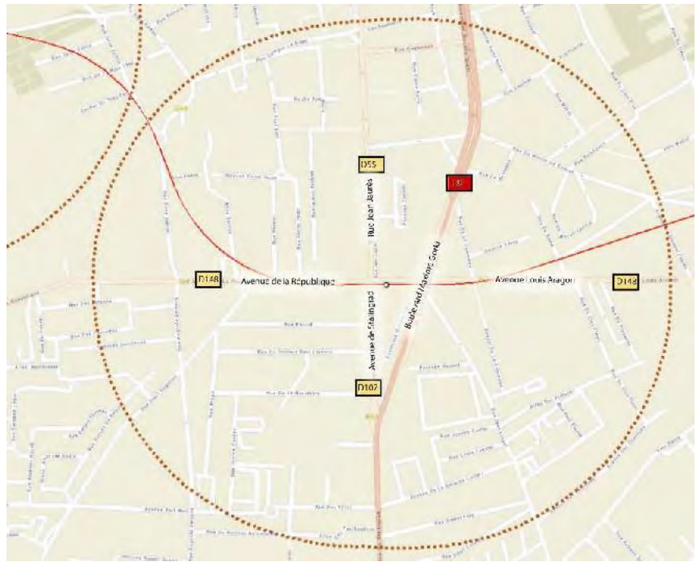
Métro : M7 (terminus *Villejuif Louis Aragon)*

Bus : 162, 172, 180, 185, 286, 293, 580, V7

Noctilien : N15, N22

Carte de l'offre de transport en commun à proximité du projet de gare (Source : RATP 2014)

Accessibilité en transports en commun	La zone est desservie par le terminus d'une branche de la ligne 7 du métro, qui la relie au centre de Paris et à l'ouest de la Seine-Saint-Denis, avec un train toutes les 4 minutes à l'heure de pointe. Onze lignes de bus (dont 10 RATP) desservent la gare, ainsi que deux lignes de Noctilien. La ligne de tramway T7 a son terminus à cette gare depuis novembre 2013 ; elle permet de relier le secteur à Rungis et à l'aéroport d'Orly.
Accessibilité routière	Cette gare est située à proximité immédiate de la RN7, axe important, qui met la Porte d'Italie à 3,3km et l'aéroport l'Orly à 7km. Les axes de desserte locale sont l'avenue de la République et l'avenue Louis Aragon (RD55). La RN7 et la RD55 sont congestionnées à l'heure de pointe Un important parc de stationnement s'élève juste à l'aplomb de la station de métro de la ligne 7, comptabilisant 500 places.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied, vélo)	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone.



Accessibilité routière :

Accès direct par N7 boulevard Maxime Gorki ou D55 avenue de Stalingrad ou D148 avenue Louis Aragon

Voirie locale : rue Jean Jaurès, rue Jean Lurçat

Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)



Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain résidentiel peu dense constitué d'immeubles collectifs et d'habitations individuelles.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

2.20.4.9 Vitry Centre

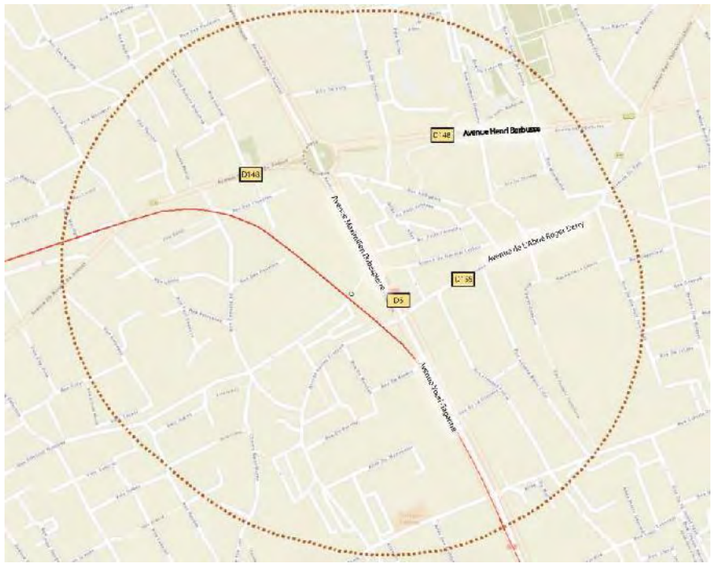


Accessibilité en transports en commun :

Tramway : future ligne T9 (porte de Choisy- Orly ville)

Bus : 132, 172, 180, 183

Carte de l'offre de transport en commun à proximité du projet de gare (Source : RATP 2014)



Accessibilité routière **:**

Accès direct par N305 avenue Maximilien Robespierre

Voiries locales :

rue E. Tremblay, rue des Papelots, rue Edouard Til

Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie : STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun	Cette zone est desservie par quatre lignes de bus, qui la relient au métro (ligne 7 à Villejuif et Ivry), au RER C (gare de Vitry), au RER D (gare de Maisons-Alfort-Alfortville), à Paris (porte de Choisy) et à l'aéroport d'Orly. La réalisation d'un tramway sur la RD5 est à l'étude (mise en service prévue en 2020).
Accessibilité routière	Cette gare est située sous la RD5 (avenue Robespierre/avenue Gagarine, ex RN305), qui la place à 3 km de la Porte de Choisy, à proximité de la RD55 (avenue de l'Abbé Derry) et de la RD55a (avenue Henri Barbusse). La RD5 est congestionnée à l'heure de pointe du matin. Quatre parcs de stationnement ont été recensés dans un périmètre de 500m autour de la future gare, dont un appartient à un supermarché. Ils sont exploités par la SEMISE, société d'économie mixte.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied, vélo)	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible à proximité.



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain résidentiel constitué d'immeubles collectifs, principalement le long des avenues Maximilien Robespierre et Henri Barbusse, et d'habitations individuelles.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.10 Les Ardoines



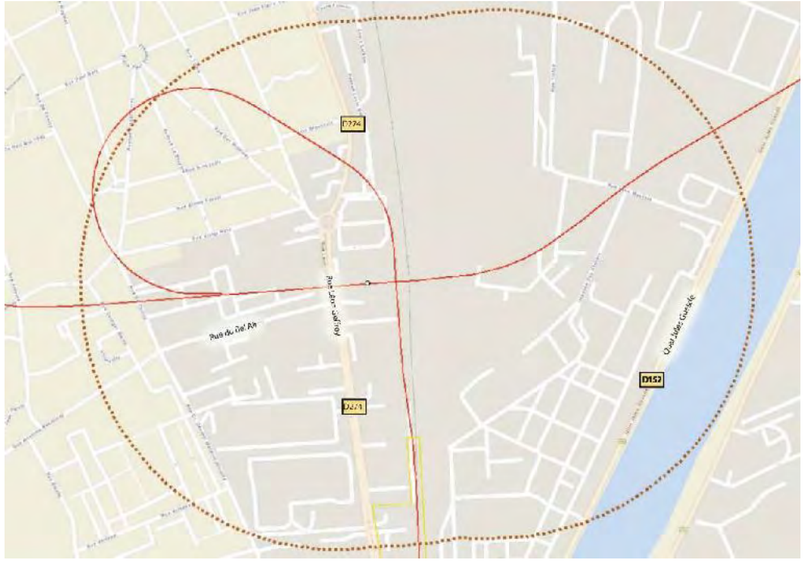
Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun :

RER C

Bus : 182

Accessibilité en transports en commun	Cette gare est desservie par le RER C entre Paris et Choisy le Roi, qui la relie rapidement au centre de Paris (Bibliothèque François Mitterrand, Saint Michel Notre Dame…) avec 4 trains par sens à l'heure de pointe du matin. Une ligne de bus et une ligne de Noctilien ont leurs arrêts à proximité. Deux projets de TCSP sont à l'étude dans le secteur : une ligne de bus à haut niveau de service Tzen devrait desservir la gare à moyen terme ; les études de ce projet sont en cours. Un autre TCSP devrait relier la nouvelle gare du RER D de Pompadour à la station Villejuif-Louis Aragon du métro 7 en desservant la gare des Ardoines.
Accessibilité routière	Cette gare est située à proximité de la RD124 (rue Léon Geffroy) – la voirie y a un caractère local. La voirie à proximité immédiate de la gare est peu congestionnée à l'heure de pointe du matin. L'A86 est en revanche fortement saturée. Un parking relais de 430 places est adjacent à la gare.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied, vélo)	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone. La ligne du RER C et l'emprise des voies ferrées constituent une importante coupure pour accéder à l'Est du projet de gare. Le franchissement des voies par le pont des Fusillés se trouve à 500m plus au Nord.



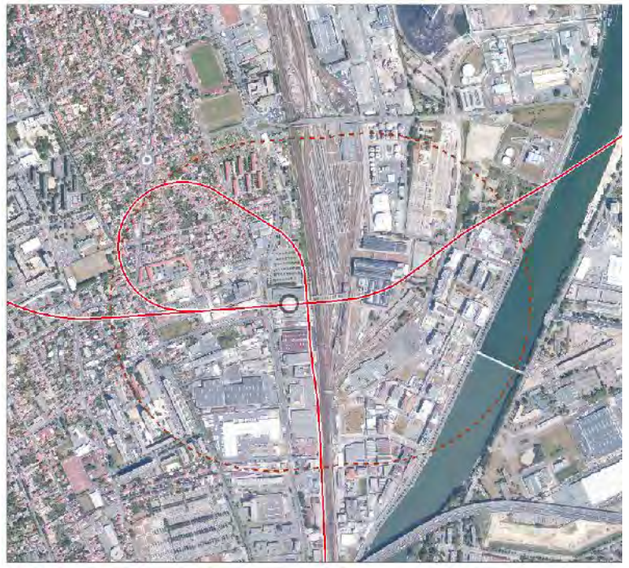
Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie : STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

Accès direct : D274 rue Léon Geffroy et rue du Bel Air

Voies rapides à proximité :

D152 quai Jules Guesde



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement peu dense constitué d'établissements industriels, d'immeubles d'habitations individuelles et de quelques immeubles collectifs, à l'Ouest de la zone.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.11 Le Vert de Maisons



Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun :

RER D

Bus : 103, 181

Accessibilité en transports en commun	Cette gare est située sur la ligne D du RER, entre Paris et Villeneuve Saint Georges, qui permet une liaison rapide avec le centre de Paris, la gare de Lyon et la gare du Nord, avec un train toutes les 15minutes par sens. Le secteur est également desservi par une ligne de bus et deux lignes de Noctilien.
Accessibilité routière	La gare est proche de la RD6 (rue Jean Jaurès, ex RN6), le quai Jean-Baptiste Clément (RD38) et est située à 1,5km de l'échangeur A86/N406, d'importantes voies rapides. La voirie desservant la gare n'est pas saturée à l'heure de pointe du matin. L'A86 et le quai Jean-Baptiste Clément sont par contre très congestionnés. Un parc relais de 210 places est à disposition à côté de la gare ; un autre parking plus petit est également situé à proximité.
Accessibilité en modes actifs (marche à pied, vélo)	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone. La ligne du RER D constitue un obstacle pour la zone située à l'Ouest de la future gare.



Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie : STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

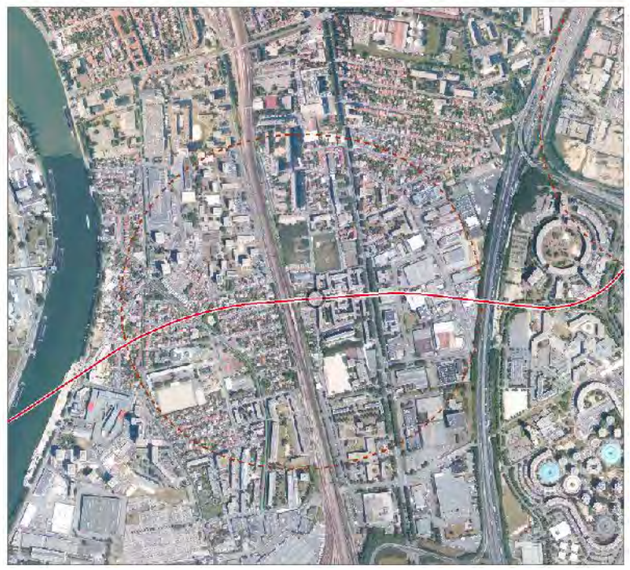
Accès direct par avenue de la Liberté

Voirie locale : rue de Rome

Voies rapides à proximité :

N6 : rue Jean Jaurès/Avenue du Maréchal Foch

Autoroute A86



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement peu dense constitué d'établissements industriels, d'immeubles d'habitations individuelles et de quelques immeubles collectifs, à l'Est de la zone.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.12 Créteil L'Echât



Accessibilité en transports en commun :

Métro : M8 (station *Créteil-l'Echat)*

Bus : 104, 172, 217, 281

Noctilien : N32, N35

Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)



Accessibilité routière :

Accès direct par rue Albert Einstein ou rue Gustave Eiffel

Voies rapides à proximité :

D1 : av. Bernard Halpern

D19 : rue de l'Echat

D86 : rue des Mèches

Autoroute A86

Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun	Cette gare est en correspondance avec la ligne 8 du métro, qui permet une liaison vers le centre de Paris et le centre de Créteil, avec un métro toutes les 3 minutes à l'heure de pointe du matin. Six lignes de bus (dont 2 RATP) desservent également la gare.
Accessibilité routière	La gare est localisée entre deux rues importantes, l'avenue du Général de Gaulle et la rue Gustave Eiffel. Elle est située à 700m d'une sortie de l'A86, ce qui la met à 8km de la porte de Bercy. La D19 (ex N19) est, de plus située, à 450m de la gare. L'A86 et la RD1 sont très saturées à l'heure de pointe du matin. La voirie de desserte locale de la gare est, par contre, peu congestionnée. Trois parkings sont situés à côté de cette gare : un parc relais de 300 places, le parking de l'hôpital Mondor et un troisième parking un peu plus en retrait.
Accessibilité en modes actifs	Une station de Cristolib (l'équivalent des Vélib mais pour la ville de Créteil) se situe au croisement entre l'avenue du Maréchal de Lattre Tassigny et la rue de l'Echat. L'emprise de l'A86, à l'Ouest de la future gare, constitue une barrière qui peut être franchie par le pont du la rue Saint-Simon, au Sud-Ouest de la zone.



Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement urbain à proximité du centre hospitalier Henri Mondor. La zone est principalement occupée par des immeubles d'habitations individuelles et des immeubles collectifs.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

2.20.4.13 Saint-Maur Créteil



Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun :

RER A

Bus : 107, 111, 112, 281, 306, 317, TVM

Noctilien : N35, N71

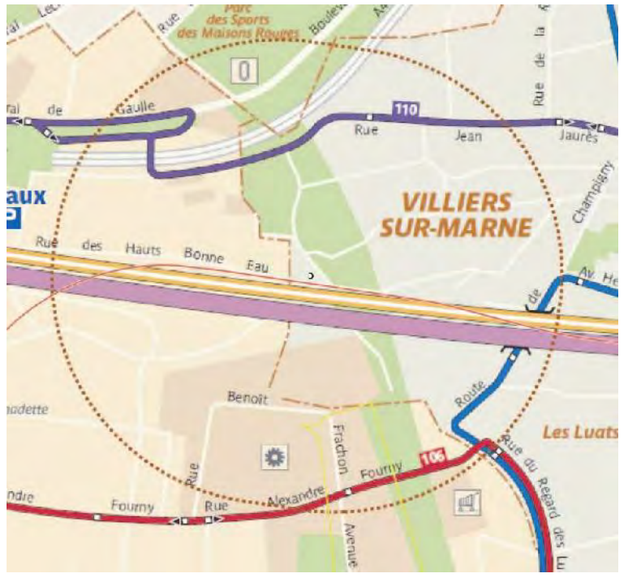
Accessibilité en transports en commun	Une correspondance est possible depuis cette gare vers le RER A (branche de Boissy Saint Léger) qui la relie rapidement au centre de Paris avec 13 trains par heure et par sens à l'heure de pointe du matin. La gare est desservie par un important pôle bus.
Accessibilité routière	Cette gare est située sur la RD86 (rue du Pont de Créteil, ex RN186), axe routier important pour la desserte du secteur, qui permet de relier le secteur à Joinville le Pont et Créteil. Le reste de la voirie est d'intérêt local, en particulier la RD123 (bd Rabelais et rue de la Varenne) qui dessert le centre de Saint-Maur. La RD123 est très congestionnée à l'heure de pointe du matin. La RD86 est peu saturée, un goulet d'étranglement subsiste au niveau du pont de Créteil. Un parking public de 411 places est disponible à proximité immédiate de la gare. Il est couvert, payant et ouvert de 6h30 à 21h.
Accessibilité en modes actifs	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone. La ligne du RER A est surélevée à cet endroit, mais il est possible de la franchir par la rue du Pont de Créteil et par la rue des Remises situées à proximité immédiate de la future gare.


D86
D86
D5
D5
D86
D5
D86
D5
D5
D86
D5
D86
D5
D5
D86
D5

2.20.4.14 Champigny Centre


Le Plant
Cité Jardin
Ste-Marie
Maurice Pirollet
Rond-Point J.B. Clément
CHAMPIGNY SUR-MARNE
Le Maroc
Champigny Diderot–La Plage
Mairie
Mini Golf
Marne
Ile du Martin-Pêcheur
Ile de l'Abreuvoir
Iles de Champigny
Quai
Rue Diderot
Rue Jean Jaurès
Boulevard de Stalingrad
Rue Gabriel Péri
Rue Auguste Delaune
Rue Talamoni
Rue Sambetta
Rue Thomas
Rue Maurice Denis
Avenue d'Alsace Lorraine
Rue de Verdun
Rue de la Plage
Rue Roger Salengro
Rue de la République
Rue du Traité
Rue A. Dimitrov
Rue G. Dimitrov
Rue Jean Moulin
Rue Jean Jaurès
Rue Gabriel Péri
Rue Hugo
Rue Yvrac
Rue du Parc
Rue du Javiot
Rue Chennevières
Rue Henri Rousseau
Rue Boulevard
Rue Rue
Rue Rue
Rue Rue

2.20.4.15 Bry – Villiers – Champigny



Accessibilité en transports en commun :

Bus : 106, 110, 306

Noctilien : N130

A proximité

RER E

Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)



Accessibilité routière :

Accès par D10 boulevard Jean Monnet

Voiries locales : rue des Hauts Bonne Eau, chemin des Boutareines

Voies rapides à proximité :

D3 : boulevard Georges Méliès

D11 : rue Jean Jaurès

Autoroute A4

Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun	La zone autour de cette gare est desservie par le RER E : dans la perspective de constitution d'un pôle multimodal d'envergure dans ce secteur, le projet de création d'une gare nouvelle du RER E est en réflexion. Deux lignes de bus desservent par ailleurs la zone à l'heure actuelle. Un projet de desserte par bus à haut niveau de service (Altival) est également à l'étude.
Accessibilité routière	Cette gare est située sous les emprises du projet annulé d'A87 (ARISO) où la RD10 a été récemment construite. L'A4 toute proche est accessible par une sortie à 2,3km vers l'Ouest et 2,4 km vers l'Est. La porte de Bercy est à 12km. La zone à proximité immédiate de la gare est peu saturée ; les axes un peu plus éloignés (A4, centre de Villiers-sur-Marne) sont, eux, fortement saturés. Aucun parc de stationnement n'est disponible dans le périmètre de 500 m autour de cette gare. Seul du stationnement en voirie est possible.
Accessibilité en modes actifs	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone de 500m entourant la gare. L'A4, au Nord de la zone est enterrée et peut être franchie par le chemin du Randonneur ou par le pont de la rue E. Varlin. Les voies ferrées, au Sud, constituent une barrière qui ne facilite pas les déplacements en modes actifs.



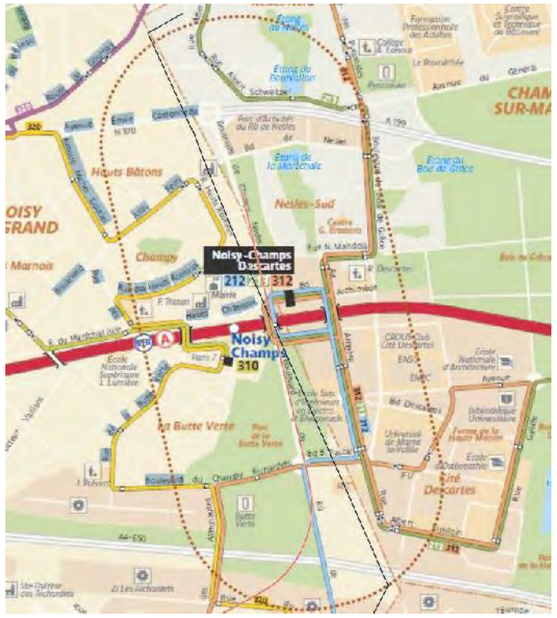
Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement peu dense constitué d'habitats individuels et de terrains non urbanisés.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

2.20.4.16 Noisy - Champs



Carte de l'offre de transport en commun en 2014 à proximité du projet de gare (Cartographie RATP 2014. STRATEC 2014)

Accessibilité en transports en commun :

RER A

Bus : 212, 213, 310, 312, 320

Noctilien : N130

Accessibilité en transports en commun	Cette gare donne une correspondance avec la ligne A du RER, qui permet une liaison rapide avec le centre de Paris et le reste du secteur de Marne la Vallée, avec 13 trains par heure et par sens à l'heure de pointe du matin. La zone autour de la gare est desservie par 4 lignes de bus et une ligne de Noctilien. Elle devrait également être en correspondance avec le prolongement de la ligne 11 depuis Rosny Bois-Perrier.
Accessibilité routière	La RD310 passe à l'aplomb de cette gare. Une sortie de l'A4 est accessible à 1km, plaçant la porte de Bercy à 16,4km. La Voie Primaire Nord de Marne la Vallée (RD199, ex A199) est à 800m de la gare. Mis à part l'autoroute A4, la voirie aux alentours du site de la gare est peu congestionnée à l'heure de pointe du matin. Le parking couvert du Champy, à quelques mètres de la gare, est réservé aux abonnées des transports en commun. Deux autres parcs relais sont également à proximité, en plein air et gratuits.
Accessibilité en modes actifs	Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible dans la zone de 500m entourant la gare. Les voies du RER A constituent une coupure à cet endroit qui peut être franchie par l'avenue Ampère.



Carte de situation dans le réseau routier de 2014 (Source : fond de plan : World Street Map, cartographie STRATEC 2014)

Accessibilité routière :

Accès direct par N370 **b**oulevard du Ru de Nesles ou boulevard Archimède ou boulevard Newton

Voiries locales : allée Marcel Pagnol, rue de la Butte Verte

Voies rapides à proximité :

D199 : Voie primaire N

N370 : av. Emile Cossonneau

Autoroute A4



Carte de situation aérienne (Source : IGN Orthophoto)

Structure urbaine et accessibilité en modes actifs :

La future gare est située dans un environnement peu dense constitué d'habitats individuels et de terrains non urbanisés.

Les voiries, les traversées de voiries, et les trottoirs sont bien adaptés aux modes actifs.

2.20.4.17 Points à retenir sur la situation à proximité des futures gares

Les principaux points à retenir sont les suivants :

- Plus la distance à Paris augmente, moins l'offre de transport en commun à proximité des futures gares est fournie ; en particulier les gares de Champigny Centre, Bry-Villiers-Champigny et Vitry Centre ne bénéficient pas d'une desserte directe par un mode ferroviaire lourd. Les gares des Ardoines et de Vert de Maisons sont connectées au RER mais présentent une offre qui reste aujourd'hui relativement restreinte.
- Les futures gares sont, en règle générale, bien desservies par le réseau routier, et la plupart se trouvent à proximité de voies rapides.
- Néanmoins, la congestion sur le réseau routier à proximité des futures gares, et ce en particulier sur les voies rapides, reste importante.

2.20.5 Synthèse des enjeux liés à la mobilité

2.20.5.1 Evolution des déplacements

La part des déplacements internes à la petite couronne est en forte augmentation depuis plus de trente ans alors que celle des déplacements en échange avec Paris reste au même niveau. Or le réseau de transports en commun a continué de se développer sur une structure essentiellement radiale qui ne permet pas des déplacements latéraux aisés sans passer par le centre de Paris.

2.20.5.2 Fréquentation des réseaux

Malgré une stabilisation du nombre de déplacements réalisés en voiture à l'échelle régionale[74] et une diminution du trafic routier en véhicules x km parcourus de -6% (entre 2001 et 2010) sur les radiales de petite couronne[75], le réseau routier francilien dans son ensemble reste saturé à la pointe du matin. Ainsi, les radiales de grande couronne comme l'A4, l'A6 et l'A13 ainsi que les tangentielles telles que l'A86 restent saturées et voient même leur trafic augmenter (augmentation de trafic en véhicules x km de +6,9% entre 2001 et 2010 pour l'A86[76]). Cela accentue les nuisances résultant des émissions de polluants, de la consommation énergétique, du bruit et des pertes de temps des usagers. Le réseau routier francilien étant globalement à maturité, il n'est plus envisageable d'augmenter fortement les capacités, ce qui serait, de plus, en contradiction avec les objectifs du Grenelle de l'Environnement. La réduction de la demande de transport en voiture particulière prônée par le Grenelle de l'Environnement repose donc sur plusieurs leviers d'action dont un des principaux concerne le développement des infrastructures de transport public.

Par ailleurs, le réseau de transport en commun est très chargé sur les troncs communs des radiales du RER, du Transilien et de la rocade constituée par les tramways T2 et T3. Il s'ensuit une qualité de service dégradée et une fragilisation de ces lignes au regard des contraintes d'exploitation. La saturation provient de la stagnation des mouvements radiaux associée à la croissance des mouvements transversaux, qui sont contraints de faire un détour par Paris par manque d'infrastructures adaptées.

L'apport d'une liaison radiale supplémentaire représente donc un enjeu important puisqu'elle permettrait de raccourcir les temps de parcours des usagers et soulager les autres lignes radiales, tout en ayant également un effet bénéfique sur le report modal.

2.20.5.3 Modes utilisés

Les taux de motorisation sont relativement peu importants lorsque les gares sont proches de Paris, et deviennent plus élevés avec l'éloignement. Ainsi, l'utilisation de la voiture est plus intensive à l'Est de la ligne où la distance à Paris est la plus importante. L'utilisation des transports publics le long du fuseau d'étude suit la même logique, avec une utilisation plus intensive pour les communes de proche banlieue.

Généralement, la voiture est majoritairement utilisée dans les déplacements qui ne sont pas en lien avec Paris. Elle est, par contre, moins fréquemment utilisée pour les déplacements vers Paris. Ceci reflète l'offre en transports publics hétérogène : le maillage radial en direction de Paris est important ce qui explique les parts modales importantes depuis/vers Paris mais est limité dans les autres directions (vers la première et la grande couronne ou à l'intérieur de celles-ci) où la part modale de la voiture est alors dominante.

2.20.5.4 Desserte des gares

Un projet d'implantation d'une infrastructure de transport implique nécessairement des enjeux importants pour la mobilité à proximité des futures émergences tant au niveau des effets temporaires des chantiers qu'au niveau de l'insertion permanente des gare.

Actuellement, les réseaux routiers aux abords des gares de la zone d'étude sont généralement saturés ou proche de la saturation à la pointe du matin, en particulier sur les autoroutes A4, A6, A13 et A86 ainsi que sur l'axe historique D7/N7. Le rabattement en voiture vers les gares devra donc tenir compte de ces contraintes et favoriser le rabattement en amont des secteurs congestionnés.

- Les enjeux liés à la mobilité ont pu être identifiés et ont été hiérarchisés selon les critères suivants :
- Evolution des déplacements : croisement entre les données liées à la desserte du territoire par les transports en commun avec la prise en compte du potentiel d'amélioration que pourrait induire une infrastructure de transport d'envergure sur le territoire ;
- Fréquentation des réseaux : croisement des données de fréquentation actuelle des réseaux routiers et de transports en commun avec le potentiel d'amélioration que pourrait induire une infrastructure de transport d'envergure ;
- Parts modales : potentiel d'amélioration des parts modales (par rapport aux objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement) que pourrait induire une infrastructure de transport d'envergure ;
- Chantiers et dessertes des gares : prise en compte du potentiel d'amélioration de l'intermodalité aux différentes gares du projet et de la gêne que pourrait causer les chantiers sur la circulation routière.

[74] Source : Enquête Globale Transport 2010, STIF-DRIEA-IAU-OMNIL
[75] Source : comptages DRIEA, Ville de Paris
[76] Idem

Hiérarchisation des enjeux liés à la mobilité

Section	Thématiques	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Evolution des déplacements	Les déplacements de banlieue à banlieue sont en augmentation tandis que les infrastructures de transports en commun restent généralement organisées de manière radiale par rapport à Paris. La voiture est donc souvent privilégiée pour ce type de déplacement au contraire de ceux en relation avec Paris.
	Fréquentation des réseaux	Une forte augmentation du trafic sur les autoroutes en rocade (A86, Francilienne) entre 2000 et 2010 a été observée, alors que le trafic diminuait sur les autoroutes radiales (A13, A14…) et les voiries non autoroutières proches de Paris (RN13, …). Les lignes ferrées, principalement radiales (RER A, B, C, D et E) sont particulièrement chargées et arrivent en limite de capacité. Cette saturation provient notamment de la croissance des mouvements transversaux, qui sont contraints de faire un détour par Paris par manque d'infrastructures adaptées.
	Parts modales	L'augmentation de la part modale des transports collectifs est marquée depuis dix ans. L'utilisation des transports en commun dans la compétition avec la voiture particulière doit être favorisée pour atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transport en commun dans la région.
	Chantiers et desserte des gares	Les zones proches des futures émergences du projet sont généralement bien connectées au réseau de transports en commun existant. L'accessibilité routière est également généralement bien assurée mais de nombreux axes supportent un trafic important proche de la saturation.

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.21 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

2.21.1 Energie

2.21.1.1 Rappel des consommations globales en Ile-de-France

L'Ile-de-France est la première région française consommatrice d'énergie : 23,7 millions de tonnes équivalent pétrole (tep) ont été consommés en 2008 ce qui représente 14,6% de la consommation totale en France[77].

La consommation d'énergie par habitant en Ile-de-France ne s'élève cependant qu'à 2,03 tep/habitant, ce qui est inférieur à la consommation moyenne nationale qui est de 2,6 tep/habitant. Cette différence s'explique par la présence d'un tissu urbain d'une haute densité et d'une grande proportion d'habitat collectif en Ile-de-France, ce qui permet une utilisation plus importante des transports en commun et des économies d'énergie dans l'habitat.

2.21.1.2 Part des différents secteurs d'activités et types d'énergie consommés

Les répartitions par secteur des consommations énergétiques en France et en région Ile-de-France sont présentées sur la figure suivante.



Part des différents secteurs dans la consommation d'énergie finale de la France et de la région Ile-de-France (Source : IDF : ADEME, ARENE, Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, édition 2014, données 2009 (Ile-de-France) et France : http://www.observatoire-electricite.fr/ , données 2012)

En Ile-de-France, les secteurs résidentiels, tertiaire et des transports dominent largement les consommations totales d'énergie finale.

Le premier poste consommateur dans la région est le secteur des transports qui représente 40% des consommations totales d'énergie. Cette proportion est plus élevée qu'à l'échelle nationale (32%). L'intensité du trafic aérien, (3 aéroports importants), et la part importante du trafic routier[78] expliquent un bilan énergétique des transports qui pèse davantage en Ile-de-France qu'à l'échelle du pays.

Le secteur résidentiel est le deuxième contributeur et représente 29% des consommations finales à l'échelle régionale.

L'importante quantité de bureaux, commerces et sièges sociaux situés en Ile-de-France explique le fait que le secteur tertiaire[79] se range en 3ème position : 23% du bilan énergétique régional.

En considérant l'ensemble du pays, les données disponibles associent les postes résidentiel et tertiaire et présentent une part prépondérante de 44%, premier poste de consommation d'énergie à l'échelle nationale.

L'industrie en Ile-de-France représente, par contre, une proportion relativement faible (7%) des consommations finales par rapport à la moyenne nationale (21%). En effet, l'Ile-de-France se désindustrialise et la part de la population active dans le secteur industriel a baissé de 9 % entre 2005 et 2008. Les consommations d'énergie ont elles aussi chuté, d'environ 33 % depuis 2005.

Le secteur agricole est le dernier consommateur d'énergie et représente en Ile-de-France moins de 1 % du bilan énergétique.

En ce qui concerne les types d'énergie consommés dans la région, les produits pétroliers occupent la première place (44 %) (figure suivante). Les consommations de gaz naturel et d'électricité sont bien inférieures mais sont très proches l'une de l'autre, à respectivement 25% et 23%.

Part des différents produits énergétiques consommés en Ile-de-France en 2008 (Source : ADEME, Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, édition 2014)

[77] Tableau de bord de l'énergie en IdF, données 2008, édition 2012, ARENE, ADEME

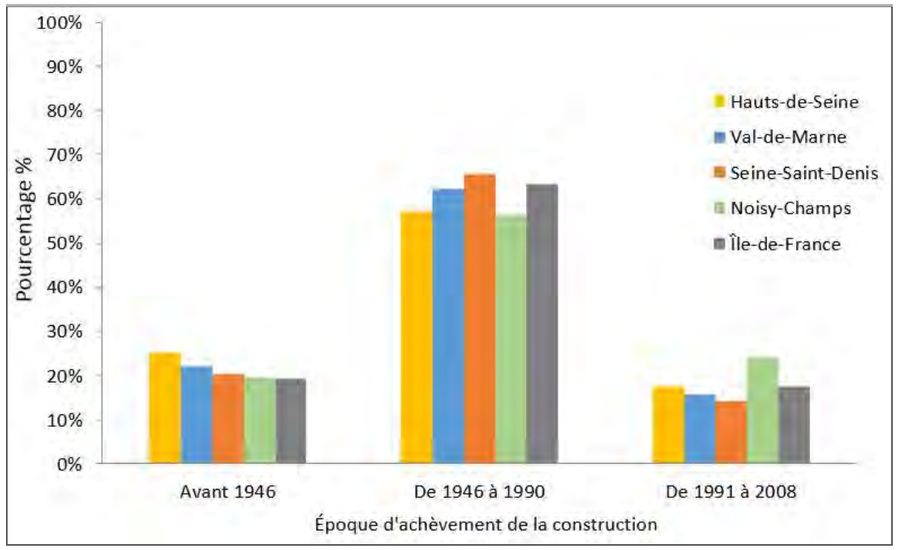
[78] Le transport aérien et le transport routier représentent respectivement 52% et 43% de l'ensemble des consommations énergétiques dans le secteur des transports franciliens en 2012.

[79] Le secteur tertiaire désigne l'ensemble des activités de service, qu'ils soient marchands ou non marchands, à destination des particuliers et des entreprises.

2.21.1.3 Consommation énergétique pour le secteur résidentiel

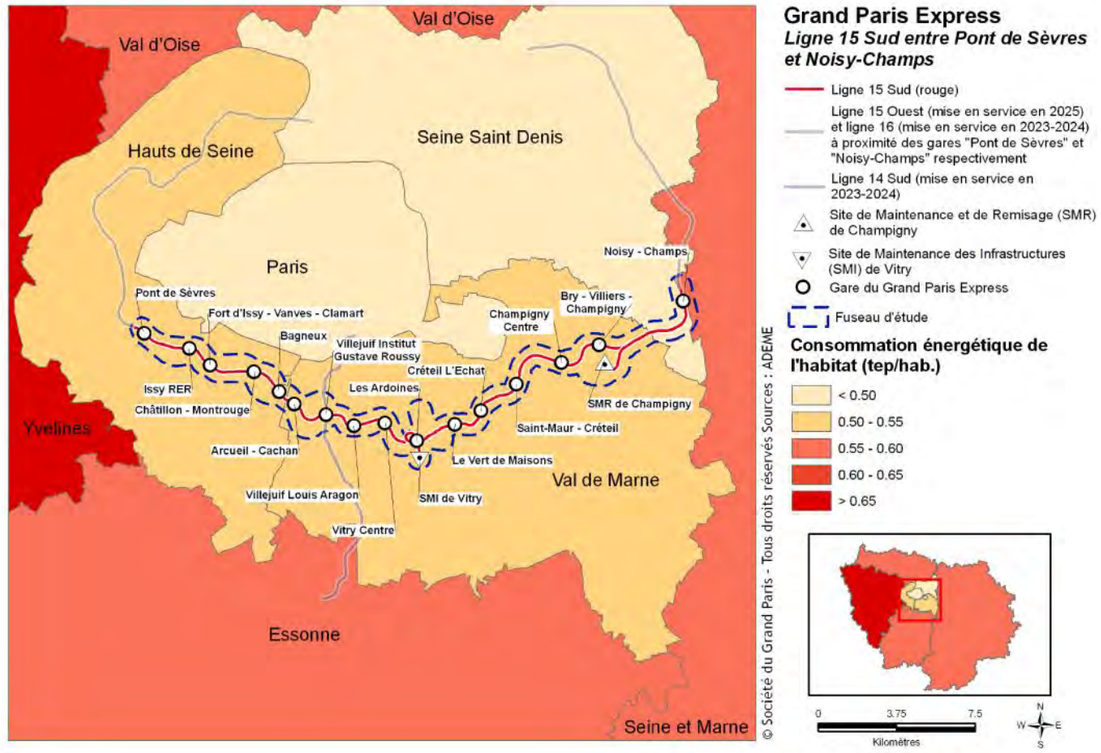
L'Ile-de-France est généralement caractérisée par un parc résidentiel très important (4,92 millions de logements) constitué majoritairement d'habitat collectif (71%)[80]. Si la maison individuelle est sous-représentée sur l'ensemble de la région (28% en Ile-de-France, contre 57% en France), elle est toutefois relativement présente en grande couronne (50% du parc). La petite couronne présente une part prépondérante de logements collectifs (78%). Dans les Hauts-de-Seine, dans le Val-de-Marne et en Seine-Saint-Denis, cette part est particulièrement importante (avec respectivement 86%, 75% et 72%). A l'inverse, en Seine-et-Marne, les maisons individuelles sont majoritaires, avec une part de 60%.

Les logements franciliens datent, pour la majorité (57%), de la période allant de 1946 à 1990[81]. quand 28% ont été construits avant, et 15% après. Or les bâtiments construits avant 1975 (date de la première règlementation thermique) sont très souvent dépensiers en énergie et créent notamment des besoins en chauffage importants. Dans les quatre départements concernés par la Ligne 15 Sud, la part de logements construits entre 1946 et 1990 est également largement majoritaire. Les périodes de construction des bâtiments sur ces territoires suivent la tendance régionale.



Ancienneté du parc résidentiel en Ile-de-France (Source : INSEE RGP2011)

Ces caractéristiques variables de la composition du bâti engendrent des différences territoriales notables de consommation énergétique de l'habitat.



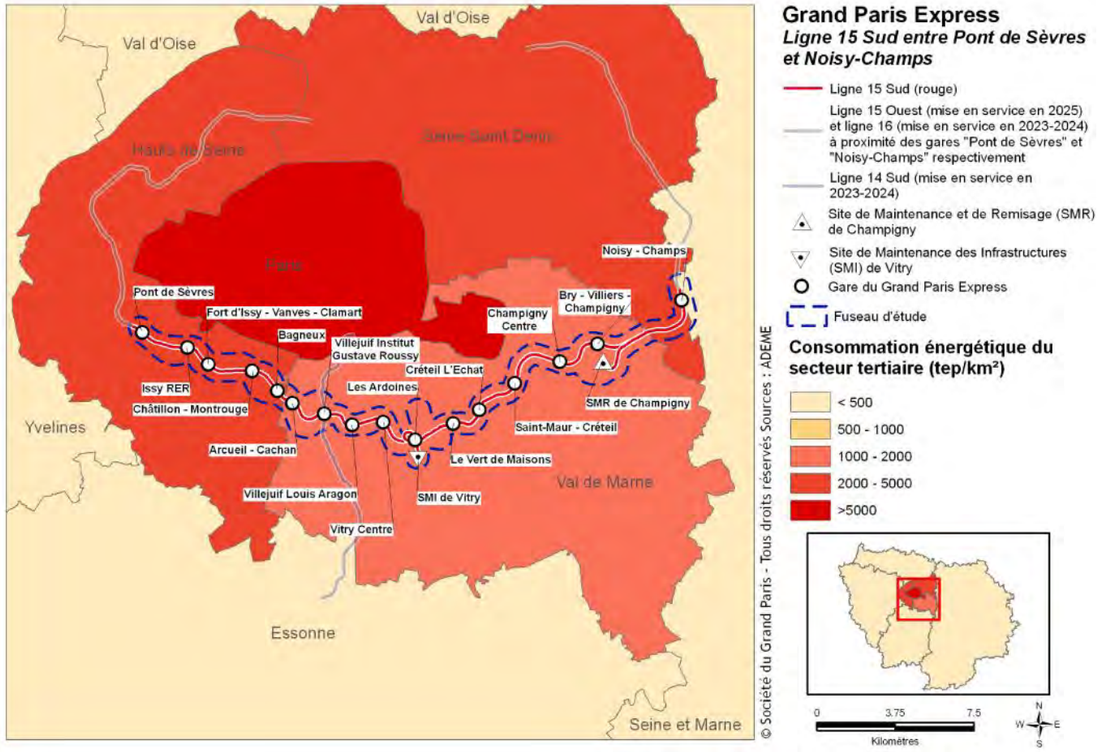
Carte de la consommation énergétique par le secteur résidentiel en Ile-de-France en 2012 (sources : ADEME, Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, édition 2012)

La figure précédente montre que les consommations moyennes par habitant du secteur résidentiel sont globalement faibles dans le périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud, notamment dans les Hauts-de-Seine et dans le Val-de-Marne, où celles-ci sont comprises entre 0,50 et 0,55 ktep/habitant, pour une moyenne de 0,563 ktep/habitant à l'échelle régionale. Ces consommations, bien qu'inférieures à la moyenne régionale, se trouvent toutefois supérieures à celles de Paris et de la Seine-Saint-Denis qui présentent les chiffres les plus faibles de la région (inférieurs à 0,50 ktep/habitant). En Seine-et-Marne, la consommation moyenne par habitant est plus élevée et se situe entre 0,55 et 0,60 ktep/habitant, malgré l'âge plus jeune du parc de logement.

Ces résultats s'expliquent de façon générale par le fait que, plus la part de maisons individuelles augmente, plus le niveau de consommation énergétique du secteur résidentiel par habitant augmente.

[80] Source : INSEE, RGP2011
[81] Source : INSEE, RGP2011

2.21.1.4 Consommations énergétiques pour le secteur tertiaire



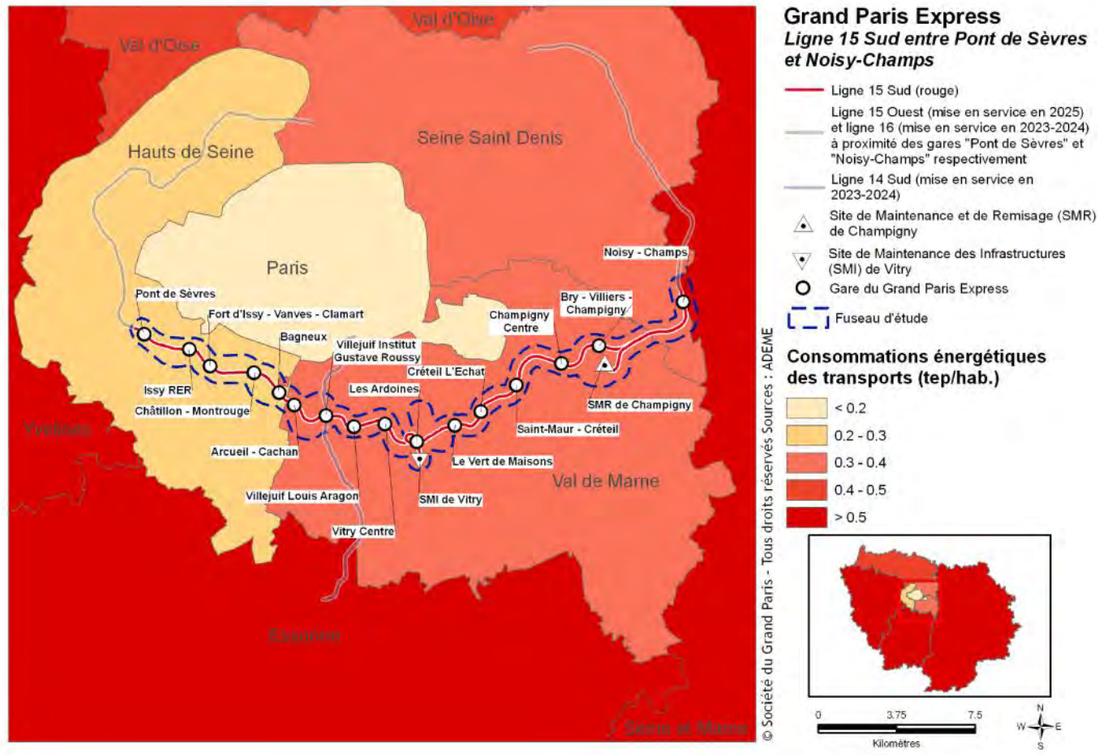
Carte de la consommation énergétique par le secteur tertiaire en Ile-de-France en 2012 (sources : ADEME, Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, édition 2012)

En 2013, l'Ile-de-France compte plus de 50 millions de m² de bureaux (surfaces neuves ou restructurées). Le parc de bureaux a doublé sa capacité d'accueil depuis trente ans au rythme d'un million de m² construits annuellement[82], pour l'essentiel en extension du bâti existant. Les restructurations jouent donc un rôle majeur et leur rythme tend à s'accroître. En effet, ce dernier a quadruplé entre 1995 et 2005 et elles s'appliquent dorénavant, en plus du bâti ancien, aux immeubles de grande hauteur des années 1960-1970, principalement à la Défense. Contrairement aux logements, les bureaux ont en moyenne une durée de cycle de vie relativement courte (environ 20 ans). C'est pourquoi, ce processus de réhabilitation est appelé à se poursuivre puisqu'entre 2010 et 2015, la majorité des bureaux construits durant la période de grande rénovation urbaine arriveront en fin de cycle de vie.

Les consommations liées aux activités tertiaires dans la zone d'influence de la Ligne 15 Sud sont les plus importantes dans les Hauts-de-Seine et en Seine-Saint-Denis (entre 2000 et 5000 tep/km²), suivis du Val-de-Marne (entre 1000 et 2000 tep/km²) et enfin de la Seine-et-Marne (moins de 500 tep/km²). Les activités tertiaires de la région francilienne sont en effet principalement concentrées à Paris et dans les Hauts-de-Seine.

[82] Source : Schéma Directeur de la Région Ile-de-France daté du 27/12/2013

2.21.1.5 Consommations énergétiques pour le secteur des transports

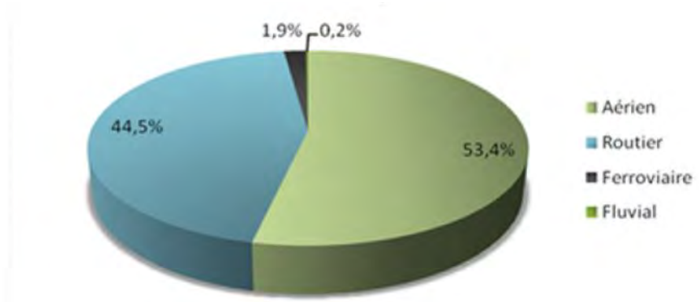


Carte de la consommation énergétique par le secteur des transports en Ile-de-France en 2012 (sources : ADEME, Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France, édition 2012)

Les consommations énergétiques par habitant liées au transport sont relativement limitées dans les Hauts-de-Seine (entre 0,2 et 0,3 tep/habitant), de par le maillage important du territoire de ce département par le réseau de transports en commun, favorisant leur utilisation par un grand nombre d'habitants. Ces consommations sont plus conséquentes dans le Val-de-Marne et en Seine-Saint-Denis (entre 0,3 et 0,4 tep/habitant) et deviennent très importantes en Seine-et-Marne (supérieures à 0,5 tep/habitant).

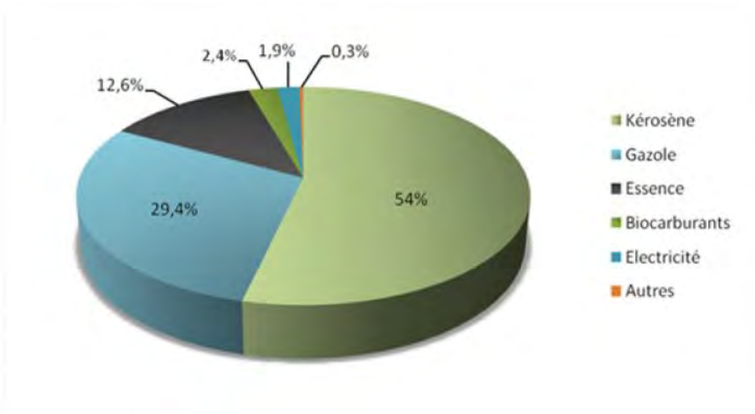
Les consommations énergétiques par habitant du secteur des transports augmentent avec l'éloignement du centre urbain parisien, et s'expliquent notamment par un maillage moins dense des réseaux de transport en commun dans les départements périphériques, conduisant les habitants à privilégier l'utilisation de la voiture.

Les déplacements routiers (hors transport collectif), fluviaux, ferroviaires et aériens ont consommé 10,75 millions de tonnes équivalent pétrole en 2008. Comme l'indique la figure suivante, les transports aériens sont les plus grands consommateurs d'énergie, ce qui s'explique par la présence de trois aéroports importants : Roissy, Orly et Le Bourget. L'autre moitié de l'énergie est consommée sur les routes. Les transports fluviaux et ferroviaires utilisent actuellement peu d'énergie (2% du total) mais tendent à se développer.



Répartition des consommations d'énergie en Ile-de-France par mode de transport en 2008 (ARENE, ADEME, édition 2012, « Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France : consommations et productions d'énergie »)

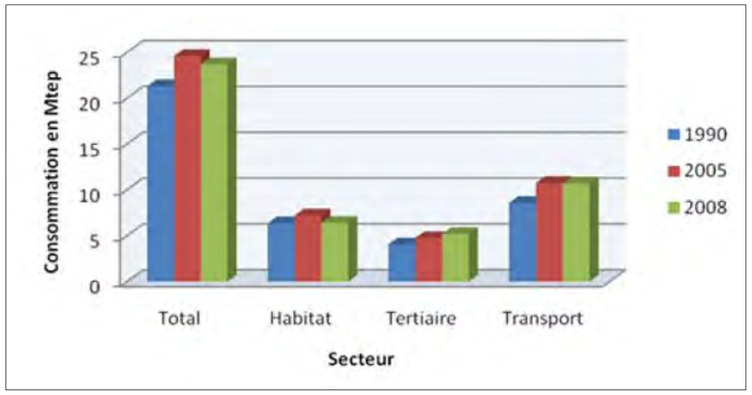
Les déplacements en avion et en voiture étant dominants, ce sont les produits pétroliers qui couvrent la quasi-totalité des besoins en énergie de la région liés au transport. Le gazole reste prépondérant dans la consommation induite par les déplacements routiers (63 %), suivi de l'essence (36,5 %).



Part des différentes énergies utilisées dans les transports en 2008 (ARENE, ADEME, édition 2012, « Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France : consommations et productions d'énergie »)

2.21.1.6 Tendances évolutives (1990 – 2008)

Entre 1990 et 2008, la consommation d'énergie globale a légèrement progressé. D'abord forte au début de la période, cette croissance de la consommation a ralenti à partir de 2005, notamment à cause de la crise économique.



Tendances évolutives de la consommation d'énergie en Île-de-France (Arene, Ademe 2010-2012)

Le secteur résidentiel connaît une relative stabilité de sa consommation d'énergie. Les dépenses dues à l'ancienneté du parc sont petit à petit compensées par la construction de bâti mieux isolé et à un début de transition du chauffage au gaz vers un chauffage électrique, moins gourmand en énergie, notamment de par la réactivité des systèmes de chauffage électriques adaptés à une programmation ou à une variation des besoins, et permettant une dépense énergétique plus rationnelle.

Tendances évolutives de la consommation d'énergie en Île-de-France (Arene, Ademe 2010-2012)

	1990	2005	2008	Variation 90-05	Variation 05-08	Variation 90-08
Total	21,3	24,6	23,7	15,49%	-3,66%	11,27%
Habitat	6,37	7,2	6,4	13,03%	-11,11%	0,47%
Tertiaire	4,05	4,75	5,2	17,28%	9,47%	28,40%
Transport	8,58	10,75	10,7	25,29%	-0,47%	24,71%

Le secteur tertiaire, pour sa part, connaît une hausse significative de sa consommation d'énergie. La tertiarisation de l'économie francilienne explique cette tendance, avec une hausse de la consommation allant de pair avec la croissance de l'activité. Chauffage, climatisation, cuisson (ce dernier surtout dans le secteur CaHoRe « Café, Hôtels-Restaurants ») constituent les principaux postes de consommation.

Enfin, le secteur des transports connaît, lui aussi, une hausse significative de sa consommation. Ce secteur explique en grande partie l'accroissement de la consommation énergétique régionale. Il est en effet le premier poste de consommation énergétique (45%, soit 10,75 Mtep).

2.21.1.7 Engagements de la gouvernance française sur la maîtrise des consommations énergétiques

Depuis le Grenelle de l'environnement, l'objectif est, au niveau national, de diminuer de 2% par an l'intensité énergétique[83] dès 2015 et de 2,5% par an dès 2030.

Le transport, le résidentiel et le tertiaire constituent les postes énergétiques majeurs pour lesquels les acteurs publics ne sont pas encore parvenus à diminuer significativement les consommations. Ils sont donc au cœur des objectifs actuels de réduction des consommations énergétiques.

a. Pour le secteur du bâtiment

Les économies d'énergie dans le secteur du bâtiment font l'objet d'un programme d'actions comportant notamment la mise en place d'une réglementation thermique plus exigeante pour les constructions neuves, la rénovation thermique des bâtiments existants, la sensibilisation des usagers au sujet de la performance énergétique des locaux, et la création de dispositifs financiers incitatifs pour favoriser la réalisation des travaux de rénovation.

L'engagement régional est inscrit dans le Schéma Directeur de la Région Île-de-France (SDRIF)[84], qui promeut une ville plus compacte et plus dense pour répondre aux urgences en matière de logement et à l'accroissement des contraintes climatiques et énergétiques. Dans les faits, le territoire francilien se caractérise par une baisse de la construction dans l'individuel et une stagnation dans le collectif.

Depuis le Grenelle de l'Environnement, la nouvelle Réglementation Thermique 2012, en application depuis 2011, est la référence. Plus restrictive, elle vise à diviser par 3 la consommation énergétique des bâtiments neufs[85], en s'alignant sur le label BBC 2005 (consommation maximale de 50 kWh/m^2/an). Elle concerne les 5 usages: chauffage, rafraîchissement, eau chaude sanitaire, ventilation et auxiliaires. Ensuite, à l'horizon 2020, il est envisagé la Réglementation Thermique 2020 qui mettra en œuvre le concept de bâtiment à énergie positive (BEPOS).

Toutefois, étant donné le faible taux de renouvellement du parc résidentiel francilien actuel, l'application de la Réglementation Thermique aux constructions nouvelles conduira plutôt, d'après les estimations[86], à une consommation moyenne en 2050 supérieure à 50kWh/m²/an. C'est pourquoi l'amélioration énergétique doit porter également sur le bâti existant. La loi Grenelle vise ainsi à réduire les consommations d'énergie du parc français d'au moins 38% d'ici 2020 et, ce, grâce à la rénovation complète de 400 000 logements à compter de 2013.

Afin d'encourager les entrepreneurs immobiliers dans leurs projets, de nouveaux labels énergétiques ont été développés au début des années 1990 et continuent d'évoluer. Ils permettent notamment de mettre en avant une ambition énergétique qui va au-delà du simple respect des exigences thermiques actuelles et anticipant sur celles de demain : HPE (Haute Performance Energétique), THPE (Très Haute...) ou encore THPE EnR sont autant de labels qui permettent aujourd'hui aux maîtres d'ouvrage de démontrer les caractéristiques énergétiques des bâtiments.

La labellisation environnementale, certifiée par un organisme indépendant, est une démarche volontaire de la part des maîtres d'ouvrage. Parmi les systèmes de management environnementaux existants à l'heure actuelle, il convient de citer les modèles étrangers LEED, BREEAM, le modèle français HQE ou encore le référentiel Habitat et Environnement (H&E). Tous font de l'énergie une cible spécifique avec des objectifs à atteindre sur les consommations et sur l'isolation du bâtiment par exemple. D'autres outils existent également à l'échelle d'un quartier, par exemple l'Approche Environnementale de l'Urbanisme (AEU), développée par l'ADEME. Ajoutons enfin que l'Assemblée nationale a adopté le 14 Octobre 2014 le projet de loi sur la transition énergétique. Ce texte porte une série de mesures et d'objectifs visant à atteindre un niveau d'efficacité énergétique supérieur aux normes jusqu'alors en vigueur, notamment via la rénovation du parc résidentiel (se traduisant par une isolation performante et adaptée), la promotion des énergies renouvelables, la baisse de la part du nucléaire dans le mix énergétique national, l'utilisation de moyens de transport « propres » et un meilleur recyclage des déchets. Les objectifs chiffrés de cette loi imposent :

- une baisse de 50% de la consommation énergétique finale en 2050 par rapport à 2012 ;
- une baisse de la consommations de ressources fossiles de 30% en 2030 par rapport à 2012 ;
- une part des énergies renouvelables portée à 23% en 2020 et à 32% en 2030 dans le mix énergétique national ;
- une réduction de 75% à 50% de la part du nucléaire en 2025 dans le mix électrique national.

b. Pour le secteur des transports

Dans le domaine des transports, notamment en zone urbaine, une diminution de la consommation d'énergie ne pourra être obtenue qu'en rajeunissant le parc automobile , en optimisant les flux de véhicules routiers (report modal vers les transports en commun, réduction de la congestion, limitation de la vitesse), en limitant la consommation énergétique des infrastructures ferroviaires urbaines (gares, systèmes, matériel roulant) et en promouvant la densité et la mixité urbaine qui limitent la longueur des déplacements. Le Plan de déplacements urbains (PDU) de l'Ile-de-France, approuvé en Juin 2014, fixe comme objectif une baisse de 2% du trafic routier entre 2006 et 2020.

[83] Rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB
[84] Objectif : Ile-de-France 2030
[85] Constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire déposée à compter de la fin 2012 et bâtiments publics et tertiaires dont la demande est déposée à compter de la fin 2010.
[86] Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAU-IdF n°147, IAU-IdF, 2008

2.21.2 Gaz à effet de serre

2.21.2.1 Principes de l'effet de serre

Le réchauffement climatique est provoqué par les conséquences d'un effet de serre additionnel causé par l'augmentation de la concentration en gaz à effet de serre (GES) due aux activités humaines.

Ces derniers ont la propriété de « piéger » une partie du rayonnement infrarouge émis par la terre vers l'atmosphère terrestre. La chaleur s'accumule ainsi dans l'atmosphère et la réchauffe. L'effet de serre est d'abord un phénomène naturel nécessaire à la vie sur terre : il permet de bénéficier d'une température moyenne de 15°C à la surface terrestre. Sans sa présence, cette dernière tomberait à -18°C. Les émissions dues à l'homme accentuent néanmoins ce phénomène. « Le changement de fréquence et d'intensité des phénomènes météorologiques extrêmes, conjugué à l'élévation du niveau de la mer, devrait avoir surtout des effets néfastes sur les systèmes naturels et humains »[87].

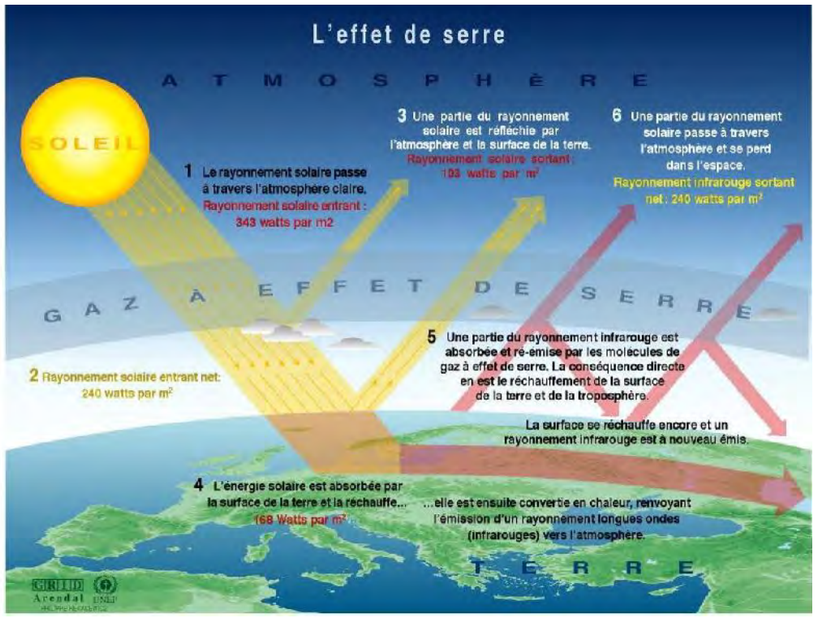


Schéma explicatif de l'effet de serre (Climate change science compendium, UNEP, 2009)

Le principal gaz à l'origine de cet effet et largement produit par les activités humaines est le dioxyde de carbone, ou CO_2. Ce n'est pas le seul contributeur: le méthane (CH_4) et le protoxyde d'azote (N_2O) ont également une responsabilité dans le réchauffement accru de l'atmosphère. Tous les gaz à effet de serre n'interceptent pas les rayonnements infrarouges et ne perdurent pas dans l'atmosphère de la même manière et par conséquent n'ont pas le même effet sur le réchauffement global. Un « Potentiel de réchauffement global » (PRG) leur est donc attribué en comparant leur effet à celui du CO_2. Certains gaz pouvant persister plusieurs centaines ou milliers d'années dans l'atmosphère, ce PRG est évalué pour une durée donnée, correspondant le plus souvent à cent ans. Les six gaz à effet de serre visés par le protocole de Kyoto sont les suivants :

Gaz à effet de serre et leur potentiel de réchauffement global

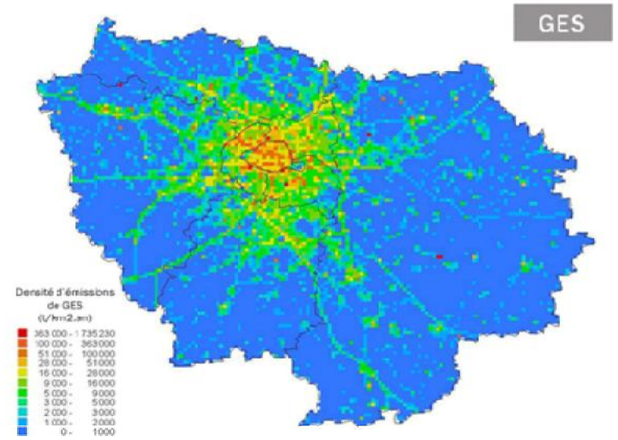
GES	PRG à 100 ans
CO_2 dioxyde de carbone	1
CH_4 méthane	23
N_2O protoxyde d'azote	296
$C_nH_mF_p$ hydrofluorocarbures	Entre 12 et 12 000
C_nF_{2n+2} perfluorocarbures	Entre 5 700 et 11 900
SF_6 hexafluorure de soufre	22 000

2.21.2.2 Les émissions de GES calculées par Airparif

a. Emissions de GES pour l'Ile-de-France

Les Gaz à Effet de Serre (GES) repris dans l'inventaire francilien d'Airparif sont le CO_2, le méthane (CH_4) et le N_2O qui correspondent à 96 % des émissions de GES recensées en Ile-de-France[88]. Cet inventaire considère principalement les émissions directes, c'est-à-dire que seuls les émissions sur le territoire francilien sont prises en compte et sont attribuées au secteur physiquement émetteur. Ce sont les résultats présentés ci-dessous.

Les résultats pour l'année 2010 évaluent les émissions à 44,7 millions de tonnes d'équivalent CO2. Elles se répartissent sur le territoire francilien comme dans la figure suivante :



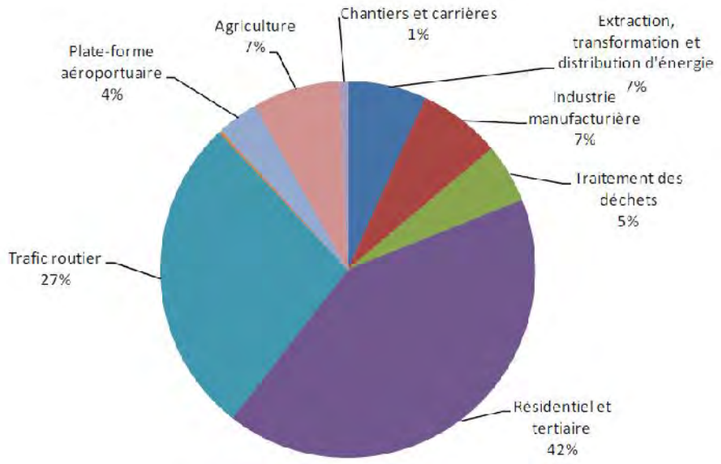
Densité d'émissions de GES (CO2, CH4 et N2O) en 2010 (source : Airparif)

[87] Changements climatiques 2007, Rapport de synthèse, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), page 12.

[88] Source : CITEPA

Sur cette figure, les émissions se concentrent majoritairement dans Paris, avec des niveaux supérieurs à 100 000 t/an/km² (parmi les plus élevés de France), et le long du réseau routier francilien.

La contribution des différents secteurs d'activité dans les émissions directes est représentée dans la figure ci-dessous :



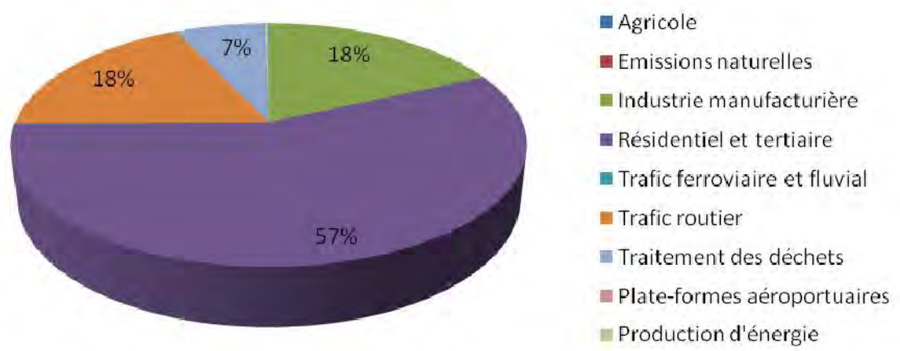
Contribution des secteurs d'activité aux émissions directes de GES en Ile-de-France pour l'année 2010 (Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de GES en IdF pour l'année 2010, Airparif, 2013)

Le premier contributeur des émissions de gaz à effet de serre est le secteur résidentiel et tertiaire (42 %), suivi du trafic routier (27 %).

Au sein du trafic routier, les véhicules particuliers sont responsables de 58 % des émissions, les véhicules utilitaires 18 % des émissions, les poids lourds 16 % le reste provenant des bus, cars et deux roues[89]. Les résultats donnés pour le trafic aérien ne prennent en compte que les émissions effectivement émises sur le territoire de la région. La part importante du secteur du traitement des déchets est due aux émissions de CO_2 des usines d'incinération des déchets ainsi qu'au méthane émis par les décharges.

b. Emissions de GES du département des Hauts-de-Seine

Les émissions de gaz à effet de serre du département des Hauts-de-Seine atteignent 5,1 millions de tonnes en 2008[90]. Ce qui représente environ 10% des émissions de l'Ile-de-France. Les parts des différents secteurs d'activités sont représentées dans la figure suivante.



Emissions de GES du département des Hauts-de-Seine (Bilan des émissions pour le département des Hauts-de-Seine pour l'année 2008, Airparif 2010).

Les principaux postes d'émissions sont les suivants :

- Le parc résidentiel et tertiaire (57%), dont deux-tiers des bâtiments ont été construits avant 1975 et présentent en conséquence une qualité thermique limitée. Le niveau d'émissions en résultant s'avère relativement significatif pour ce secteur, où des marges de progression importantes apparaissent dans le cadre des campagnes de rénovations urbaines. La présence au sein de ce territoire du quartier de La Défense et de son pôle important d'activités tertiaires renforce le poids de ce poste.

- Le trafic routier, correspondant au transport de personnes et de marchandises, est le second poste puisqu'il représente 18% de l'ensemble des émissions. Le département des Hauts-de-Seine est en effet un important territoire de transit entre Paris et l'Ouest de la région et du pays, ainsi qu'entre les banlieues Nord-Ouest et Sud-Ouest de la capitale. Le quartier d'affaires de La Défense polarise une partie importante de ce trafic. Soulignons également l'existence des autoroutes A13, A14 et A86 et des RN13, RN118 et RN315 sur ce territoire, axes qui présentent de hautes fréquentations de trafic routier.

- Le secteur industriel représente également 18% des émissions à l'échelle départementale.

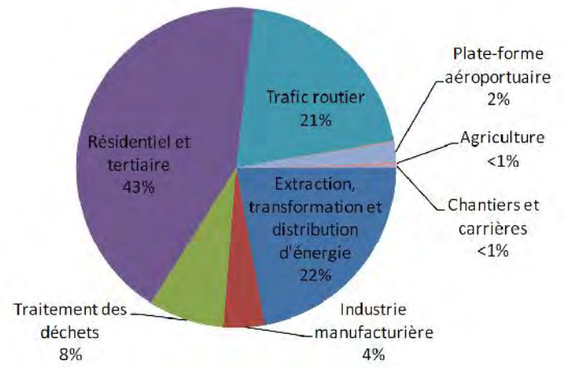
- Et enfin le traitement des déchets, poste dont la part des émissions est de 7%.

c. Emissions de GES du département du Val de Marne

Dans le département du Val-de-Marne, 5,2 millions de tonnes équivalent CO_2 ont été émises en 2010, soit environ 12% des émissions régionale.

Comme pour Paris, le principal poste d'émission correspond aux bâtiments du parc résidentiel et des activités tertiaires (43%). Ce poste présente donc un potentiel d'amélioration important grâce aux plans de rénovations urbains.

[89] Source : Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de GES en IdF pour l'année 2010, Airparif, 2013
[90] Données 2010 non disponibles.



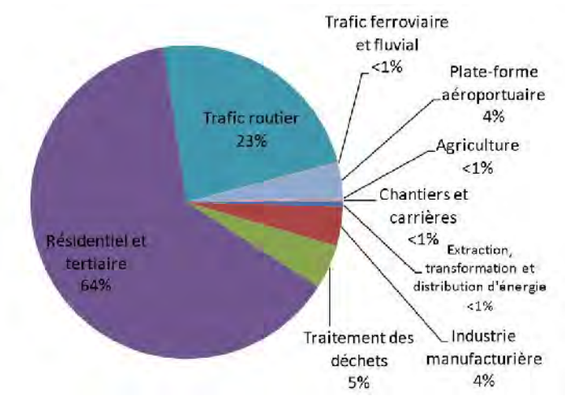
Emissions de GES du département du Val-de-Marne (Bilan des émissions pour le département du Val-de-Marne pour l'année 2010, Airparif 2013)

L'extraction, la transformation et la distribution d'énergie représentent la seconde part la plus significative du département (22%) en raison notamment de la présence d'une installation de production d'électricité (centrale de Vitry-sur-Seine). Le trafic routier arrive en troisième position (21%), le Val-de-Marne étant, en effet, un important territoire de transit entre Paris et le Sud-est du pays, ainsi qu'entre les banlieues Sud-Ouest et est de la capitale. A noter la présence des tracés des autoroutes A4, A6 et A86 qui se trouvent sur ce territoire et qui présentent des fréquentations importantes.

Le traitement des déchets représente le quatrième poste (8%). Il s'agit en effet d'un poste non négligeable d'émissions de GES, puisque celui-ci inclut les activités de collecte, de transport, de transfert, de traitements, de stockage et d'incinération des déchets.

d. Emissions de GES du département de la Seine-Saint-Denis

Les émissions de gaz à effet de serre de la Seine-Saint-Denis atteignent près de 5 millions de tonne eq. CO_2 par an. Ce qui représente environ 12% des émissions de l'Ile-de-France.



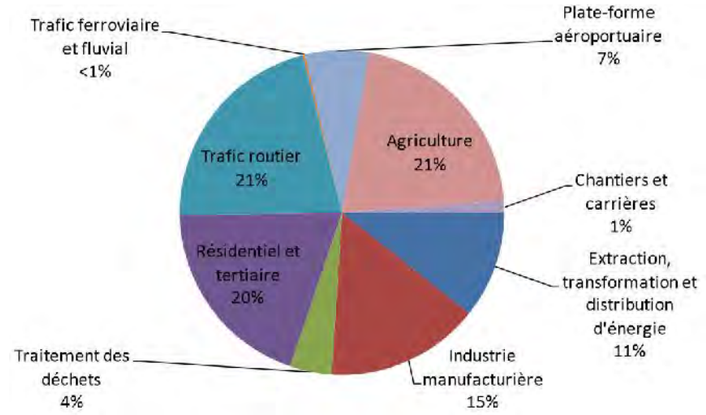
Emissions de GES du département de la Seine-Saint-Denis (Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Seine-Saint-Denis pour l'année 2010, Airparif 2013)

Les deux principaux postes d'émissions sont les suivants :

- Le parc résidentiel et tertiaire (64%). Le nombre de bâtiments est en effet très important et généralement de faible qualité thermique. Il en résulte un niveau d'émissions très élevé pour ce secteur et des marges de manœuvres importantes dans le cadre des campagnes de rénovations urbaines.
- Le transport de personnes et de marchandises (23%) qui représente un autre défi majeur du territoire. Le département de la Seine-Saint-Denis est clairement un « territoire de flux ». Ces flux sont principalement liés à la structure de la région francilienne et à sa polarisation autour de Paris. Le département est devenu un territoire « tampon » pour les marchandises mais aussi pour les travailleurs.

e. Emissions de GES du département de la Seine-et-Marne

Dans le département de la Seine-et-Marne, 8 millions de tonnes équivalent CO_2 ont été émises en 2010, soit environ 19% des émissions régionales.



Emissions de GES du département de la Seine-et-Marne (Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Seine-et-Marne pour l'année 2010, Airparif 2013)

Trois principaux postes d'émissions se dégagent au sein de ce territoire :

- Le trafic routier (21%) : à l'image de la Seine-Saint-Denis, le département de Seine-et-Marne représente un important « territoire de flux ». Outre le trafic induit par la polarisation de la région francilienne autour de Paris, le territoire de la Seine-et-Marne accueille également d'importants flux de transport nationaux comme internationaux soit en liaison avec Paris soit issus du contournement de l'agglomération parisienne.
- L'agriculture (21%) : une grande majorité du territoire de la Seine-et-Marne se trouve en zone rurale ou semi-rurale, où l'agriculture est une activité particulièrement développée, ce qui explique l'importance de ce poste.
- Le parc résidentiel et tertiaire (20%) : bien que le nombre de bâtiments soit moins important que dans les départements de la Petite Couronne, le parc bâti existant est d'une qualité thermique limitée, d'où un niveau d'émissions conséquent pour ce secteur.

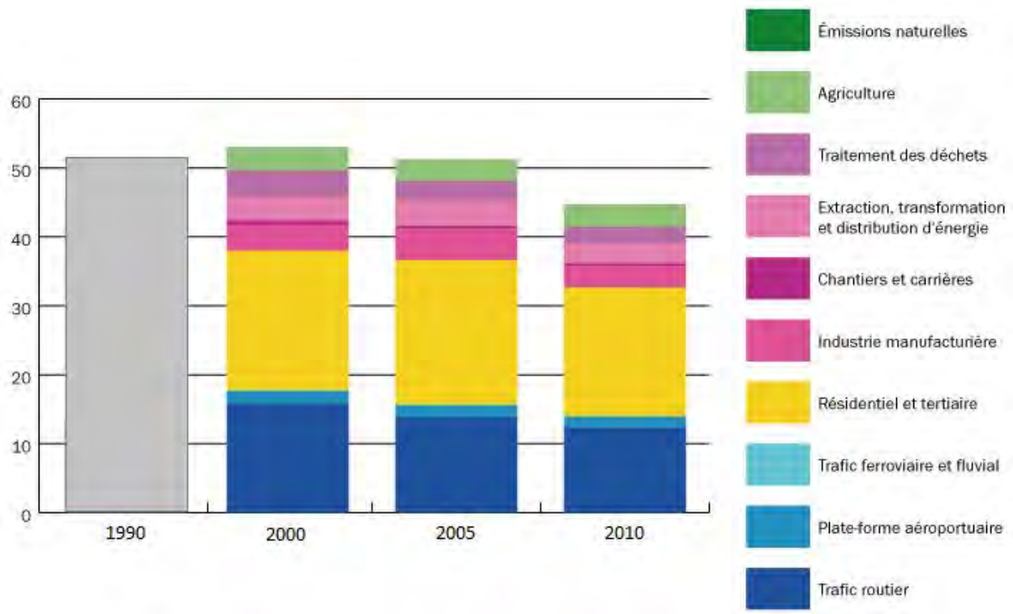
Soulignons également la présence d'autres postes significatifs d'émissions au sein du département : l'industrie manufacturière (15%), l'extraction, la transformation et la distribution d'énergie (11%) et la plate-forme aéroportuaire de Roissy – Charles de Gaulle (7%).

f. Evolutions des émissions de GES

Globalement, les émissions directes de gaz à effet de serre ont diminué entre 2000 et 2007 en Île-de-France (figure suivante).

Ces baisses sont toutefois variables d'un secteur d'activité à l'autre: les émissions de gaz à effet de serre du secteur du traitement des déchets présentent la principale baisse (-39%) devant celles du trafic routier (-22%), de l'industrie (-17%), du secteur aéroportuaire (-15%), de l'énergie (-14%), du résidentiel/tertiaire (-8%) et enfin devant l'agriculture (-1%).

Les résultats suggèrent par ailleurs que, sur la période de 2005 à 2010, les émissions de gaz à effet de serre ont diminué de manière plus importante. Cette diminution s'explique notamment par une baisse prononcée de la quantité déclarée de déchets ménagers incinérés. Les conditions météorologiques plus favorables expliquent également la baisse des émissions du secteur résidentiel et tertiaire. Faute de recul suffisant, il est difficile de savoir si cette diminution se prolongera durant les années suivantes.

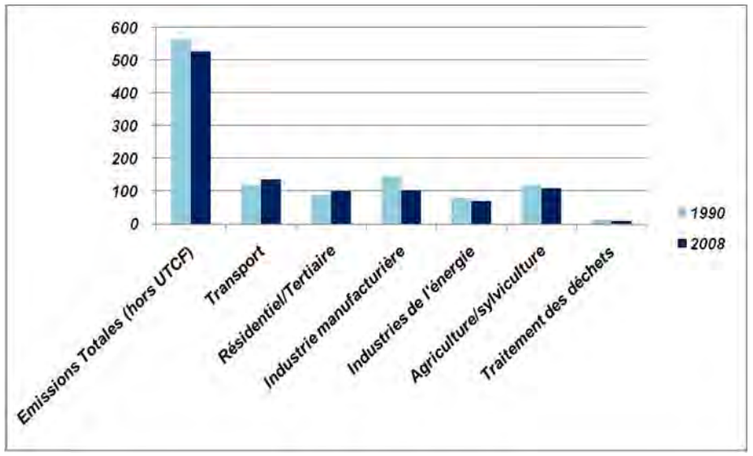


Evolution des émissions de GES en Ile-de-France entre 2000 et 2010 par secteur. Données en tonnes éq CO2 (années 2000, 2005 et 2010 : Airparif 2013, Bilan des émissions. http://www.AirParif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-bilan-emissions, année 1990 :évaluation Stratec sur base des consommations énergétiques, tableau de bord de l'énergie Ile-de-France 1990-2002, ARENE et ADEME, 2006).

Il n'existe pas d'estimations fines des émissions de gaz à effet de serre antérieures aux années 2000. Cependant, en se basant sur l'évolution des émissions liées aux consommations énergétiques[91], les émissions de gaz à effet de serre de l'Ile-de-France en 1990 s'élevaient approximativement à 41,1 millions de teq CO_2. Entre 1990 et 2010, les émissions de GES ont donc diminué d'approximativement 14,6%.

[91] Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France : évolution 1990/2002 des consommations et productions d'énergie et des émissions de CO_2 associées

Cette tendance à la baisse est similaire à celle observée au niveau national puisque l'évolution des émissions entre 1990 et 2008 est estimée globalement à -6,4%. Cette baisse est due en particulier à l'industrie, qu'elle soit manufacturière (-29,1%) ou productrice d'énergie (-10,9%). Le traitement des déchets s'est également amélioré entre 1990 et 2008 (baisse de 17,7%). Enfin, l'agriculture contribue elle aussi à une baisse globale des émissions de GES, ses émissions baissant de (-7,8%). Ces efforts sont contrebalancés par l'augmentation des émissions des secteurs du transport (+13%) et du secteur résidentiel et tertiaire (+11%).



Evolution des émissions de GES en France entre 1990 et 2008 par secteur. Données en téq CO_2. (Bilan des émissions de GES en France en 2008, Ministère du développement-durable, sur base de l'inventaire PNLCC/CITEPA 2009).

2.21.2.3 Les émissions de GES calculées selon la méthode du bilan Carbone®

a. Emissions de GES pour l'Ile-de-France

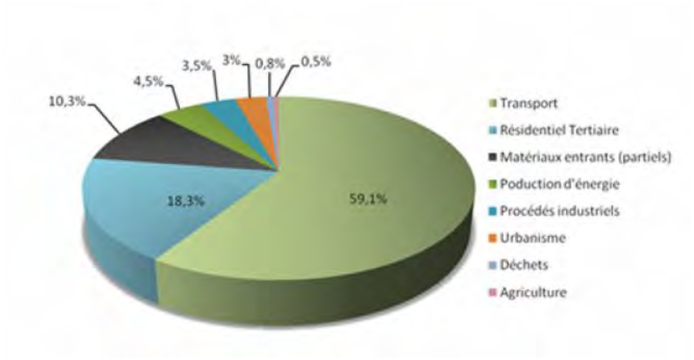
Le Bilan Carbone® est une démarche visant dans un premier temps à évaluer l'impact environnemental d'une entité (entreprise, institution…) via une quantification des émissions de carbone liées à ses activités, puis dans un second temps de réduire durablement ces émissions par un plan d'actions adapté.

En 2005, l'ADEME a lancé une version expérimentale de la méthode Bilan carbone® pour les collectivités territoriales. La participation de la Région Ile-de-France a eu lieu entre juillet 2005 et mars 2006[92]. Cette méthode repose sur des facteurs d'émissions qui permettent de convertir des données mesurables (flux d'objets, de personnes, de matières premières) en émissions de GES.

Contrairement aux inventaires d'Airparif, cette méthode ne se limite pas aux émissions directes sur le territoire francilien mais englobe plus généralement les émissions directes et indirectes, qu'elles aient été physiquement émises en Ile-de-France ou à l'extérieur.

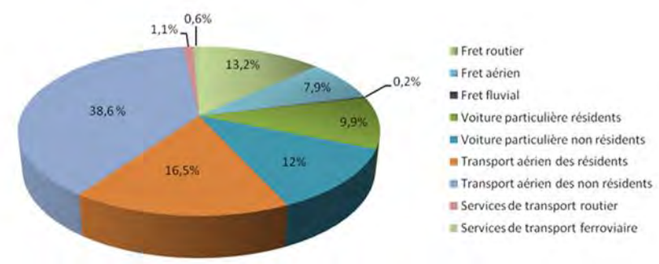
[92] Bilan Carbone® de la Région Île-de-France, Opération expérimentale Bilan Carbone® - Collectivités territoriales de L'ADEME : Volets territoire et patrimoine, Conseil Régional de la Région Ile-De-France, novembre 2007

Selon cette méthode, les émissions globales de l'Ile-de-France s'élèvent à 141,1 millions de tonnes d'équivalent CO_2 ($MteqCO_2$). La répartition entre les différents secteurs d'activité est présentée dans la figure suivante.



Répartition des émissions du territoire selon les chapitres de la méthode (Bilan carbone® de la Région Île-de-France)

Le poste contribuant le plus aux émissions du territoire est celui des transports, dont 55% de la contribution est due au transport aérien de voyageurs. Il est suivi par le poste résidentiel et tertiaire, puis par la production d'énergie.



Emissions de GES du secteur Transports par mode de transport et type d'utilisateur (Bilan carbone® de la Région Île-de-France)

La figure précédente montre que le transport des non-résidents contribue à plus de la moitié des émissions du secteur des transports. Une grande majorité de ces émissions est due au transport aérien et rappel l'importance de la région comme plaque tournante aéroportuaire. Le transport routier correspond à 21.9% des émissions totales. Les transports publics routiers et ferroviaires ne correspondent qu'à 1.7% des émissions du secteur.

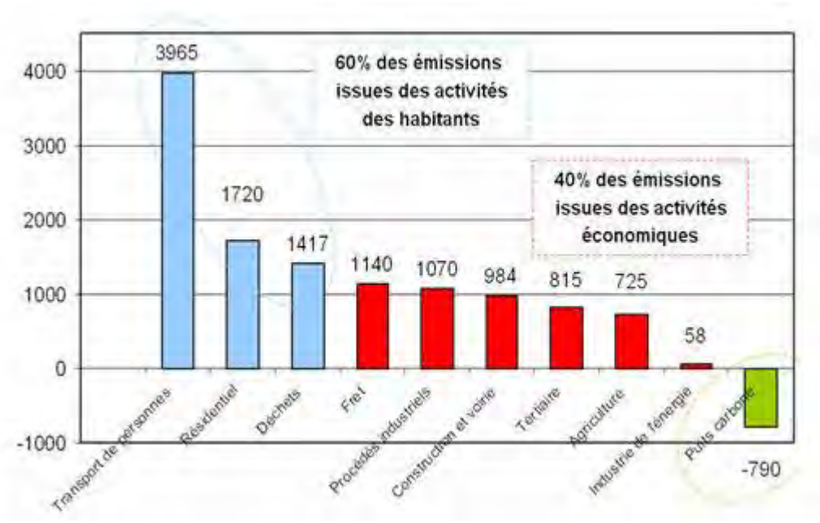
b. Bilan Carbone® du territoire des Hauts-de-Seine

Le Bilan Carbone® du département des Hauts-de-Seine a été réalisé en 2005 avec pour année de référence 2004. Les postes les plus émetteurs en termes de rejets de gaz à effet de serre au niveau du territoire sont le transport des personnes et des marchandises hors transports en commun (50% des rejets), et, le parc résidentiel et du tertiaire (32%). Au niveau du seul patrimoine géré par la collectivité, les immobilisations (notamment routes) représente près de 43% des sources d'émissions, et la consommation énergétique des bâtiments 17%.

c. Bilan Carbone® du territoire de Seine-et-Marne

En 2009, le département de la Seine-et-Marne a lui aussi effectué son Bilan Carbone®. Selon cette méthode, les émissions globales du département s'élèvent à 12 millions de tonnes d'équivalent CO_2 ($MteqCO_2$) pour l'année 2006 (hors émissions de l'aéroport Roissy Charles de Gaulle). La répartition entre les différents secteurs d'activité est présentée sur la figure suivante.

En 2009, le département de la Seine-et-Marne a lui aussi effectué son Bilan Carbone®. Selon cette méthode, les émissions globales du département s'élèvent à 12 millions de tonnes d'équivalent CO2 (MteqCO2) pour l'année 2006 (hors émissions de l'aéroport Roissy Charles de Gaulle). La répartition entre les différents secteurs d'activité est présentée sur la figure suivante.



Répartition des émissions du département par activité, en kilotonne équivalent CO_2.
(Source : Bilan Carbone® du département Seine et Marne)

Les trois principaux postes d'émissions sont le transport (fret et voyageur, 42%), le parc résidentiel et les activités tertiaires (21%), et les déchets (12%). Cela s'explique notamment par la prépondérance de l'usage de l'automobile, un réseau routier dense accompagné d'une forte activité de fret routier (la Seine-et-Marne reliant Paris au Sud-Est de la France) ainsi qu'un habitat résidentiel principalement individuel et chauffé au gaz. Enfin, le département stock et traite une part importante des déchets de l'agglomération parisienne.

d. Bilan Carbone® du territoire de la Seine-Saint-Denis

En 2008, un Bilan Carbone Territoire a été réalisé. Selon cette méthode, les émissions globales du département s'élèvent à 8 millions de tonnes d'équivalent CO2 avec pour postes les plus émetteurs : le transport des personnes (32%), les émissions induites (22%), l'habitat (22%), les consommations alimentaire (9%) et enfin le secteur tertiaire (9%).

e. Bilan Carbone® Patrimoine et Services du Conseil départemental du Val de Marne

En 2007, un Bilan carbone « Patrimoine et services » a été pour le Conseil départemental du Val de Marne.

f. Bilan Carbone® des villes traversées par la Ligne 15 Sud

Plusieurs des villes ou des communautés d'agglomération traversées par la futur Ligne 15 Sud ont, elles aussi, effectués des Bilans Carbone® :

- Bilan Carbone territoire : L'Haÿ-les-Roses, Villejuif, Communauté Val de Bièvre, communautés Val et Arc de Seine ;
- Volet « Patrimoine et Service » ou non précisé : Boulogne-Billancourt, Villiers-Sur-Marne, communauté Plaine Centrale, communauté Sud de Seine communautés Val et Arc de Seine.

2.21.2.4 Engagements

Sur le plan international, le Sommet de la Terre qui s'est déroulé à Rio en 1992 a marqué la prise de conscience internationale des risques liés au changement climatique. En conséquence, les Etats les plus riches y avaient pris l'engagement de stabiliser leurs émissions à leur niveau constaté en 1990.

a. Kyoto

Après plusieurs années de négociations, un groupe de pays industrialisés a ratifié le protocole de Kyoto en décembre 1997. Globalement, ces Etats se sont engagés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre d'au moins 5 % par rapport à leurs niveaux de 1990 durant la période 2008-2012. Les Etats membres de l'Union européenne se sont quant à eux engagés collectivement sur une réduction de 8 % entre 2008 et 2012. Les émissions considérées comprennent six GES d'origine anthropique : CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF6.

b. Les engagements de la France et le facteur 4

En 2002, à l'occasion du bilan d'application du Programme national de lutte contre le changement climatique, la France s'est engagée à diviser les émissions de gaz à effet de serre par 4 à l'horizon 2050 afin de contenir le réchauffement climatique à un niveau d'élévation de 2°C. Cet objectif aussi appelé « facteur 4 » a été ensuite confirmé dans le Plan climat validé par le gouvernement en juillet 2004 et par le président de la République en février 2005 à l'occasion de l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto.

La loi de programme (n° 2005-781) de 2005 fixant les orientations de la politique énergétique souligne que « la lutte contre le changement climatique est une priorité de la politique énergétique qui vise à diminuer de 3 % par an en moyenne les émissions de gaz à effet de serre de la France ». « En outre, cette lutte devant être conduite par l'ensemble des États, la France soutient la définition d'un objectif de division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre d'ici à 2050, ce qui nécessite, compte tenu des différences de consommation entre pays, une division par quatre ou cinq de ces émissions pour les pays développés ».

Le Grenelle de l'environnement a finalement rappelé l'objectif de diviser par 4 les émissions de GES d'ici à 2050 en accélérant les progrès d'efficacité énergétique dans le bâtiment, en favorisant les modes de transports peu émetteurs, en favorisant un urbanisme plus efficace et en développant une politique énergétique de réduction des consommations et du contenu carbone de la production. L'objectif au niveau national est de diminuer de 2 % par an l'intensité énergétique[93] dès 2015 et de 2,5 % par an dès 2030.

c. La politique climatique européenne post-Kyoto

Le Conseil européen de mars 2007 a annoncé des objectifs climatiques dits « 3x20 » à l'horizon 2020 visant à :

- porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans les énergies consommées ;
- améliorer de 20 % l'efficacité énergétique ;
- réduire de 20 % les émissions de gaz à effets de serre par rapport à 1990. En cas d'accord climatique international satisfaisant, ce dernier objectif passerait à –30 %.

d. Les engagements de l'Île-de-France

L'Ile-de-France a pris des engagements forts contre les changements climatiques. Un plan régional pour le climat a été adopté le 24 juin 2011 selon trois axes : « exemplarité », « atténuation » et « adaptation ».

Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE) a ensuite été élaboré en 2012 afin de répondre à une obligation de la loi Grenelle 2. Pour l'horizon 2020, il prévoit une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre, une réduction de 20% de la consommation d'énergie et la satisfaction des besoins à hauteur de 23% à partir d'énergies renouvelables.

Le SRCAE définit trois grandes priorités régionales pour 2020 dont deux représentent des enjeux particulièrement importants pour le Nouveau Grand Paris : le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire et de triplement dans le résidentiel et la réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier notamment en augmentant de 20% les trajets en transports en commun (la dernière priorité moins en lien avec le Grand Paris étant le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération).

Les mesures à préconisées pour atteindre ces objectifs sont notamment les suivantes :

Concernant l'urbanisme, il s'agit de promouvoir aux différentes échelles de territoire un développement urbain économe en énergie.

Concernant le bâti, les collectivités locales devront assurer les rythmes de rénovation du parc en encourageant la sobriété énergétique dans les bâtiments, en garantissant la pérennité des performances et en améliorant l'efficacité énergétique de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes énergétiques.

Concernant les transports, il sera nécessaire d'assurer un rythme de réduction des consommations d'énergie compatible avec les objectifs du SRCAE :

- En encourageant les alternatives à l'utilisation des modes individuels motorisés (transports en commun et modes actifs) ;
- En réduisant les consommations et émissions du transport de marchandises ;
- En favorisant le choix et l'usage de véhicules adaptés aux besoins et respectueux de l'environnement ;
- En limitant l'impact du trafic aérien sur l'air et le climat.

e. Les Plans-Climat et Plans Climat-Energie Territorial (PCET)

Les PCET sont des projets territoriaux de développement durable dont l'objectif premier est de lutter contre le changement climatique. Les PCET ne se substitue pas aux agendas 21 ou projets

[93] Rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB

territoriaux de développement durable, mais peuvent constituer pour les collectivités ayant engagé un agenda 21, le volet climat de celui-ci. Les PCET ont été initiés par le Plan Climat National puis repris par les lois Grenelle 1 et Grenelle 2. Ils constituent un cadre d'engagement pour les territoires.

Les PCET sont définis selon les objectifs nationaux et européens suivants :

- Réduction des émissions de gaz à effet de serre (perspective du facteur 4) ;
- Adaptation au changement climatique.

Les PCET ont des ambitions chiffrées de réduction des émissions de GES et présentent la stratégie d'adaptation du territoire dans des contraintes de temps.

Ainsi parmi les diverses entités traversées par la Ligne 15 Sud, plusieurs ont mis en place un PCET :

- Les département de la Seine-Saint-Denis, de la Seine-et-Marne, du Val-de-Marne et Hauts-de-Seine (en cours) ;
- Les communautés d'agglomération du Grand Paris Seine Ouest, de Val de Bièvre, de Val-de-Seine, de Sud-de-Seine, de Plaine centrale et du Haut-Val-de-Marne ;
- Les communes de Vitry-sur-Seine, de Villejuif, de Créteil, de Vanves (en cours).

2.21.3 Synthèse des enjeux liés à l'énergie et aux gaz à effet de serre

Les enjeux liés aux consommations énergétiques et aux émissions de gaz à effets de serre en Ile-de-France, et de façon plus précise aux abords du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, sont triples :

- De façon générale, la région Ile-de-France présente une forte contribution aux consommations énergétiques et aux émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale ;

- De plus, le transport routier représente une part significative de ces consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre en Ile-de-France, de par notamment l'utilisation du véhicule particulier sur le réseau routier francilien ;

- Enfin, le bâti des secteurs résidentiels et tertiaires est également identifié comme un poste important de consommations d'énergie et d'émissions de gaz à effets de serre. L'ancienneté du parc et son niveau d'isolation limité y contribuent significativement.

Les niveaux d'enjeux ont été définis selon l'importance du poste dans les consommations globales et le potentiel de réduction que pourrait induire une infrastructure de transport telle que celle du Grand Paris sur ces consommations.

Hiérarchisation des enjeux liés à la consommation énergétique et aux émissions de gaz à effets de serre

Section	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Importante contribution de la région Ile-de-France aux consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale.
	Contribution significative du secteur du transport, en particulier du transport routier, aux consommations et aux émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.
	Contribution significative du bâti résidentiel et tertiaire aux consommations et émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

2.22 Environnement sonore

Le bruit est un son produisant une sensation auditive considérée comme désagréable ou gênante. Il se caractérise par son intensité en décibels (dB), par sa fréquence en hertz (Hz) et par sa durée en secondes ou en heures.

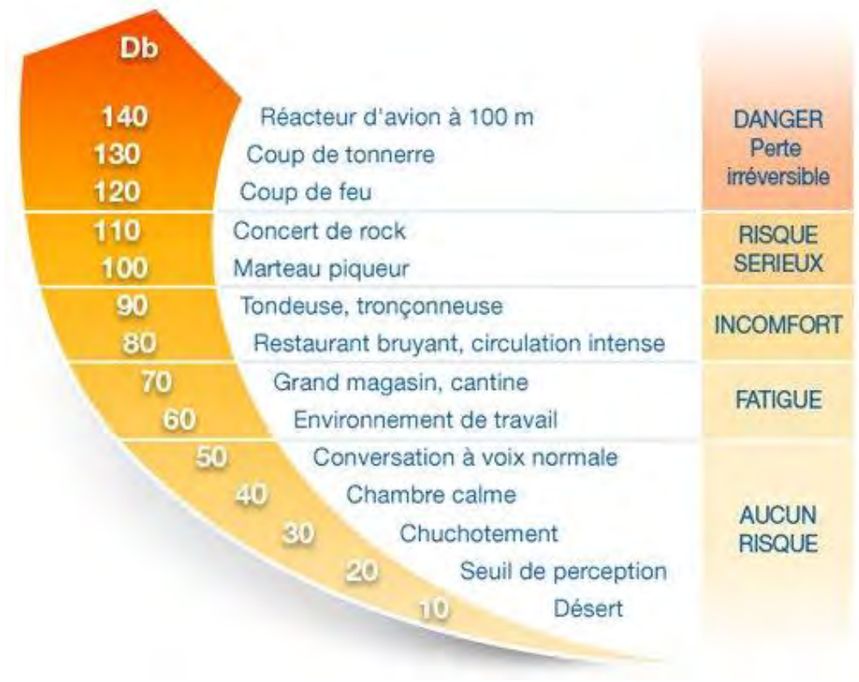
Pour une meilleure compréhension du présent chapitre, quelques notions élémentaires sont rappelées ci-après.

2.22.1 Notions préalables

2.22.1.1 Echelle du bruit

L'échelle du bruit s'étend de 0 dB (seuil d'audibilité) à plus de 140 dB. Le seuil de la douleur est établi à 120 dB. La plupart des sons de la vie courante sont compris entre 30 et 90 dB.

A partir de 80 dB, il y a un risque important de perte d'audition en cas d'une exposition prolongée au bruit. Ces niveaux de bruits sont essentiellement rencontrés dans le cadre professionnel (industrie, armée, artisanat…) et dans certaines activités de loisirs (chasse, musique, sports mécaniques). Lorsque des niveaux de 100 dB sont dépassés, le risque de perte auditive est élevé même pour une exposition de courte durée. Enfin, au-delà de 120 dB la perte auditive peut être immédiate et irréversible.



Echelle du bruit et impacts sanitaires sur l'Homme (source : http://bv.alloprof.qc.ca)

2.22.1.2 Définition des termes et indices utilisés

a. Définitions générales

Termes	Définition
Fréquences et spectres	La fréquence définit la hauteur d'un son : plus la fréquence est basse, plus le son sera grave. A l'inverse, plus la fréquence s'élève, plus le son sera aigu. L'unité de mesure de la fréquence est le hertz (Hz)-1 hertz = 1 vibration/s. Un bruit est défini par son niveau sonore en dB ou dB(A) et par son spectre. Le spectre d'un bruit est le résultat de l'ensemble des fréquences constituant ce bruit.
Perception oreille	L'oreille humaine est capable de percevoir des sons compris entre 0 dB (seuil d'audibilité) et 120 dB (seuil de la douleur) et de fréquences comprises entre 20 Hz (sons graves) et 20 000 Hz (sons aigus).
Pondération A	Les niveaux sonores mesurés en dB font souvent l'objet d'une correction fréquentielle afin de tenir compte des caractéristiques de l'oreille humaine qui ne perçoit pas les fréquences de manière linéaire. Aujourd'hui, la pondération A est la plus couramment utilisée, jugée comme le meilleur indice pour évaluer la gêne sonore réelle perçue par les personnes. Les mesures sont, sauf information contraire, exprimées en dB(A) dans le cadre de la présente étude.
Bruit ambiant	C'est le bruit total existant dans une situation donnée, pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées (équivaut à la valeur LAeq). Dans le cas d'une gêne liée à une source sonore particulière, le bruit ambiant est la somme du bruit résiduel et du bruit particulier émis par la source.
Bruit de fond	C'est le niveau de pression acoustique moyen du bruit d'ambiance à l'endroit et au moment de la mesure, en l'absence du bruit particulier considéré comme perturbateur (en général s'approche du niveau LA90).
Bruit particulier	Il s'agit du bruit produit par une source sonore générant une gêne dans l'environnement, ou composante du bruit ambiant pouvant être identifiée spécifiquement.
Addition de niveau sonore	Quand deux sources de même niveau sonore sont additionnées, le résultat global augmente de 3 dB(A).

b. Le niveau sonore LAeq

Le niveau sonore équivalent LAeq est un indice fréquemment utilisé qui représente le niveau de pression acoustique d'un bruit stable de même énergie que le bruit variable réellement perçu pendant une durée d'observation. Il est donné en dB(A) pour exprimer la sensibilité de l'oreille humaine.

Cet indice est très régulièrement utilisé comme indice de gêne car, dans la pratique, une bonne corrélation existe entre cette valeur et la gêne auditive ressentie par un individu exposé au bruit.

c. L'indice statistique LA90

Il s'agit d'un indice statistique calculé à partir des LAeq.1s. Le LA90 représente le niveau sonore dépassé pendant 90% du temps d'observation lors des mesures. Il est souvent utilisé pour caractériser le niveau de bruit de fond.

d. L'indice européen Lden

L'indice Lden est le niveau sonore moyen LAeq pondéré sur une période de 24h divisée en 12 heures de jour (day), en 4 heures de soirée (evening) et en 8 heures de nuit (night).

Le Lden est défini par la formule suivante :

$$L_{den} = 10 * \log \frac{1}{24}\left(12*10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4*10^{\frac{Levening+5}{10}} + 8*10^{\frac{Lnight+10}{10}}\right)$$

avec :

Lday : niveau de bruit moyen LAeq représentatif d'une journée de 12h. En France la période la plus couramment utilisée est 6h-18h (équivalent au LAeq(6h-18h))

Levening : niveau de bruit moyen LAeq représentatif d'une soirée de 4h. En France la période la plus couramment utilisée est 18h-22h (équivalent au LAeq(18h-22h))

Lnight : niveau de bruit moyen LAeq représentatif d'une nuit de 8h. En France la période la plus couramment utilisée est 22h-06h (équivalent au LAeq(22h-6h))

Dans le calcul du Lden, les niveaux moyens de soirée Levening et de nuit Lnight sont augmentés respectivement de 5 et 10 dB(A). En d'autres termes, le Lden est associé à la gêne acoustique globale liée à une exposition au bruit de longue durée et tient compte du fait que le bruit subi en soirée et durant la nuit est ressenti comme plus gênant. Il est utilisé pour l'établissement des cartes de bruit stratégiques car représentatif de la gêne sonore sur 24h.

Le Lnight est également utilisé pour l'établissement de cartes de bruit stratégiques car il constitue un indicateur de bruit associé aux perturbations du sommeil.

C'est pourquoi la suite de l'étude reprend les indices Lden et Lnight pour qualifier l'environnement ou la gêne sonore.

A noter que certains textes réglementaires applicables en France pour le bruit des transports n'ont pas encore fait l'objet d'une transposition avec les nouveaux indices européens. En ce cas, c'est le niveau Lden qui est comparé à titre indicatif aux valeurs limites applicables pour la période de jour car il est souvent proche du niveau sonore Lday. Pour la période de nuit, le Lnight est directement assimilable à cette période.

2.22.2 Cadre réglementaire

2.22.2.1 La directive 2002/49/CE

Un important arsenal législatif est en application depuis la dernière décennie, grâce notamment à la directive bruit 2002/49/CE[94] du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement, qui impose aux états membres, dont la France :

- De réaliser des cartes de bruit (dites cartes de bruit stratégiques) dans les grandes agglomérations (le bruit considéré est celui dû aux transports ferré, routier, aérien et aux activités industrielles) ou aux abords des grandes infrastructures de transports terrestres (route et fer). Les cartes établies ont une fonction d'information du public et de suivi de l'évolution de la situation sonore et son impact sur les personnes (révision tous les 5 ans).

- D'élaborer, au terme des diagnostics établis par ces cartes stratégiques, la réalisation de Plans de Prévention du Bruit dans l'Environnement (PPBE) et ce, à différentes échelles (communale, régionale et nationale). Ces PPBE ont pour objectif d'engager des actions de réduction du bruit dans des zones jugées critiques et d'identifier et protéger les zones « calmes ». L'analyse des PPBE recensés dans le fuseau d'étude est présentée dans la suite du chapitre.

2.22.2.2 Les autorités compétentes en matière de bruit

En Ile-de-France, les préfets de départements sont responsables de la cartographie et du classement sonore des principales infrastructures de transport mais ce sont les gestionnaires des infrastructures, les communes ou les communautés d'agglomération (EPCIs[95]) qui ont la charge d'établir les PPBE. Pour les infrastructures de moins grande importance, la cartographie sonore et l'établissement des PPBE sont sous la responsabilité des communes ou des communautés d'agglomération.

Les préfets contrôlent également la prise en compte du bruit dans tout projet neuf d'infrastructure routière ou ferroviaire, ou lors de transformation significative d'une voie existante selon l'article L571-9 du Code de l'Environnement.

Les maires peuvent, conformément au code de la santé publique (articles L1311-1, L1311-2 et R1336-6 à R1336-10) et au Code de l'environnement (articles L571-1 à L571-26), prendre des arrêtés relatifs au bruit des chantiers précisant : les horaires et les périodes de fonctionnement, les niveaux sonores à ne pas dépasser en fonction de la proximité du voisinage, les règles générales d'emploi, d'implantation et de protection acoustique de certains matériels. Les maires pourront compléter, lors de la notification du permis de construire (chantier privé) ou déclaration de travaux (chantier public), ces prescriptions générales.

2.22.2.3 Textes de référence relatifs au bruit

a. L'arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires

L'arrêté du 8 novembre 1999 fixe les niveaux sonores maximum admissibles pour la contribution sonore des infrastructures ferroviaires en tenant compte de l'usage et de la nature des locaux concernés et des caractéristiques du bruit des modes de transport ferroviaire.

Ces valeurs, qui sont données en « indicateur de gêne » dans l'arrêté, sont traduites en LAeq (contribution de l'infrastructure sonore) dans le tableau suivant :

[94] Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil du 25 juin 2002 relative à l'évaluation et à la gestion du bruit dans l'environnement

[95] Etablissement Public de Coopération Intercommunale

Niveaux sonores admissibles en façade de bâtiment pour les infrastructures ferroviaires (Arrêté du 8 novembre 1999)

Usage et nature des locaux	LAeq(6h-22h)	LAeq(22h-6h)
Etablissement de santé, de soin et d'action sociale	63 dB(A)	58 dB(A)
Etablissement d'enseignement (à l'exclusion des ateliers bruyants et des locaux sportifs)	63 dB(A)	-
Logements en zone d'ambiance sonore préexistante modéré (LAeq(6h-22h)<65dB(A) et LAeq(22h-6h)<60dB(A))	63 dB(A)	58 dB(A)
Autres logements	68 dB(A)	63 dB(A)
Locaux à usage de bureaux en zone d'ambiance sonore préexistante modéré	68 dB(A)	-

L'article R571-44 du code de l'environnement ne fait pas de distinction entre infrastructures extérieures et souterraines et précise que :

- La conception, l'étude et la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transports terrestres doivent être accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives,
- Le maître d'ouvrage de travaux de construction de l'infrastructure est tenu de prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores affectant les populations voisines de cette infrastructure soient limitées à des niveaux compatibles avec le mode d'occupation ou d'utilisation normale des bâtiments riverains ou des espaces traversés,

Ces dispositions s'appliquent aux transports guidés, notamment aux infrastructures ferroviaires.

b. L'arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis par les ICPE

Cet arrêté fixe les dispositions relatives aux émissions sonores des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises à autorisation. Il définit les niveaux de bruit limites à ne pas dépasser en limite de propriété et au droit des riverains les plus proches (zones à émergence réglementée) sur base du bruit de fond existant hors installation.

En limite de propriété, les valeurs fixées par l'arrêté d'autorisation ne peuvent excéder :

- 70 dB(A) pour la période de jour 7h-22h
- 60 dB(A) pour la période de nuit 22h-7h

Ceci, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite.

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe du présent arrêté, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne.

D'autre part, dans les zones à émergence réglementée (zones d'habitation, établissements scolaires ou de santé<), les émissions sonores des installations classées ne doivent pas engendrer une émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le tableau ci-après (notion d'émergence[96]).

Emergences limites applicables pour les ICPE-A dans les zones à émergences réglementées (ZER) (Arrêté du 23 janvier 1997)

Niveau de bruit ambiant existant dans les ZER (incluant le bruit de l'établissement)	Emergence admissible pour la période de jour 7h-22h (sauf dimanches et jours fériés)	Emergence admissible pour la période de nuit 22h-7h
> 35 dB(A) et ≤ 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
> 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

c. Le décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage

Ce décret fixe les valeurs limites d'émergence sonores à ne pas dépasser dans le cadre de la lutte contre les bruits de voisinage. Il s'applique à tous les bruits de voisinage, « à l'exception de ceux qui proviennent des infrastructures de transport, […] des installations classées pour la protection de l'environnement ».

Les valeurs limites de l'émergence fixées par ce décret sont de 5 dB(A) en période diurne (7h-22h), et de 3 dB(A) en période nocturne (22h-7h), valeurs auxquelles s'ajoute un terme correctif (de 0 à 6 dB(A)), suivant la durée cumulée d'apparition du bruit particulier.

Des valeurs limites d'émergence spectrale sont également définies : « Les valeurs limites de l'émergence spectrale sont de 7 dB dans les bandes d'octave normalisées centrées sur 125 Hz et 250 Hz et de 5 dB dans les bandes d'octave normalisées centrées sur 500 Hz, 1 000 Hz, 2 000 Hz et 4 000 Hz ».

Emergences limites relatives à la lutte contre les bruits de voisinage (Décret du 31 août 2006)

Emergence limite pour la période de jour (7h-22h)	Emergence limite pour la période de nuit (22h-7h)	Emergences spectrales limites par bande d'octave	
		125 – 250 Hz	500 – 4000Hz
+5 dB(A)*	+ 3dB(A)*	+ 7 dB	+ 5 dB

* un terme correctif (de 0 à 6 dB(A) peut être ajouté à ces valeurs selon la durée d'apparition cumulée du bruit particulier

Le décret du 31 août 2006 n'impose pas de valeurs limites pour les activités de chantier (hors équipements) mais l'article R.1334-36. du Code de la santé publique, mentionne que « Si le bruit mentionné à l'article R. 1334-31 a pour origine un chantier de travaux publics ou privés, ou des travaux intéressant les bâtiments et leurs équipements soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation, l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

[96] L'émergence d'une source sonore correspond à la différence du niveau de bruit induit par l'apparition ou la disparition de la source étudiée ($E_{mergence}$ = $L_{Aeq\ (Niveau\ sonore\ avec\ source)}$ – $L_{Aeq\ Niveau\ de\ bruit\ de\ fond\ (hors\ source)}$)

- 1. Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes en ce qui concerne soit la réalisation des travaux, soit l'utilisation ou l'exploitation de matériels ou d'équipements ;
- 2. L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- 3. Un comportement anormalement bruyant. »

d. Textes de référence relatifs au bruit des transports

Il existe de nombreux textes applicables en France pour le bruit des transports.
Pour les infrastructures existantes et l'établissement des PPBE, les 3 principaux textes de références sont :

- La circulaire du 25 mai 2004, mise en application par le plan Bruit du Ministère chargé de l'écologie et les lois dites « Grenelle » 1 et 2, et qui fixe les instructions à suivre concernant les observatoires du bruit des transports terrestres, le recensement des points noirs relatifs au bruit des réseaux routiers et ferroviaires nationaux, et les opérations pour les résorber ;
- L'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit,
- Les articles R147-5 et R147-11 du code de l'urbanisme relatifs à l'établissement des Plans d'Exposition au Bruit (PEB) et des Plans de Gêne Sonore (PGS) aux abords des aérodromes.

Le bruit des nouvelles infrastructures de transports est réglementé au travers de :

- L'Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières,
- L'Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des infrastructures ferroviaires.

Les valeurs-clé issues de ces textes et utilisées dans le présent chapitre pour évaluer l'environnement sonore existant et la gêne sonore potentielle ressentie par la population sont présentées ci-après.

Synthèse des valeurs clés en matière de bruit des transports

Référence règlementaire	Objectifs	Valeurs de références	Infrastructure concernée
Circulaire du 25 mai 2004	Identifier les bâtiments sensibles pouvant être qualifié de points noirs du bruit (PNB) [97]	Route et Ligne à Grande Vitesse: Lden≥ 68 dB(A), Lnight ≥ 62 dB(A) Voie ferrée conventionnelle[98] : Lden ≥ 73 dB(A), Lnight ≥ 65 dB(A) Cumul Route +Fer : Lden ≥ 73 dB(A), Lnight ≥ 65 dB(A)	Routes et Voies ferrées
Arrêté du 8 novembre 1999 et Arrêté du 5 mai 1995	Identifier les zones d'ambiances sonores préexistantes modérées et non modérées	Une zone est dite à ambiance préexistante modérée si le niveau sonore moyen LAeq, avant la construction de la voie nouvelle, à 2m en façade des bâtiments est < 65 dB(A) en journée (6-22h) et < 60 dB(A) la nuit (22-6h)	Routes et Voies ferrées

[97] Un Point Noir du Bruit (PNB) est un bâtiment sensible (bâtiments d'habitation, établissements d'enseignement, de soins, de santé ou d'action sociale) localisé dans une zone de bruit critique dont les niveaux sonores en façade sont supérieurs aux valeurs précisées dans le tableau.
[98] Le bruit ferroviaire fait l'objet d'un terme correctif de 3 dB(A) par rapport au bruit routier pour établir une équivalence avec la gêne sonore entre ces deux modes de transport. En effet à niveau sonore égal le bruit ferroviaire est moins gênant que le bruit routier

e. Règlementation spécifique aux bruits de chantier

Les chantiers de travaux, sans faire l'objet de seuils règlementaires spécifiques, font cependant l'objet d'un cadrage règlementaire dont les principales références sont reprises ci-dessous.

Décret 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transport terrestre

Le Décret 95-22 du 9 janvier 1995 précise que le dépôt d'un dossier d'information auprès des maires et du préfet est nécessaire au moins 1 mois avant le début du chantier. Ce document doit entres autres comporter :

- La nature du chantier,
- La durée prévisionnelle du chantier,
- Les nuisances sonores attendues en phase chantier ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances.

Directives « Machines » 2005/88/CE et 2006/42/CE

La Directive 2005/88/CE relative aux émissions sonores des machines et la Directive 2006/42/CE relative à la sécurité des machines, fixent les niveaux de puissance sonore que ces dernières devront respecter et imposent le marquage CE.

Article R1334-36 du Code de la santé publique

L'article R. 1334-36 du code de la santé publique concerne « les chantiers de travaux publics ou privés, ou les travaux intéressant les bâtiments et leurs équipements soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation ».
Ces chantiers, doivent, sous peine de porter atteinte à la tranquilité du voisinage ou à la santé de l'homme : respecter les conditions de réalisation des travaux, d'utilisation ou d'exploitation des matériels, et équipements fixées par les autorités compétentes, prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit, ne pas faire preuve d'un comportement anormalement bruyant.

Autres réglementations applicables à la phase chantier

Les chantiers doivent également respecter les éventuels arrêtés municipaux ou préfectoraux relatifs aux bruits de chantier ainsi que toute décision prise par les autorités compétentes en matière de nuisances sonores.

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, les arrêtés préfectoraux relatifs aux bruits de chantiers sont les suivants :

- Seine Saint Denis : Arrêté préfectoral n°99-5493 du 30 décembre 1999 modifié par l'arrêté Préfectoral n°00-2796 du18 juillet 2000,
- Val de Marne : Arrêté préfectoral n°2003/2657 du 11 juillet 2003,
- Seine et Marne : Arrêté préfectoral n°00 DDASS 18 SE du 13 novembre 2000.

Ces trois arrêtés fixent les mêmes prescriptions : les horaires des travaux engendrant des nuisances sonores doivent être compris entre 7h et 20h, sauf dimanches et jours fériés, hors dérogation. L'arrêté préfectoral relatif aux Hauts de Seine a quant à lui été abrogé.

f. Décret du 19 juillet 2006 relatif à l'exposition des travailleurs au bruit

Les travailleurs sont soumis au Décret du 19 juillet 2006 relatif aux prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit (transposition de la directive 2003/10/CE du 6 février 2003).

Celui-ci fixe des valeurs limites de bruit à partir desquelles il est considéré que l'audition des salariés est mise en danger et au-delà desquelles l'employeur doit mettre en place des actions pour réduire le bruit. Ces valeurs sont les suivantes :

Valeurs limites réglementaires d'exposition au bruit des travailleurs

	Lex,8h	Lpcrête
Valeur inférieure déclenchant l'action (hors influence des protections auditives)	80 dB(A)	135 dB(C)
Valeur supérieure déclenchant l'action (hors influence des protections auditives)	85 dB(A)	137 dB(C)
Valeur limite d'exposition au bruit (avec influence des protections auditives)	87 dB(A)	140 dB(C)

Pour l'application des valeurs limites d'exposition, la détermination de l'exposition effective du travailleur au bruit tient compte de l'atténuation assurée par les protecteurs auditifs individuels portés par le travailleur. Les valeurs d'exposition déclenchant l'action ne prennent pas en compte l'effet de l'utilisation de ces protecteurs.

Les actions que l'employeur doit mener sont indiquées en détail dans le décret du 19 juillet 2006. Elles consistent notamment à mettre à disposition et/ou à veiller au port d'équipement de protection auditif individuel.

En outre il y est indiqué que l'employeur est tenu de favoriser au possible les solutions de réduction du bruit à la source par rapport aux solutions de protection individuelle, de manière à réduire le bruit pour un grand nombre de personnes à la fois.

2.22.2.4 Synthèse des principales références en matière de bruit

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, le tableau ci-dessous synthétise les principales références clés pour la définition des enjeux relatifs au bruit.

Synthèse des principales références en matière de bruit

Référence	Objets	Infrastructure concernée
Arrêté du 8 novembre 1999 et Arrêté du 5 mai 1995	Limiter le bruit des infrastructures ferroviaires : prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores soient compatibles avec le mode d'occupation du sol Définition d'une zone d'ambiance sonore préexistante modérée : LAeq(6-22h) < 65 dB(A) LAeq(22-6h) < 60 dB(A)	Infrastructure ferroviaire
Décret du 31 août 2006	Respecter les émergences limites fixées au droit des riverains les plus proches : + 5 dB(A) en période de jour (7-22h) + 3 dB(A) en période de nuit (22-7h)	-
Arrêté du 23 janvier 1997	Respecter les niveaux de bruit particulier maximum fixés en limite de propriété : 70 dB(A) en période de jour (7-22h) 60 dB(A) en période de nuit (22-7h)	Ouvrages soumis à règlementation ICPE (autorisation)
	Respecter les émergences limites fixées au droit des ZER[99] les plus proches : + 5 à +6 dB(A) en période de jour (7-22h) + 3 à + 4 dB(A) en période de nuit (22-7h) et les dimanches et jours fériés	
Art. R. 1334-36. Du Décret du 31 août 2006	Limiter les nuisances sonores en phase chantier pour les riverains : Respecter les conditions fixées par les autorités, prendre les précautions appropriées pour limiter le bruit, ne pas avoir de comportements anormalement bruyants	Bases chantier
Directives «machines» 2005/88/CE 2006/42/CE	Limiter les nuisances sonores en phase chantier pour les riverains : Respecter les niveaux maximums pour les engins de chantier fixés par la communauté européenne	Engins et matériels de chantier
Décret 95-22 du 9 janvier 1995	Limiter les nuisances sonores en phase chantier pour les riverains : Etablissement d'un dossier « bruit de chantier »	Bases chantier
Arrêtés communaux et préfectoraux	Limiter les nuisances sonores en phase chantier pour les riverains : Respecter les prescriptions générales relatives au bruit des chantiers définis dans les arrêtés	Bases chantier
Valeurs guides de l'OMS	Identifier les zones calmes et propices à de l'habitat : Pour une zone d'habitations les valeurs guides de l'OMS à l'extérieur des bâtiments sont de 55 dB(A) en journée et de 45 dB(A) la nuit	Toute infrastructure

[99] zones à émergence réglementée : logements, établissements de santé ou scolaire, bureaux, activités tiers à l'exclusion des immeubles implantés dans les zones d'activités artisanales ou industrielles

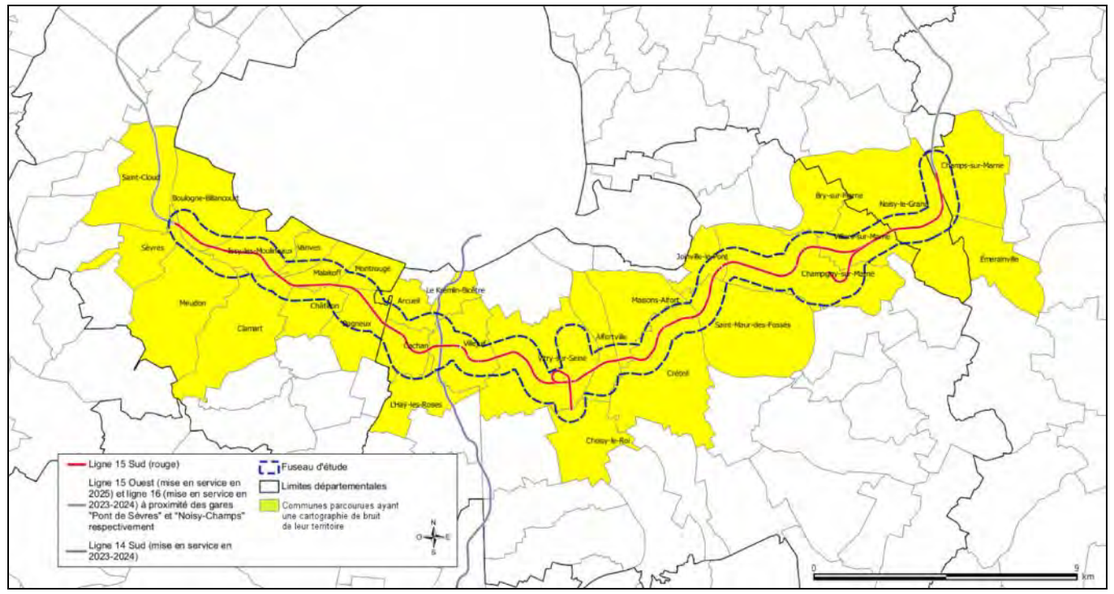
2.22.3 Méthodologie d'analyse de l'environnement sonore

2.22.3.1 Méthodologie d'analyse de l'environnement sonore à l'échelle du fuseau d'étude

Dans une première approche, l'analyse de l'environnement sonore est réalisée à l'échelle du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, sur le territoire de l'ensemble des communes croisées par le fuseau. Sont ainsi décomptées 29 communes réparties sur 4 départements :

- Département des Hauts de Seine (92): Saint Cloud, Boulogne-Billancourt, Sèvres, Meudon, Issy-les-Moulineaux, Clamart, Vanves, Châtillon, Malakoff, Montrouge, Bagneux ;
- Département du Val-de-Marne (94) : Arcueil, Cachan, Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, l'Haÿ-les-Roses, Vitry-sur-Seine, Choisy-le-Roi, Alfortville, Maisons-Alfort, Créteil, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Bry-sur-Marne ;
- Département de Seine-Saint-Denis (93) : Noisy-le-Grand ;
- Département de Seine-et-Marne (77) : Champs-sur-Marne, Emerainville.

Dans le cadre de l'application de la directive 2002/49/CE sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement, l'ensemble des communes mentionnées ci-dessus possèdent une cartographie du bruit et un PPBE disponibles à ce jour.



Localisation géographique des 29 communes croisées par le fuseau d'étude et disponibilité des cartes communales de bruit (source : Bruitparif 2013)

L'état initial du bruit sur le fuseau d'étude s'appuie sur les données bibliographiques disponibles. Il est caractérisé au travers de l'analyse :

- Du bruit généré par le trafic routier,
- Du bruit généré par le trafic ferroviaire,
- Du bruit généré par les installations classées et de l'identification des sites industriels présents à l'échelle du fuseau,
- Des plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE),
- Des zones calmes identifiées dans le fuseau d'étude.

2.22.3.2 Méthodologie d'analyse de l'environnement sonore à l'échelle des secteurs d'aménagement des ouvrages

Dans un second temps, un focus est réalisé au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud : gares, ouvrages annexes et sites de maintenance.

Pour caractériser l'environnement sonore au droit de ces secteurs, des mesures acoustiques ont été conduites sur l'ensemble des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud sur le dernier trimestre de l'année 2014. La méthodologie précise de réalisation de ces mesures est présentée dans la suite du chapitre.

Ces mesures permettent d'avoir une représentation beaucoup plus précise de l'ambiance sonore existante au droit des secteurs d'aménagement.

Les résultats de ces mesures acoustiques sont analysés au regard du contexte de chaque site (présence d'établissements sensibles, de zones calmes, sites industriels, …) afin d'appréhender les enjeux liés au bruit.

2.22.3.3 Méthodologie de hiérarchisation des enjeux

Dans le cadre de la définition des enjeux liés au bruit, les données bibliographiques analysées à l'échelle du fuseau d'étude sont croisées avec les résultats des mesures de bruit réalisées à l'échelle des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents. La hiérarchisation de ces enjeux tient compte notamment :

- Du contexte sonore dans lequel se situe le secteur d'aménagement,
- De la proximité du secteur d'aménagement avec des logements ou bâtiments sensibles (établissements scolaires ou établissements de santé),
- De la proximité du secteur d'aménagement avec des zones calmes ou zones vertes sensibles.

Ainsi, plus la zone est calme, plus les enjeux sont élevés dans la mesure où les contraintes induites seront plus fortes pour le projet pour permettre le maintien de cette zone de calme.

Pour les zones bruyantes, l'enjeu est tout autre car il s'agit alors de veiller à ce que le projet ne détériore davantage l'environnement sonore existant.

2.22.4 Etat initial du bruit à l'échelle du fuseau d'étude

2.22.4.1 Caractérisation du bruit routier

L'ensemble du fuseau d'étude est très impacté par le bruit routier en raison de la présence de plusieurs autoroutes et grands boulevards. La carte ci-après détaille les niveaux sonores du bruit routier en période de jour et de nuit sur les communes traversées par le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

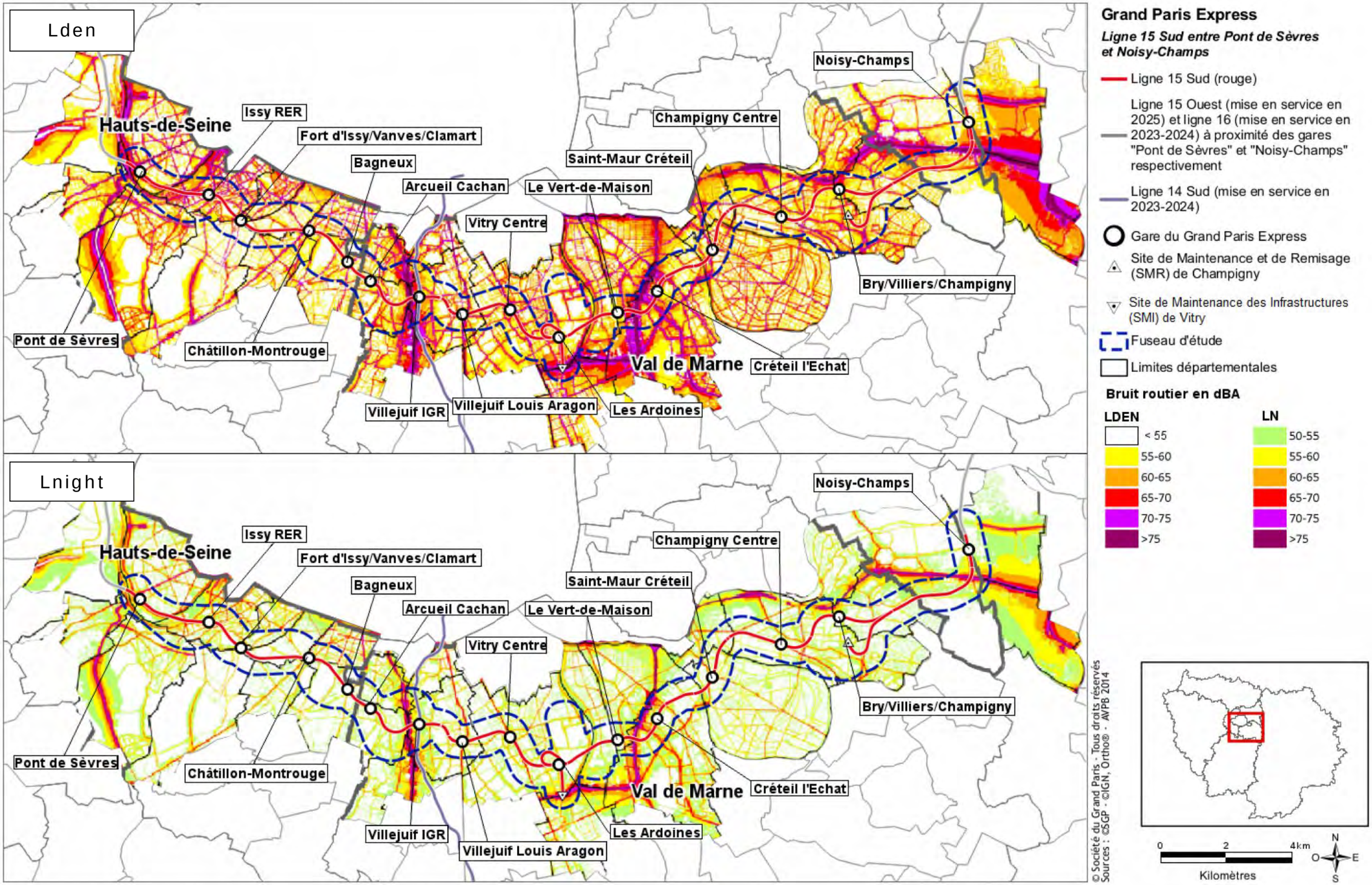
Le tableau ci-dessous précise, par secteur, les voiries les plus bruyantes identifiées dans le fuseau d'étude ainsi que les zones où les niveaux sonores dépassent 65 dB(A) en période de jour et 60 dB(A) en période de nuit[100].

Voies routières les plus bruyantes identifiées dans le fuseau d'étude

Section	Voies routières les plus bruyantes	Largeur de l'impact sonore[101]	
		$Lden_{(24h)} \geq 65$ dB(A)	$Lnight_{(22\text{-}6h)} \geq 60$ dB(A)
Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge	Quais de Seine RD1, RD7, RN118	100-200m en zone ouverte	70-150m en zone ouverte
	RD910	Contenu en bordure de route (≤50m)	Contenu en bordure de route (≤50m)
Bagneux – Les Ardoines	Autoroute A6 (A6A et A6B) / Autoroute A86	0-100m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-350m pour les zones ouvertes	0-50m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-250m pour les zones ouvertes
	RD5 / RD7	Contenu en bordure de route (≤50m)	Contenu en bordure de route (≤50m)
Les Ardoines – Champigny Centre	Autoroute A86	0-100m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-350m pour les zones ouvertes	0-50m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-250m pour les zones ouvertes
	RD1	100-200m en zone ouverte	70-150m en zone ouverte
Saint- Maur-Créteil – Bry-Villiers-Champigny	Autoroute A4	0-100m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-350m pour les zones ouvertes	0-50m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-250m pour les zones ouvertes
Bry- Villiers Champigny – Noisy-Champs	Autoroute A4	100m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-350m pour les zones ouvertes	0-50m pour les portions en tranchée ou couvertes 100-250m pour les zones ouvertes
	RD3 / RD199	Contenu en bordure de route (≤50m)	Contenu en bordure de route (≤50m)

[100] Niveaux sonores pris comme référence car correspondant aux valeurs limites définissant une zone à ambiance sonore préexistante modérée (arrêté du 5 mai 1995)
[101] Largeur approximative évaluée sur base des cartes de bruit routier recensées et géo-référencées

Niveaux de bruit routier Lden et Lnight sur le fuseau d'étude (http://cartesbruit94.fr - http://carto.bruitparif.fr, octobre 2014)



A l'échelle de la Ligne 15 Sud, le trafic routier constitue la source de bruit la plus importante avec un réseau routier dense. L'analyse des données disponibles sur le bruit routier permet d'identifier :

- Des nuisances sonores importantes et étendues à proximité des plus grandes infrastructures routières en particulier la N118 et les quais de Seine sur la section Pont de Sèvres – Châtillon Montrouge, les autoroutes A6 et A86 sur la section Bagneux - Champigny Centre, et l'A4 sur la section Saint-Maur Créteil - Noisy-Champs.
- Des nuisances sonores significatives mais en général cantonnées aux bordures de voiries pour les routes départementales et nationales les plus fréquentées localisées dans le fuseau d'étude.

2.22.4.2 Caractérisation du bruit ferroviaire

L'impact du bruit ferroviaire sur le fuseau d'étude est important, avec la présence d'un grand nombre d'axes ferroviaires majeurs sur les communes traversées.

La figure ci-après présente les niveaux sonores du bruit ferroviaire en période de jour et de nuit sur les communes traversées par le fuseau de la Ligne 15 Sud.

Le tableau ci-dessous précise, par secteur, les voies ferroviaires les plus bruyantes identifiées dans le fuseau d'étude ainsi que les zones où les niveaux sonores dépassent 65 dB(A) en période de jour et 60 dB(A) en période de nuit[102].

Voies ferroviaires les plus bruyantes identifiée dans le fuseau d'étude

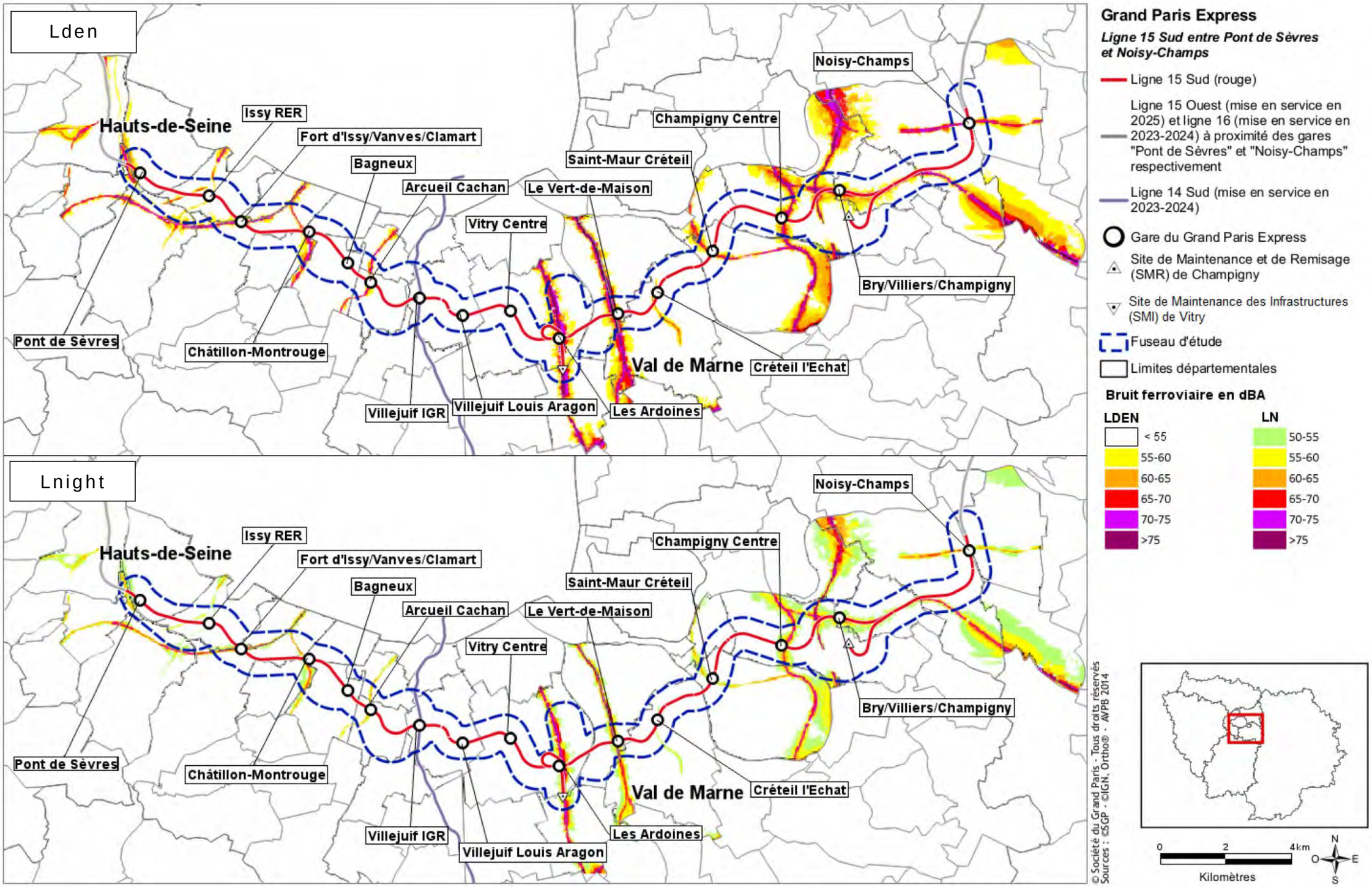
Secteurs concernés	Voies ferroviaires les plus bruyantes	Largeur de l'impact sonore[103]	
		$Lden_{(24h)} \geq 65dB(A)$	$Lnight_{(22\text{-}6h)} \geq 60dB(A)$
Section Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge	Tram T2	Contenu en bordure des voies (≤50m)	Contenu en bordure des voies (≤30m)
	Transilien N	Contenu en bordure des voies (≤50m)	Contenu en bordure des voies (≤30m)
	RER C	Contenu en bordure des voies (≤50m)	Contenu en bordure des voies (≤30m)
	Métro M13	De 50 à 100m autour de la ligne	Contenu en bordure des voies (≤50m)
Section Bagneux – Les Ardoines	RER C / Lignes de trains en provenance/départ Gare Austerlitz	De 100 à 250m autour de la ligne	De 50 à 150m autour de la ligne
	Tram T7	[104]	
Section Les Ardoines – Champigny Centre	RER C / Lignes de trains en provenance/départ de la Gare d'Austerlitz	De 100 à 250m autour de la ligne	De 50 à 150m autour de la ligne
	RER D / Lignes de trains en provenance/départ de la Gare de Lyon (dont lignes grande vitesse)	100m autour de la ligne	100m autour de la ligne
	RER A	50- 100m autour de la ligne	100m autour de la ligne
Section Saint-Maur Créteil – Bry-Villiers-Champigny	Transilien P / RER E (à l'Est du fuseau)	100m autour de la ligne dans le fuseau, jusqu'à 400m au nord (hors fuseau)	100m autour de la ligne
Section Bry-Villiers Champigny – Noisy-Champs	RER A	50- 100m autour de la ligne	100m autour de la ligne
	Transilien P / RER E (à l'Est du fuseau)	100m autour de la ligne	100m autour de la ligne

[102] Niveaux sonores pris comme référence car correspondant aux valeurs limites définissant une zone à ambiance sonore préexistante modérée (arrêté du 8 novembre 1999)

[103] Largeur approximative évaluée sur base des cartes de bruit routier recensées et géo-référencées

[104] Le tram T7 qui part de Villejuif n'est pas repris dans les cartographies de Bruitparif mais il a également un impact sonore potentiel dans le fuseau, à proximité de la gare de Villejuif Louis Aragon.

Niveaux de bruit ferroviaire Lden et Lnight sur le fuseau d'étude (http://cartesbruit94.fr - http://carto.bruitparif.fr, octobre 2014)



A l'échelle de la Ligne 15 Sud, le bruit ferroviaire représente une source de bruit importante avec la présence d'axes ferroviaires majeurs :

- les RER A, B, C, D et E,
- les Transiliens P et R à l'Est du fuseau,
- le Transilien N à l'Ouest,
- les tramways T2 et T7,
- lignes de trains classiques et les lignes de trains à grande vitesse.

L'analyse des données disponibles met en évidence, à l'échelle de la Ligne 15 Sud, un environnement sonore significativement marqué par le bruit ferroviaire mais dont l'impact reste cependant plus localisé que l'impact du bruit routier, laissant de larges zones non soumises à cette source de bruit.

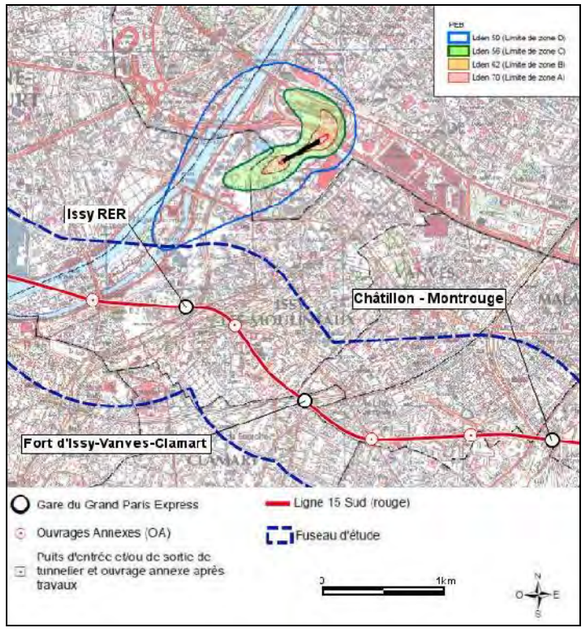
2.22.4.3 Caractérisation du bruit aérien

a. Bruit généré par l'héliport de Paris-Issy-les-Moulineaux

La Ligne 15 Sud intersecte en limite du fuseau d'étude, au droit de la commune d'Issy-les-Moulineaux, la zone D (zone de bruit faible) du Plan d'Exposition au Bruit (PEB) de l'héliport de Paris-Issy-les-Moulineaux. Aucune des 3 autres zones (zone A et B de bruit fort et zone C de bruit modéré) définies par ce PEB ne recoupe le fuseau d'étude.

Aucune restriction d'usage du sol n'est imposée à l'intérieur de la zone D du PEB, qui identifie cependant un impact urbain sur la partie nord de l'Ile Saint-Germain.

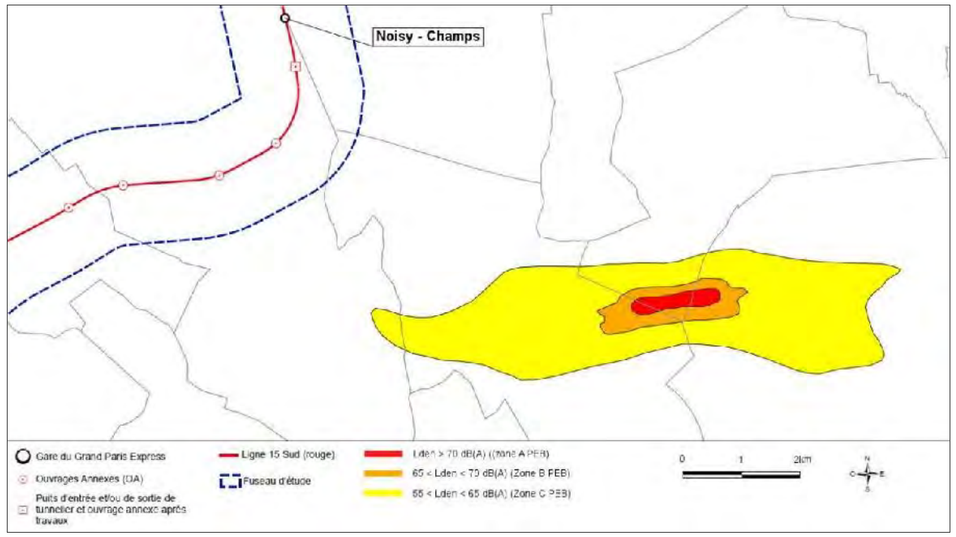
Dans la mesure où le fuseau d'étude n'intersecte aucune des 3 zones définissant un bruit fort à modéré (zones A, B et C) établies par le PEB, l'impact de l'héliport de Paris-Issy-les-Moulineaux sur l'environnement sonore du fuseau d'étude est considéré comme négligeable.



Plan d'exposition au Bruit de l'héliport Paris-Issy-les-Moulineaux
(source : ile-de-france.gouv.fr)

b. Bruit généré par l'aérodrome de Lognes-Emerainville

L'aérodrome de Lognes-Emerainville, situé en limite des communes de Lognes, Emerainville et Croissy-Beaubourg, est également doté d'un PEB. Selon les cartes de bruit diffusées sur le site Bruitparif, l'impact sonore relatif à la présence de cet aérodrome reste très localisé et le fuseau d'étude est en dehors de la courbe isophone 55 dB(A) assimilable à la zone C du PEB. Aucune servitude relative à cet aérodrome n'est ainsi identifiée dans le fuseau d'étude.



Cartographie sonore de l'aéroport de Lognes, Emerainville et Croissy-Beaubourg
(source : bruitparif.fr)

c. Analyse de l'impact sonore du bruit généré par le trafic aérien à l'échelle du fuseau d'étude

L'analyse des données disponibles relatives au bruit généré par le trafic aérien met en évidence un environnement sonore très peu marqué par le bruit des aéronefs à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

2.22.4.4 Caractérisation du bruit généré par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE)

Au regard de la nature des activités induites, la présence d'ICPE dans le fuseau d'étude peut entrainer des nuisances sonores non négligeables à proximité de ce type d'installation.

Seuls les sites de type ICPE-A industriel font parfois l'objet d'une cartographie sonore. Sur les cartes de bruit présentées sur le site Bruitparif, seule la zone industrielle de Vitry-sur-Seine, située au Nord du secteur d'aménagement de la gare des Ardoines, a fait l'objet d'une cartographie.
La liste exhaustive et la localisation précise des sites ICPE dans le fuseau d'étude est établie dans le chapitre spécifique relatif aux ICPE.

D'autres sites ou zones industrielles importantes, qui pourraient être génératrices de bruit, sont observées dans le fuseau, notamment :

- Le technicentre de la SNCF à Châtillon-Montrouge,
- À Maison Alfort, le long de l'A86,

- À Champigny-sur-Marne, le long de la RD10,
- A Noisy-le-Grand et Emerainville, le long de l'A4.

L'environnement sonore de la Ligne 15 Sud est marqué par la présence de plusieurs ICPE et de sites industriels, qui peuvent être à l'origine de sources de bruit significatives. Cependant, celles-ci sont en général localisées dans des zones industrielles, éloignées des logements et des zones à émergence réglementée, ce qui limite les enjeux relatifs au bruit à proximité de ces installations.

2.22.4.5 Plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE)

Le présent chapitre reprend les principaux enseignements tirés des PPBE existants dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

Les principaux PPBE recensés dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud sont précisés dans le tableau ci-après. L'analyse de ces PPBE est détaillée dans ce tableau. Ils sont entre autre utilisés pour la définition des zones sensibles et l'analyse des enjeux.

Synthèse des zones prioritaires identifiées par les PBBE

PPBE	Conclusions principales
Section Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge	
PPBE de la communauté d'agglomération du Grand Paris Seine Ouest (GPSO)	39% de la population est exposée à des niveaux de bruit routier Lden ≥ 68 dB(A), en particulier sur les communes de Boulogne-Billancourt et d'Issy Les Moulineaux qui concentrent la proportion d'habitants exposés la plus importante. 74 établissements d'enseignements (dont 17 à Boulogne-Billancourt, 28 à Issy les Moulineaux, 10 à Meudon, 6 à Vanves et 5 à Sèvres) et 21 établissements de santé (dont 5 à Boulogne-Billancourt, 9 à Issy Les Moulineaux, 3 à Sèvres et 3 à Meudon) sont identifiés comme Point Noir du Bruit routier. Dans le fuseau d'étude, les principales infrastructures de transport routier à l'origine des nuisances sont : les routes N118, RD910, RD181, RD2, RD989, RD76 et les quais de Seine RD1 et RD7. Le bruit ferroviaire impacte moins l'agglomération avec seulement 0,3% de la population soumise à des niveaux Lden dépassant le seuil de 73 dB(A) et au total 6 établissements d'enseignement et de santé exposés dans les communes concernées par le fuseau. Les niveaux sonores les plus importants sont engendrés par la ligne du Transilien N.
PPBE des Hauts de Seine	Ce PPBE identifie plus de 10 000 personnes et 24 bâtiments d'enseignement et de santé exposés à des niveaux de bruit routier Lden ≥ 68 dB(A). Dans cette section du fuseau d'étude, la route principale concernée est la N118.
Projet de PPBE de Montrouge	Le PPBE identifie 20 900 personnes exposées à des niveaux de bruit routier Lden ≥ 68 dB(A). 22 établissements scolaires et 5 bâtiments de santé sont également identifiés comme Point Noir du Bruit routier. Dans le fuseau d'étude, les routes concernées sont : l'avenue de la République (RD63), l'avenue Pierre Brossolette (RD906) et l'avenue Marx Dormoy (RD62) Aucun dépassement de seuils n'est constaté sur la commune de Montrouge pour le bruit ferroviaire (M13 et M4).
Section Bagneux – Bry Villiers Champigny	
Projet de PPBE de la communauté d'agglomération du Val de Bièvre	29% de la population du Val de Marne est exposée à des niveaux sonores Lden ≥ 68 dB(A). 245 bâtiments ont été identifiés comme Points Noir Bruit (PNB), le long des autoroutes A6 et A86. Les voies ferrées (RER B) engendrent également des dépassements (Lden ≥ 73 dB(A)) mais pour une centaine d'habitants dont une majorité située sur les communes d'Arcueil et de Cachan.
PPBE du Val de Marne relatif au réseau routier national et au réseau ferroviaire	Ce PPBE identifie les PNB pour le Val de Marne. Dans le fuseau d'étude, les routes concernées sont l'A4, l'A86 et l'A6. Le nombre total de bâtiments de logements soumis à des niveaux de bruit routier Lden ≥ 68 dB(A) s'élève à plus de 570 dans le département du Val de Marne dont une partie est identifiée dans le fuseau d'étude. Concernant le bruit ferroviaire, des dépassements du seuil Lden de 73 dB(A) sont également constatés pour plus de 9 000 personnes dans les communes traversées par le fuseau d'étude, en particulier le long des voies mixtes RER C/Lignes de trains en provenance/départ de la Gare Austerlitz et RER D/Lignes de trains en provenance/départ de la Gare de Lyon (dont lignes à grande vitesse).
Projet de PPBE du Val de Marne relatif au réseau routier départemental	Le PPBE identifie 43 zones prioritaires et 77 bâtiments sensibles dont la gestion relève du département. Dans le fuseau d'étude, les principales routes concernées sont : - la RD7 au Kremlin-Bicêtre et à Villejuif, - la RD285 et RD286 à Villejuif, - la RD5, RD155 à Vitry-sur-Seine, - la RD86 et RD23 à Joinville-le-Pont et Saint-Maur Créteil, - RD19 à Maisons-Alfort, - la RD233 à Champigny-sur-Marne.
PPBE de Vitry-sur-Seine	27% de la population de Vitry-sur-Seine est exposée à des niveaux de bruit routier Lden ≥ 68 dB(A). 14 établissements et 9 établissements de santé sont identifiés comme Point Noir du Bruit routier. Dans le fuseau d'étude, les principales infrastructures de transport routier concernées sont : les routes RD152, RD5, RD274 (rue Léon Geffroy), RD155, RD148 (av. Jean Jaurès et Henri Barbusse) et la rue de Choisy. Le bruit ferroviaire est moins impactant avec seulement 1% de la population soumise à des niveaux Lden dépassant le seuil de 73 dB(A) et 1 seul établissement d'enseignement est concerné. Les niveaux sonores les plus importants sont engendrés par la ligne mixte RER C / trains.
Projet de PPBE de Maisons-Alfort	27% de la population de Maisons-Alfort est exposée à des niveaux sonores Lden ≥ 68 dB(A) ainsi que 17 établissements scolaires et 5 établissements de santé. L'autoroute A86 est la voie routière générant le plus de dépassement. Les voies ferrées (ligne mixte RER D/TGV) engendrent également des dépassements (Lden ≥ 73 dB(A)) mais pour seulement 3% de la population et un seul établissement scolaire.
Projet de PPBE de Joinville-le-Pont	Le PPBE identifie 5 000 personnes, 1 bâtiment d'enseignement et 1 établissement de santé à Joinville exposés à des niveaux de bruit routier Lden ≥ 68 dB(A). Dans le fuseau d'étude, les routes concernées sont : la RD4 (av Gallieni), la RD86 et la RD23 (Bd de l'Europe), qui sont proches de Saint-Maur Créteil. Le bruit ferroviaire est moins impactant, avec 1 établissement scolaire identifié en zone où le Lden dépasse le seuil de 73 dB(A).

PPBE	Conclusions principales
Section Bry Villiers Champigny – Noisy-Champs	
PPBE de la Seine-et-Marne	Le PPBE de Seine-et-Marne identifie 28 900 personnes exposées à des niveaux de bruit routier Lden supérieurs à 68 dB(A), soit environ 2,2% de la population totale du département. 45 bâtiments d'enseignements et 2 établissements de santé sont aussi identifiés comme Point Noir du Bruit routier. Dans le fuseau d'étude, les principales routes concernées sont : la RD199 et l'A4 qui traversent les villes de Champs-sur-Marne et Emerainville.
PPBE Seine Saint Denis – routes nationales et réseau ferré	Plus de 11 500 personnes et 12 bâtiments d'enseignement et de santé sont exposés à des niveaux de bruit routier Lden supérieurs à 68 dB(A). Dans le fuseau d'étude, seule l'autoroute A4 à hauteur de Noisy-le-Grand est concernée par ces dépassements et fait partie des zones prioritaires à traiter selon le PPBE. Concernant le bruit ferroviaire, la ligne mixte du RER E/Transilien P induit des dépassements importants du seuil Lden de 73 dB(A) au niveau de Noisy-le-Grand.

2.22.4.6 Les zones calmes et les zones vertes sensibles

Les zones calmes en région Ile-de-France constituent des points d'intérêt particuliers à préserver, dans le cadre d'un contexte urbain où les sources de nuisances sonores sont nombreuses.

Une attention particulière est ainsi portée à l'identification des zones de calmes et zones vertes, qui constituent autant de zones à préserver des impacts sonore, afin d'optimiser leurs qualités et les valoriser auprès des usagers.

Il est rappelé que les PPBE ont également pour objectif d'identifier et protéger les zones « calmes ».

a. Méthodologie d'identification des zones calmes et des zones vertes sensibles

Il n'existe actuellement aucune valeur officielle pour la définition d'une zone calme. Ainsi, dans le cadre de la présente étude, les paramètres pris comme référence sont les suivants :

- Les zones vertes accessibles à tous (publiques) et soumises à des niveaux sonores Lden ≤ 55 dB(A)[105].

Ces zones sont identifiées dans le fuseau de la Ligne 15 Sud à travers :

- L'analyse des cartes de bruit présentées ci-avant, sur la base d'un niveau sonore Lden inférieur à 55 dB(A) pour des zones aménagées et accessibles au public,
- L'analyse des PPBE recensés dans le fuseau d'étude, sur la base de l'identification de zones calmes ou à potentiel de calme à préserver ou à développer,
- L'identification des autres parcs ou zones vertes jugés les plus sensibles.

[105] L'OMS donne comme valeur guide de long terme un niveau sonore de jour de 55 dB(A) en environnement pour une zone d'habitation et qui est couramment utilisée pour définir une zone calme

Les zones les plus sensibles résultant de cette analyse et identifiées à proximité des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents font ensuite l'objet d'un focus particulier.

b. Identification des zones calmes et zones vertes sensibles dans le fuseau d'étude

Les principaux parcs, espaces verts ou zone d'intérêt sensibles, ayant une potentialité pour être développés en zone de calme (zone à valoriser) ou associables à une zone calme sont listés dans le tableau ci-après.
Le terme de « zone d'ambiance sonore modérée » correspond à un niveau Lden inférieur à 65 dB(A)[106] mais supérieur à 55 dB(A) (valeur de référence prise pour la définition d'une zone calme).

Les niveaux d'enjeux sont définis en fonction :

- De la proximité des zones naturelles avec les secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud,
- De l'environnement sonore préexistant qualifié sur base des cartes de bruit recensées.

Synthèse des zones calmes et zones vertes sensibles identifiées dans le fuseau d'étude

Nom du parc ou de la zone naturelle	Commune	Type	Recensé dans un PPBE	Enjeu
Parc de Saint Cloud	Sèvres	Zone calme	Non	Faible à modéré
Ile de Monsieur	Sèvres	Zone à valoriser	Oui	Modéré
Ile Seguin	Boulogne-Billancourt	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Faible
Ile Saint Germain	Issy-les-Moulineaux	Zone calme	Oui	Faible
Secteur des Serres	Issy-les-Moulineaux	Zone à valoriser	Oui	Faible
Fort d'Issy	Issy-les-Moulineaux	Zone à valoriser	Oui	Faible
Parc Henri Barbusse	Issy-les-Moulineaux	Zone calme	-	Fort
Parc Rodin	Issy-les-Moulineaux	Zone modérée	-	Faible
Parc Frédéric Pic	Vanves	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Faible
Square Condorcet	Clamart	Zone calme	-	Faible
Square Renaudel	Montrouge	Zone à ambiance sonore calme à modérée	Oui	Faible
Parc Messier	Montrouge	Zone à ambiance sonore calme à modérée	Oui	Faible
Square de la Marne	Montrouge	Zone à ambiance sonore calme à modérée	Oui	Faible

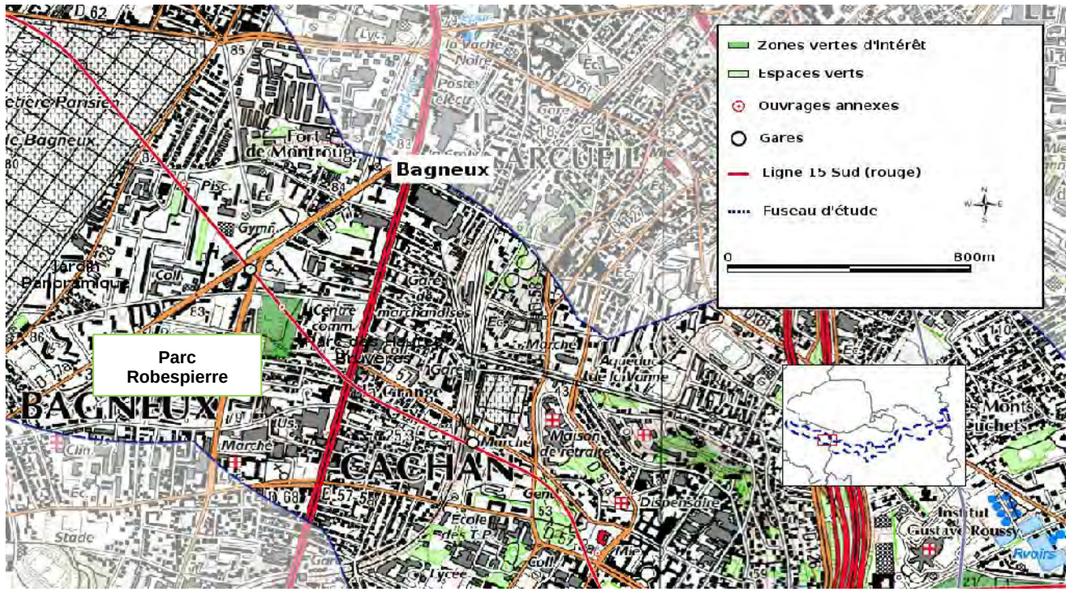
[106] Niveau sonores pris comme référence, car il correspond à la valeur limite définissant une zone à ambiance sonore préexistante modérée en journée (arrêté du 5 mai 1995)

Nom du parc ou de la zone naturelle	Commune	Type	Recensé dans un PPBE	Enjeu
Parc résidentiel rue André Rivoire	Malakoff	Zone calme	-	Fort
Square de Soweto	Malakoff	Zone à ambiance sonore modérée	-	Faible
Square du Général Malleret Joinville	Malakoff	Zone à ambiance sonore modérée	-	Fort
Parc Léon Salagnac	Malakoff	Zone à ambiance sonore modérée	-	Faible
Cimetière de Bagneux	Bagneux	Zone calme	-	Fort
Parc Robespierre	Bagneux	Zone calme	-	Fort
Jardin Panoramique	Cachan	Zone à valoriser (à protéger du bruit)	Oui	Modéré
Parc Raspail	Cachan	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Fort
Square Du Général de Gaulle	Cachan	Zone à ambiance sonore modérée	-	Fort
Parc départemental des Hautes-Bruyères	Villejuif	Zone calme à l'Est à modérée côté Ouest	Oui	Fort
Cimetière de Villejuif	Villejuif	Zone calme	Oui	Faible
Parc des Lilas	Villejuif	Zone calme	-	Faible
Parc du Coteau	Vitry-sur-Seine	Zone calme	-	Fort
Parc Frédéric Joliot Curie	Vitry-sur-Seine	Zone calme	-	Faible
Parc du Parangon	Joinville Le Pont	Zone calme	Oui	Faible
Espace vert situé rue de l'Abbaye	Saint-Maur-des-Fossés	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Fort
Square Auguste Marin	Saint-Maur-des-Fossés	Zone à ambiance sonore modérée	-	Faible
Square du Général Ferrié	Saint-Maur-des-Fossés	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Faible
Parc du bois Saint-Denis	Villiers sur Marne	Zone calme	-	Modérée
Cimetière de Champigny	Champigny-sur-Marne	Zone calme à modérée	-	Faible
Parc du Plateau	Champigny-sur-Marne	Zone calme	-	Fort
Parc de La Butte Verte	Noisy-le-Grand	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Fort
Bois de la Grâce	Champs-sur-Marne	Zone à ambiance sonore calme à modérée	-	Faible

c. Les principales zones calmes et les zones vertes sensibles identifiées à proximité des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents

- Le parc Robespierre à Bagneux

Le parc Robespierre constitue une zone naturelle calme avec des niveaux sonores Lden ≤ 55 dB(A) selon les cartes de bruit recensées (Bruitparif). Ce parc est caractérisé de sensible vis-à-vis du bruit car situé dans une zone urbaine dense avec peu d'offre de parcs publics alentours. Ce parc constitue ainsi d'une zone à protéger du bruit.

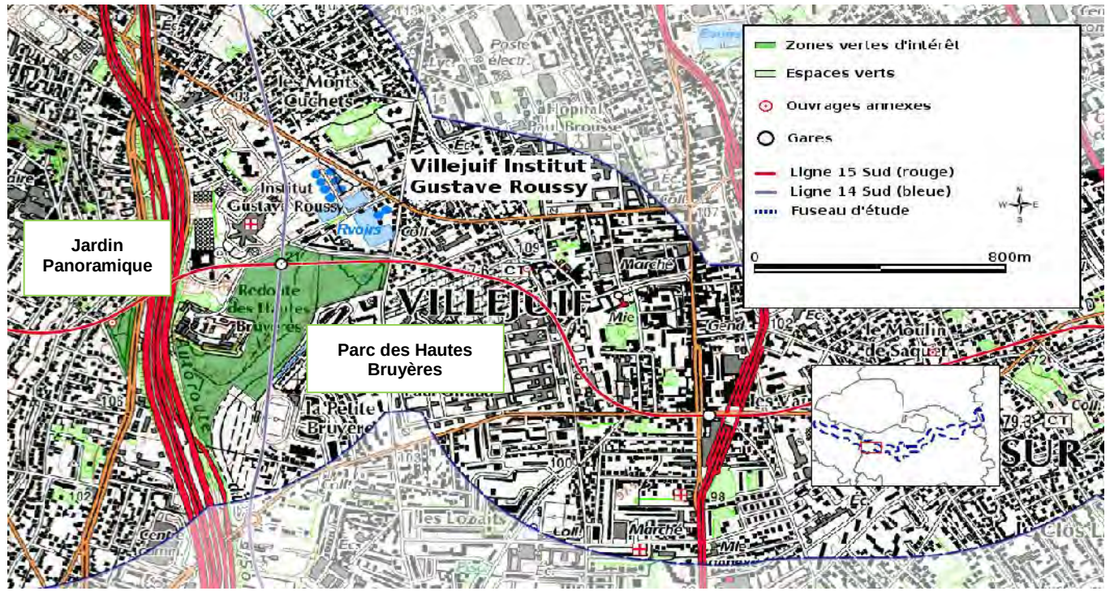


Zones calmes identifiées dans le secteur d'aménagement de la gare de Bagneux

- Le Jardin Panoramique et le parc départemental des Hautes Bruyères

Le Jardin Panoramique, situé sur la commune de Cachan, est localisé dans une zone impactée par le bruit de l'autoroute A6 située en périphérie Est du site. Ce site est caractérisé en zone à ambiance sonore modérée avec un niveau sonore Lden ≤ 65 dB(A) selon les cartes de bruit recensées (Bruitparif). Le PPBE du Val de Bièvres l'identifie comme une zone à protéger.
Avec des niveaux sonore Lden compris entre 55 et 70 dB(A).

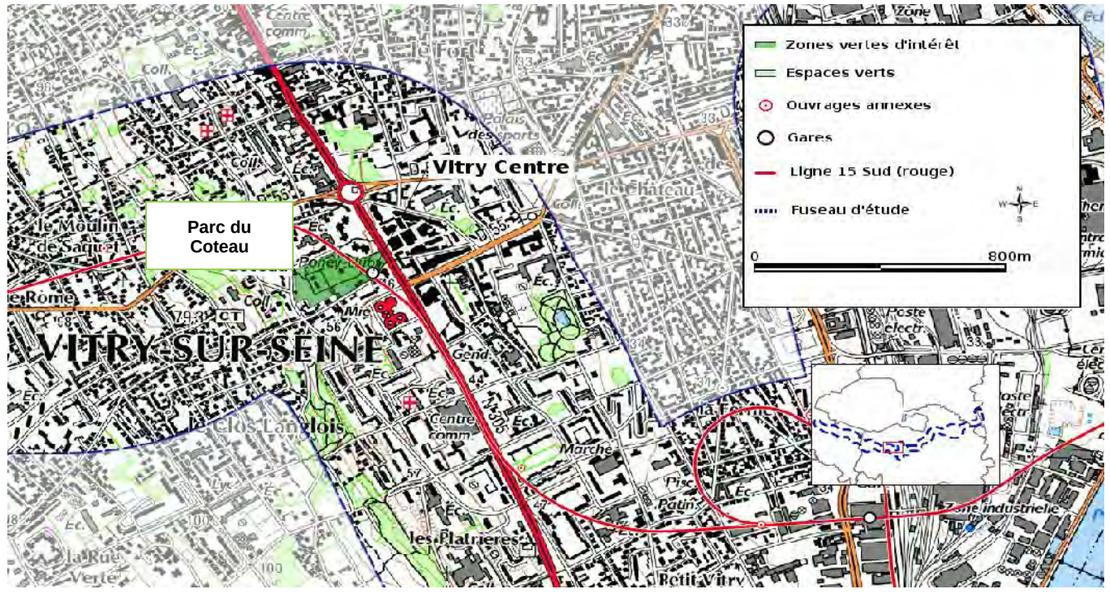
Le parc départemental des Hautes Bruyères, localisé sur la commune de Villejuif, est une zone caractérisée en ambiance sonore modérée au centre du Parc à très bruyante à l'Ouest de la zone, en raison du passage l'autoroute A6. Néanmoins les niveaux sonores mesurés à l'Est du parc sont inférieurs à 55 dB(A) le jour, ce qui montre que certaines parties de ce parc sont plus calmes. Il constitue donc une zone naturelle à protéger. La présence de l'hôpital Gustave Roussy à proximité et les futurs aménagements que le parc va accueillir (entre autres la ZAC Campus Grand Parc qui prévoit la création d'îlots de bureaux et de logement) renforce sa sensibilité vis-à-vis du bruit.



Zones vertes sensibles identifiées dans le secteur d'aménagement de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy

- Le parc du Coteau à Vitry-sur-Seine

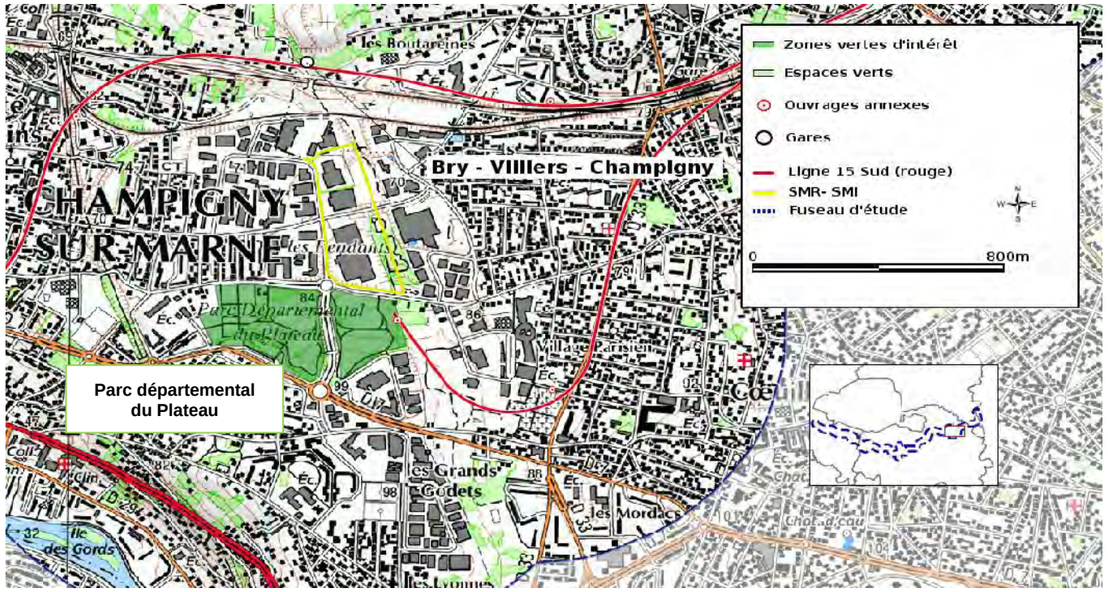
Avec un niveau sonore Lden compris entre 55 et 60 dB(A), le parc du Coteau de Vitry-sur-Seine est relativement calme malgré l'impact sonore non négligeable de la route départementale RD5, située en périphérie Est du site. Ce parc constitue une zone naturelle à protéger, dont la sensibilité est renforcée par sa proximité avec la bibliothèque municipale « Nelson Mandela » et la présence d'un habitat dense alentour.



Zone calme identifiée dans le secteur d'aménagement de la gare de Vitry Centre

- Le parc départemental du Plateau à Champigny-sur-Marne

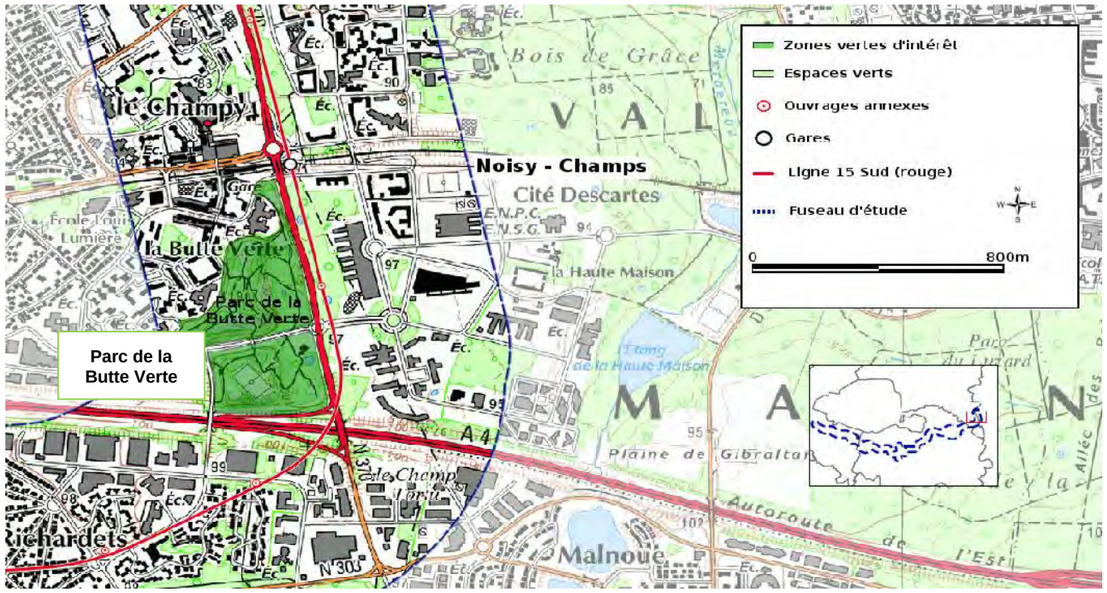
Le parc départemental du Plateau, situé sur la commune de Champigny-sur-Marne, constitue une zone actuellement peu bruyante avec des niveaux sonores Lden compris entre 55 et 60 dB(A). Située entre deux zones pavillonnaires, il constitue une zone à préserver autant que possible du bruit malgré la présence d'industries à proximité pouvant être à l'origine de nuisances sonores.



Zone calme identifiée sur le secteur d'aménagement du SMR de Champigny

- Le parc de la Butte Verte à Noisy-le-Grand

Avec un niveau sonore Lden compris entre 60 et 65 dB(A), le parc de la Butte Verte est caractérisé par un environnement sonore relativement bruyant en raison de l'impact sonore important de la route N370, située en périphérie Est du site, et le bruit plus lointain de l'autoroute A4. Ce parc constitue néanmoins une zone naturelle à protéger. Sa sensibilité est renforcée par la présence, à l'ouest, de zones d'habitations denses.



Zone verte sensible identifiée dans le secteur d'aménagement de la gare Noisy-Champs

2.22.4.7 Activités et établissements sensibles vis-à-vis du bruit

Le présent paragraphe propose une identification des activités et des établissements particulièrement sensibles vis-à-vis du bruit (établissements scolaires et de santé), localisés dans les secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud.

Les niveaux d'enjeux sont définis en fonction :

- De la proximité de ces activités avec les secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud,
- De l'environnement sonore préexistant qualifié sur base des cartes de bruit recensées.

Activités et établissements sensibles identifiés à proximité des ouvrages émergents

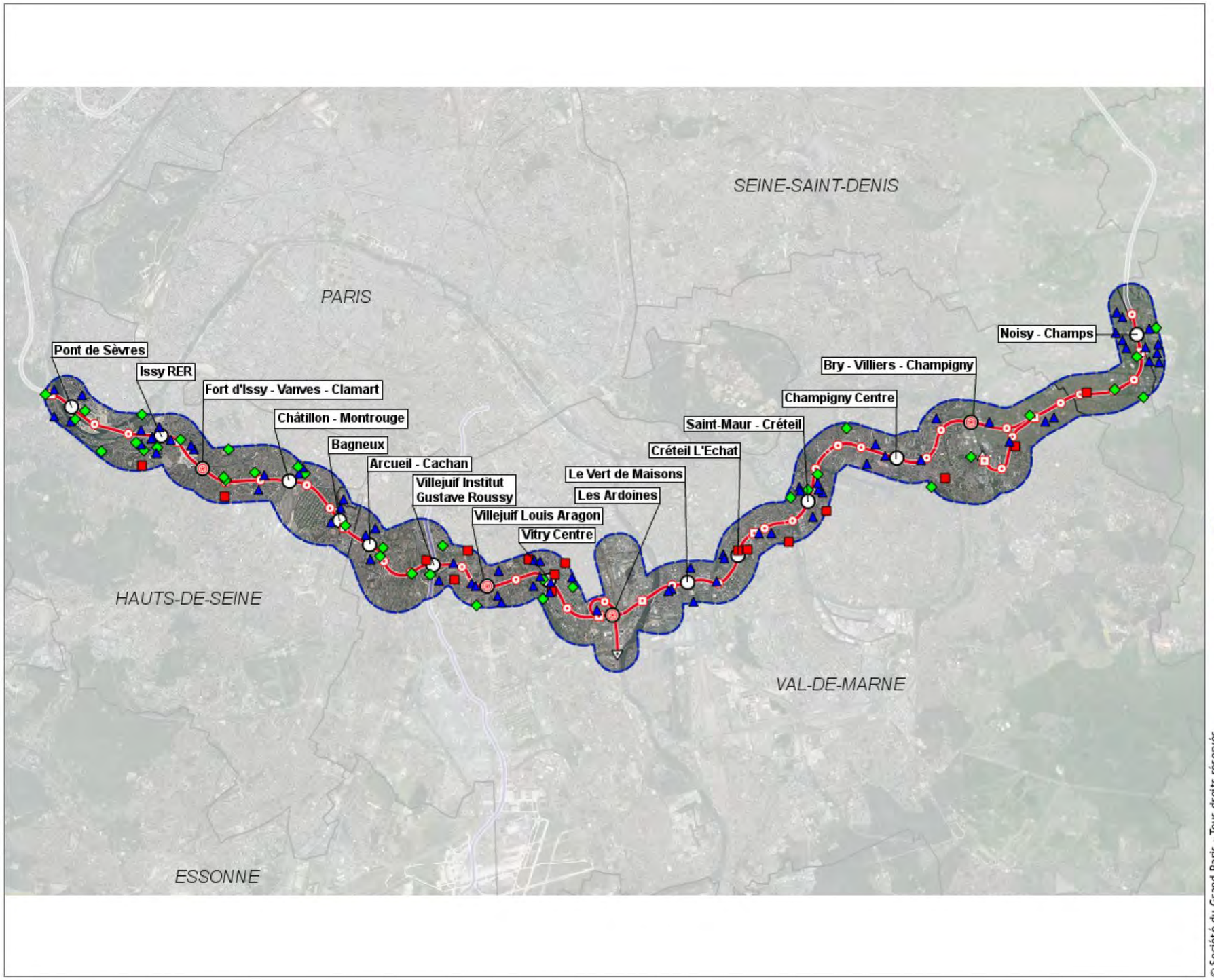
Activités et établissement sensibles	Section	Enjeux
Musée national de la Céramique Poney club de Brimborion Parc Nautique de l'Ile de Monsieur	Ile de Monsieur – Issy RER	Modéré Faible Modéré
Hôpital militaire Percy Collège Victor Hugo Ecole Robert Doisneau Ecole élémentaire Henri Barbusse	Issy RER - Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Faible Modéré Modéré Modéré
Clinique du Parc de Vanves Clinique des Fauvettes Collège de la Paix	Fort d'Issy/Vanves/Clamart - Châtillon-Montrouge	Faible Faible Modéré
Collège Henri Wallon Lycée des métiers Jean Monnet Collège le Haut Mesnil Cimetière parisien de Bagneux	Châtillon-Montrouge - Bagneux	Modéré Modéré Modéré Modéré
Collège Joliot Curie Fort de Montrouge	Bagneux - Arcueil-Cachan	Modéré Faible
Ecoles ESITC et ESTP Place d'Eustache Deschamps Ecole de musique Centre médico-psychologique	Arcueil-Cachan - Villejuif IGR	Faible Faible Modéré Faible
Institut médical Gustave Roussy (Villejuif) Etablissement de santé Paul Guiraud Hôpital Paul Brousse Ecole Jean Vilar Ecole maternelle Joliot Curie Collège Guy Mocquet	Villejuif IGR - Villejuif Louis Aragon	Fort Modéré Modéré Modéré Modéré Modéré
Etablissement public de santé Paul Guiraud Ecole et campus EFREI Hôpital universitaire Paul Brousse	Villejuif Louis Aragon - Vitry Centre	Modéré Modéré Modéré
IUT Paris XII Centre Edouard Toulouse Hôpital Charles Foix Clinique des Noriets Bibliothèque Nelson Mandela	Vitry Centre - Les Ardoines	Faible Fort Faible Faible Fort
Bords de Seine Lac de Choisy le Roi (Choisy-le-Roy)	Les Ardoines - Le Vert de Maisons	Faible Faible
Université Paris XII Val-de-Marne Collège Paul Langevin Ecole Montaigne Lac de Créteil Square Dufourmantelle Université de Créteil	Le Vert de Maisons - Créteil l'Echât	Faible Modéré Modéré Faible Modéré Fort

Activités et établissement sensibles	Section	Enjeux
Collège Plaisance Ecole maternelle des Buttes Université Paris XII Val-de-Marne Hôpital Henri Mondor Hôpital Albert Chenevier Hôpital Intercommunal Université Paris Est Créteil	Créteil l'Echât - Saint-Maur Créteil	Faible Faible Modéré Fort Faible Faible Modéré
Clinique chirurgico-médicale Gaston Métivet Hôpital intercommunal Collège François Rabelais	Saint-Maur Créteil - Champigny Centre	Modéré Faible Modéré
Hôpital privé Paul d'Egine Bords de Marne Lycée polyvalent Langevin	Champigny Centre – Bry Villiers Champigny	Faible Faible Modéré
Ecole Jean Jaurès Ecole élémentaire publique Jean Renon Hôpital Sainte-Camille Université de Paris-Est Marne la Vallée Ecole nationale supérieure Louis Lumière ESIEE à Noisy le Grand Ecole des Hauts Bâtons	Bry Villiers Champigny - Noisy-Champs	Modéré Modéré Faible Modéré Modéré Fort Faible

2.22.4.8 Synthèse des zones et bâtiments sensibles présents dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud

La carte suivante présente une synthèse des zones calmes, des zones vertes et bâtiments les plus sensibles identifiés dans le fuseau d'étude.

Zones vertes et bâtiments les plus sensibles identifiés à l'échelle du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud

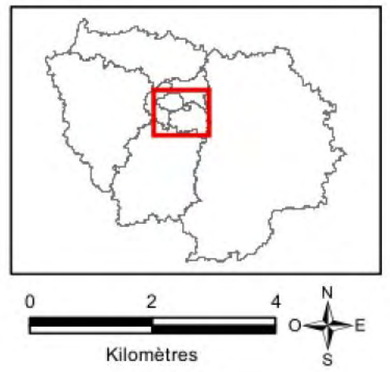


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales
- Enseignements et loisirs
- Parcs et zones naturelles
- Etablissements de santé

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014



2.22.5 Etat initial du bruit à l'échelle des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents

Afin de qualifier de manière plus précise l'environnement sonore existant autour des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud (gare, ouvrages annexes, sites de maintenance) des mesures acoustiques ont été réalisées sur l'ensemble des secteurs d'aménagement de ces ouvrages en période de jour et de nuit.

Les résultats de ces mesures sont présentés dans la suite du chapitre sous forme de fiche individuelle établie pour chaque ouvrage et identifiant :

- La localisation des points de mesure,
- Les résultats des mesures réalisées,
- L'identification des sites sensibles ou logements existants situés à proximité de l'ouvrage,
- Une analyse des résultats intégrant notamment l'identification des sources sonores prépondérantes,
- Une conclusion sur le niveau d'enjeu « bruit » associé au site.

2.22.5.1 Méthodologie de réalisation des mesures acoustiques

Ce chapitre présente une synthèse de la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de la réalisation des mesures acoustiques.

a. Descriptif des mesures réalisées

Les mesures acoustiques ont été réalisées sur de courte durée (30 minutes) en période de jour (7h-22h) et de nuit (22h-7h) selon la méthode dite de « contrôle » de la norme NFS 31-010 et préconisée par l'Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage.

Ce choix de méthode permet, pour l'ensemble des sites, d'obtenir une bonne évaluation du bruit ambiant existant sur les différentes périodes réglementaires. Les résultats de ces mesures permettent également de définir les niveaux de bruit de fond de référence qui seront pris en compte pour le calcul des objectifs de niveaux sonore à atteindre au droit des ouvrages.

La caractérisation de l'environnement sonore est ainsi traitée de manière homogène sur l'ensemble des secteurs d'aménagement en vue de définir les niveaux d'enjeux associés.

En outre, la présence en continu d'un chargé d'études au niveau de chaque point de mesure renforce la connaissance de l'environnement et du contexte sonore local, via par exemple l'identification de bruit perturbateurs éventuels.

b. Nombre et localisation des points de mesures réalisés

Au total, 135 points de mesures ont été réalisés sur la Ligne 15 Sud. Le nombre de points de mesure réalisés sur chaque secteur dépend de la configuration du site, des enjeux identifiés suite à l'analyse des données bibliographiques et également, de la sensibilité relative au du type d'ouvrage concerné.

Ainsi, le nombre de points de mesures a été défini comme suit :

- 1 point de mesure au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes de type puits de ventilation (excepté au niveau des puits qui serviront d'accès au tunnelier,
- 4 à 6 point de mesures au niveau des secteurs d'aménagement des puits d'entrée de tunnelier,
- 3 à 6 points au niveau des secteurs d'aménagement des gares et des sites de maintenance.

La localisation des points de mesures a été réalisée de manière à obtenir les niveaux sonores les plus représentatifs de l'ambiance sonore ressentie au niveau des riverains et des bâtiments sensibles les plus proches.

c. Date, durées et conditions de mesurages

Les mesures ont été réalisées sur des durées comprises entre 30 et 60minutes, en période de jour (7-22h) et de nuit (22-7h).

Pour couvrir l'ensemble des 135 points sélectionnés, 3 campagnes de mesures sur 48h ont été effectuées : du 22 au 24 octobre 2014, du 28 au 30 octobre 2014 et du 12 au 14 novembre 2014.

d. Conditions météorologiques

Les mesures ont été réalisées dans de bonnes conditions météorologiques, soit une vitesse de vent inférieure à 5m/s et une absence de précipitations (données recueillies à l'aide d'une station météorologique portable KESTREL).

e. Matériel de mesure

La réalisation des mesures a nécessité l'utilisation de 4 à 6 sonomètres d'expertise de classe 1 par campagne de mesure (type Solo ou Fusion de marque 01dB).



Illustration du type de sonomètres utilisés pour la réalisation des mesures

f. Indices acoustiques mesurés

Les deux indices acoustiques retenus pour l'analyse des niveaux sonore sont :

- le niveau sonore moyen LAeq[107],
- l'indice statistique LA90 qui correspond au niveau de bruit dépassé pendant 90% du temps de la mesure.

Il s'agit donc d'un niveau de bruit minimum, représentatif du niveau de bruit de fond, hors sources de bruits identifiées.

2.22.5.2 Méthodologie de caractérisation des niveaux d'enjeux

Pour rappel, dans le cadre de la définition des enjeux liés au bruit, les données bibliographiques analysées à l'échelle du fuseau d'étude sont croisées avec les résultats des mesures de bruit réalisées à l'échelle des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents. La hiérarchisation de ces enjeux tient compte notamment :

- Du contexte sonore dans lequel se situe le secteur d'aménagement,
- De la proximité du secteur d'aménagement avec des logements ou bâtiments sensibles (établissements scolaires ou établissements de santé),
- De la proximité du secteur d'aménagement avec des zones calmes ou zones vertes sensibles.

La caractérisation du contexte sonore s'appuie sur les résultats des mesures de bruit dont l'analyse est conduite à travers l'application des données présentées dans le tableau suivant.

Méthodologie de caractérisation de l'environnement sonore[108]

Environnement sonore	LAeq mesuré en période de jour	LAeq mesuré en période de nuit
Zone à risque (PNB routier ou/et ferroviaire) – Zone très bruyante	≥ 68 dB(A)	≥ 62 dB(A)
Zone à ambiance sonore préexistante non modérée ou bruyante	≥ 65 dB(A)	≥ 60 dB(A)
Zone à ambiance sonore préexistante modérée	Entre 55 et 65 dB(A)	Entre 50 et 60 dB(A)
Zone à ambiance sonore préexistante calme	≤ 55 dB(A)	≤ 50 dB(A)

[107] Pour rappel, le LAeq (équivalent level) représente le niveau sonore fictif, supposé constant pendant une période de temps considérée et qui, pendant cette période, aurait résulté de la mise en jeu de la même énergie acoustique totale que le bruit fluctuant réel.

[108] Les grandeurs choisies correspondent aux valeurs définies dans les textes réglementaires pour qualifier l'environnement sonore ainsi que sur le niveau sonore fixé pour la définition d'une zone calme (voir chapitre relatif au contexte réglementaire).

2.22.5.3 Caractérisation de l'environnement sonore dans les secteurs d'aménagement des ouvrages annexes

Dans le cadre de l'analyse des enjeux localisés sur les secteurs d'aménagement des ouvrages annexes, une synthèse des résultats obtenus est proposée dans la suite du rapport. Cette synthèse s'attache à caractériser, dans chaque secteur d'aménagement :

- L'ambiance sonore préexistante, selon la période considérée (jour/nuit),
- Le niveau d'enjeu associé au secteur, selon la méthodologie présentée précédemment.

L'analyse détaillée, présentée sous forme de fiche individuelle par ouvrage et intégrant la localisation des points de mesures et les niveaux de bruit mesurés, est proposée en annexe 6 du présent dossier.

Synthèse des enjeux dans les secteurs d'aménagement des ouvrages annexes

Secteur d'aménagement	Environnement sonore existant	Synthèse des enjeux
OA 2301P – Ile de Monsieur	Modéré à bruyant	Enjeu faible à modéré lié à un environnement sonore préexistant impacté par le bruit routier continu et à l'absence d'habitation à proximité du site. La présence de la base nautique de l'Ile de Monsieur est identifiée à proximité directe du site.
OA 2203P – ZAC SAEM	Calme	Enjeu modéré lié à un environnement sonore préexistant calme et à l'aménagement futur d'habitations à proximité.
OA 2201P – Place de la Résistance	Calme	Enjeu faible lié à l'absence de riverains à proximité directe du site.
OA 2101P – Parc Henri Barbusse	Bruyant	Enjeu faible à modéré lié à la proximité des premières habitations et à la présence d'une zone verte à préserver du bruit (parc Henri Barbusse). L'environnement sonore préexistant est cependant déjà très exposé au bruit.
OA 2002P – Square Malleret Joinville	Très bruyant	Enjeu modéré à fort lié à la proximité des premières habitations et de l'école élémentaire Henri Barbusse et à la présence d'une zone verte à préserver. L'environnement sonore préexistant reste cependant déjà très exposé au bruit.
OA 2001P – Fort de Vanves	Calme	Enjeu modéré à fort lié à un environnement sonore existant peu bruyant, à la présence d'une zone de parc et de riverains à proximité du site.
OA 1902P – Cimetière Parisien	Très bruyant	Enjeu faible à modéré lié à la présence du cimetière Parisien de Bagneux, zone calme. Néanmoins, peu d'habitations sont situées à proximité et l'environnement sonore existant est déjà très exposé au bruit.
OA 1901P – Pierre Plate	Calme	Enjeu modéré à fort lié à la proximité d'un immeuble d'habitation et à un environnement sonore existant calme.
OA 1801P – Parc Robespierre	Calme à modéré	Enjeu fort lié à la présence d'une zone verte calme (parc Robespierre) et à la présence de nombreux riverains à proximité.
OA 1702P – Square du Général de Gaulle	Bruyant	Enjeu modéré lié à la présence de riverains et de l'hôtel de ville à proximité du site ainsi que du square du Général de Gaulle. L'environnement sonore est cependant déjà très exposé au bruit.
OA 1701P – Jardin Panoramique	Calme à modéré	Enjeu modéré lié à un niveau de bruit de fond existant élevé. Le parc constitue néanmoins une zone à préserver du bruit, identifiée dans le PPBE du Val de Bièvres.
OA 1601P – rue Jules Joffrin	Modéré à bruyant	Enjeu faible à modéré lié à la présence d'une habitation à proximité. Le site est néanmoins déjà impacté par le bruit routier continu.

Secteur d'aménagement	Environnement sonore existant	Synthèse des enjeux
OA 1501P – rue du Génie	Modéré	Enjeu fort lié à la proximité des habitations et à un environnement sonore préexistant peu bruyant la nuit.
OA 1404P – rue Gabriel Péri	Modéré	Enjeu modéré lié à la présence de nombreuses habitations à proximité du site.
OA 1404P – rue Gabriel Péri	Modéré	Enjeu modéré lié à la présence de nombreuses habitations à proximité du site.
OA 1402P – rue L.Marchandise	Calme	Enjeu fort lié à la situation du site, localisé dans un parc, et à la forte densité de population autour du site, caractérisé par un environnement sonore aujourd'hui peu impacté par le bruit.
OA 1401P – CTM Vitry/rue Bel Air	Très bruyant	Enjeu faible lié à un environnement sonore préexistant déjà bruyant et à l'absence de riverain à proximité directe du site.
OA 1302P – Friche Arrighi	Modéré à très bruyant	Enjeu faible lié au caractère industriel du secteur d'aménagement de l'ouvrage et à l'absence de riverains à proximité.
OA 1301P – rue de Rome	Modéré	Enjeu fort lié à la proximité des riverains et à un environnement sonore préexistant assez calme, en particulier la nuit. La proximité de 2 écoles et la présence de nombreux piétons au niveau de la rue de Rome renforcent également les enjeux sur ce secteur.
OA 1201P – Université de Créteil	Calme	Enjeu fort lié à la présence de bâtiments universitaires à proximité directe du secteur d'aménagement de l'ouvrage, localisé dans un environnement peu impacté par le bruit.
OA 1103P – Stade F.Desmont	Très bruyant	Enjeu faible à modéré lié à la présence d'un gymnase et du collège Plaisance à proximité. Néanmoins, peu de bâtiments sont identifiés à proximité directe du site, qui est par ailleurs déjà très impacté par le bruit routier.
OA 1102P – avenue Ceinture	Calme	Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, particulièrement la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 1101P – rue du Port	Calme	Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme et à la présence de riverains à proximité.
OA 1003P – Impasse de l'Abbaye	Modéré	Enjeu fort lié à la présence de logement à proximité directe du site et à un environnement sonore préexistant relativement calme malgré des niveaux de bruit de fond assez élevés.
OA 1002P – av Charles Floquet	Calme à modéré	Enjeu fort lié à la proximité des premiers riverains, situés dans un environnement sonore calme à modéré.
OA 1001P – av Roger Salengro	Bruyant	Enjeu modéré lié à un environnement sonore impacté par le bruit routier continu. Les premières habitations restent néanmoins proches du secteur d'aménagement.
OA 0902P – RP du Colonel Grancey	Modéré	Enjeu modéré lié à un environnement sonore fortement impacté par le bruit routier. Un immeuble d'habitations est localisé à proximité du site.
OA 0901P – Clos du Pré de l'Etang	Modéré	Enjeu fort lié à la proximité des riverains, situés dans un environnement sonore calme (hors du passage des trains), en particulier la nuit.
OA 0811P – av M.Thorez	Calme	Enjeu fort lié à la proximité des riverains et la présence d'une zone de passage (usagers du cimetière). Par ailleurs, l'environnement sonore préexistant est calme.
OA 0810P – rue du Général Leclerc	Modéré	Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant modéré et à la présence de riverains à proximité directe du site.
OA 0808P – av Henri Dunant	Calme à bruyant	Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme (en dehors du passage des RER), en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 0807P – Sentier des Marins	Calme à modéré	Enjeu fort lié à la proximité des riverains, situés dans un environnement sonore calme (en dehors du passage des RER), particulièrement la nuit. Le sentier des Marins est par ailleurs, une ruelle empruntée par les usagers du parc du Bois Saint Denis.
OA 0806P – rue Mozart	Calme	Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 0805P – av Médéric	Calme	Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 0804P – Place des Yvris	Calme	Enjeu modéré à fort lié à la présence d'un espace vert et de la proximité des premiers riverains. Le niveau de bruit de fond reste cependant assez soutenu.
OA 0803P – rue du Ballon	Calme	Enjeu fort lié à la proximité des riverains et à la présence d'un environnement sonore plutôt calme malgré le bruit routier soutenu en provenance de l'A4.

L'analyse des enjeux relatifs aux secteurs d'aménagement des ouvrages annexes OA 0813P, OA 0802P et OA 0801P, sont traités dans le cadre de l'analyse de l'environnement sonore au niveau des secteurs d'aménagement du SMR de Champigny (OA 0813P) et de la gare de Noisy-Champs (OA 0802P et OA 0801P).

2.22.5.4 Caractérisation de l'environnement sonore dans les secteurs d'aménagement des gares et des sites de maintenance

Dans le cadre de l'analyse des enjeux sur les secteurs d'aménagement des gares et des sites de maintenance, la suite du chapitre s'attache à détailler, pour chaque secteur d'aménagement, les caractéristiques de l'environnement sonore établies à partir des résultats des mesures de bruit et du contexte local existant à proximité des ouvrages. Cette analyse est présentée sous forme de fiche spécifique par ouvrage dans lesquelles sont présentés :

- La localisation des points de mesures de bruit réalisées,
- Les résultats des mesures de bruit réalisées,
- L'identification des sites sensibles situés à proximité des ouvrages,
- L'analyse des résultats des mesures,
- Le niveau d'enjeu associé au secteur concerné.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Pont de Sèvres



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
23PDS_1	Jour	13/11/2014 16:39	68,0	60,5
23PDS_2		13/11/2014 17:16	61,6	56,9
23PDS_3		13/11/2014 17:16	67,1	61,7
23PDS_4		13/11/2014 16:39	59,6	56,5

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
23PDS_1	Nuit	14/11/2014 01:23	59,0	39,1
23PDS_2		14/11/2014 00:46	51,1	41,6
23PDS_3		14/11/2014 00:49	60,6	51,3
23PDS_4		14/11/2014 01:23	49,7	42,7


23PDS_1


23PDS_2


23PDS_3


23PDS_4

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles autour du secteur de la gare sont représentés par les logements situés rue du Vieux Pont de Sèvres (23PDS_1), proches de la localisation de la gare. Les autres bâtiments d'habitations sont plus éloignés, à plus de 250m au Nord / Nord-Est et à l'Est de l'ouvrage avec le développement récent de nouveaux quartiers.
L'Ile Seguin, située à 100m au Sud-Ouest de l'ouvrage est une zone reprise dans le PPBE de la communauté d'Agglomération du Grand Paris Seine Ouest comme zone à valoriser. Le Parc de Saint Cloud et l'Ile de Monsieur sont également des zones sensibles mais restent plus éloignées du site.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de la gare est caractérisée par le bruit routier omniprésent (RD1, RD910, RD7) ainsi que par les travaux importants actuellement en cours au niveau du Pont de Sèvres (construction / rénovation de bâtiments de bureaux) .
Le survol des avions n'est pas toujours audible car masqué par les autres sources de bruit mais le passage ponctuel d'hélicoptères a été constaté pendant les mesures. L'activité de la gare de bus située au centre du carrefour est parfois audible la nuit mais a peu d'influence sur les niveaux sonores mesurés.

Avec des niveaux sonores LAeq compris entre 60 et 68 dB(A), l'ambiance sonore en période de jour dans ce secteur est modérée à très bruyante (limite PNB pour le point 23PDS_1). La nuit, l'ambiance sonore est plus calme avec des niveaux LAeq moyens compris entre 50 et 61 dB(A).
Les indices statistiques L90 restent assez élevés en période de jour en raison du trafic routier continu à cette période. En revanche la nuit les indices LA90 chutent significativement.

Le point le plus bruyant est le point 23PDS_1 en raison de sa proximité avec le quai Georges Gorse et la bretelle d'accès vers la RD910. Le point le plus calme est le point 23PDS_4 situé dans le square du quai Alphonse le Gallo et qui est plus éloigné du trafic.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à un environnement sonore déjà très impacté par le trafic routier.
Les premiers riverains restent malgré tout proches du secteur d'aménagement de la gare.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Issy RER



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
22ISS_1	Jour	13/11/2014 15:16	66,7	54,9
22ISS_2		13/11/2014 15:07	64,9	56,3
22ISS_3		13/11/2014 14:26	60,7	54,3
22ISS_4		13/11/2014 14:26	69,9	55,3

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
22ISS_1	Nuit	13/11/2014 23:59	61,7	43,3
22ISS_2		13/11/2014 23:58	60,5	44,6
22ISS_3		13/11/2014 23:26	54,4	45,6
22ISS_4		13/11/2014 23:25	64,8	47,5


22ISS_1


22ISS_2


22ISS_3


22ISS_4

SITES SENSIBLES

Les logements entourant le secteur d'implantation de la Gare constituent les principaux sites sensibles. Le collège Victor Hugo et l'école maternelle Paul Bert sont situés à 175m et 190m à l'Ouest de l'ouvrage ainsi que l'école Anatole France située à 190m au Sud-Est. Deux parc sont également identifiés à 210m au Sud de l'ouvrage, il s'agit des parcs Rodin et Henri Barbusse.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de la gare est caractérisée par le bruit du trafic routier au niveau de la place Léon Blum, de l'avenue de Verdun, de la rue Aristide Briand, ainsi que le bruit du RER C à 40m environ à l'Est de l'ouvrage.

De jour, les niveaux sonores relevés autour de la gare sont relativement élevés avec des niveaux de bruit ambiants LAeq compris entre 61 et 70 dB(A), soit un environnement sonore bruyant à très bruyant, principalement induit par le trafic routier, excepté pour le point 22ISS_2 qui est également très influencé par le bruit des RER. Les niveaux sonores mesurés au point 22ISS_4 en journée dépassent les seuils de PNB routier. Le point 22ISS_3 est le plus calme car légèrement plus éloigné du trafic routier. Il est représentatif de l'environnement sonore des riverains les plus proches du secteur. Les niveaux de bruit de fond LA90 sont homogènes et élevés, avec des niveaux sonores de 54 à 56 dB(A).

De nuit, du fait de la diminution du trafic routier, l'ambiance sonore devient plus calme avec des niveaux de bruit moyens LAeq mesurés de 55 à 65 dB(A) et des niveaux de bruit de fond LA90 compris entre 43 et 48 dB(A). Ces niveaux restent caractéristiques d'un environnement sonore plutôt bruyant pour cette période, induit par un bruit routier soutenu.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la présence de riverains à proximité du site . Malgré un environnement sonore bruyant, impacté par le trafic routier, certains secteurs bénéficient de nuisances sonores plus modérées.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
21FVC_1	Jour	13/11/2014 14:41	69,7	52,4
21FVC_2		13/11/2014 14:45	64,3	48,9
21FVC_3		13/11/2014 15:18	57,2	39,1
21FVC_4		13/11/2014 14:36	66,2	47,9
21FVC_5		13/11/2014 13:59	61,7	43,9

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
21FVC_1	Nuit	13/11/2014 23:45	59,9	32,7
21FVC_2		13/11/2014 23:07	59,2	42,1
21FVC_3		13/11/2014 23:43	58,4	42,0
21FVC_4		13/11/2014 23:43	62,7	39,8
21FVC_5		13/11/2014 23:07	56,7	38,9


21FVC_1


21FVC_2


21FVC_3


21FVC_5


21FVC_4

SITES SENSIBLES

Les sites les plus sensibles identifiés sont les maisons individuelles de la rue du Clos Montholon à Clamart situées à moins de 50m au Nord du secteur d'implantation de l'ouvrage. Des bâtiments de logement sont également identifiés à 70m au Sud mais ils bénéficient d'un effet d'écran apporté par le merlon existant. Le Fort d'Issy, répertorié comme une zone à valoriser dans le PPBE de l'Agglomération du Grand Paris Seine Ouest, est situé à 400m au Nord-Ouest du site.

ANALYSE DES MESURES

De jour, l'ambiance sonore dans le secteur d'aménagement de la gare est modérée à très bruyante avec des niveaux sonores LAeq compris entre 57 et 70 dB(A). L'environnement sonore est fortement impacté par le passage régulier des trains (ligne N). Le bruit du trafic routier du Bd des Frères Vigouroux, de l'avenue du Général De Gaulle et de la rue du Clos Montholon a un impact important sur les niveaux sonores LAeq mesurés et reste largement prépondérant au niveau des points de mesures FVC_1 et FVC_2.

La nuit, l'ambiance sonore est un peu plus calme mais les niveaux LAeq restent élevés. Le bruit ferroviaire constitue la source de bruit prépondérente pour les 3 points les plus proches de la gare.

Les niveaux de bruits de fond LA90 sont assez bas en journée mais, en dehors du point 21FVC_1 , diminuent peu en période de nuit.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la présence de nombreux riverains à proximité du secteur d'aménagement de la gare. L'environnement sonore se caractérise par des niveaux de bruit relativement élevés mais impacté par des sources de bruit ponctuelles liées au passage des trains.
Le secteur sud de la zone présente un enjeu plus limité en raison d'un environnement marqué par le bruit routier et l'absence de riverains à proximité directe du secteur.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Châtillon-Montrouge



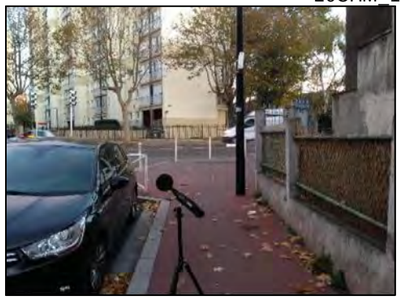
RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
20CHM_1	Jour	12/11/2014 17:17	67,4	59,4
20CHM_2		12/11/2014 17:16	62,7	55,6
20CHM_3		12/11/2014 17:03	53,8	47,9
20CHM_4		12/11/2014 17:10	69,5	61,8
20CHM_5		12/11/2014 17:13	71,3	64,3

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
20CHM_1	Nuit	13/11/2014 01:58	56,9	43,4
20CHM_2		13/11/2014 01:55	44,1	36,8
20CHM_3		13/11/2014 01:26	41,8	38,4
20CHM_4		13/11/2014 01:30	61,2	41,9
20CHM_5		13/11/2014 01:17	60,8	46,2


20CHM_1


20CHM_2


20CHM_3


20CHM_5


20CHM_4

SITES SENSIBLES

Les habitations les plus proches du site sont peu nombreuses. Le technicentre de la SNCF occupe le sud de la zone, et l'Ouest est délimité par la ligne ferroviaire. Les autres sites sensibles recensés sont éloignés de plus de 300m du site, comme le square Renaudel et le Lycée Jean Monnet au Nord-Est, le cimetière de Bagneux à l'Est ou encore le collège Le Haut Mesnil et le square de la Marne au Nord/Nord-Est.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de la gare est bruyante à très bruyante et caractérisée par le bruit routier des deux grandes avenues Jean Jaurès et Marx Dormoy. Le métro M13, non souterrain et situé à 60m au sud, fait aussi partie des sources de bruit prépondérantes de la zone avec les passages des métros mais aussi les annonces en gare et les équipements techniques.

En période de jour, avec un niveau sonore moyen LAeq de plus de 70 dB(A) , le point le plus bruyant est le point 20CHM_5, situé juste au croisement des deux avenues principales. Le point le plus calme est le point 20CHM_3 situé dans la rue Chopin, avec un niveau LAeq de 54 dB(A), car partiellement protégé du bruit routier et ferroviaire par les habitations.

La nuit, l'ambiance sonore est calme dans les petites rues du quartier (exemple rue Chopin où les niveaux de bruit de fond L90 sont inférieurs à 40 dB(A)). En revanche, les habitations situées en bordure des avenues Marx Dormoy et Jean Jaurès sont soumises à un environnement bruyant avec des niveaux de bruit moyens LAeq qui restent supérieurs à 60 dB(A) et des niveaux de bruit de fond L90 supérieurs à 40 dB(A). Les équipements techniques de la gare et de la zone industrielle au sud sont également audibles à cette période.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible à modéré lié à un environnement sonore existant déjà très impacté par le bruit routier des avenues Marx Dormoy et Jean Jaurès. Le nombre d'habitations à proximité du secteur reste par ailleurs limité.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare de Bagneux



RESULTATS DES MESURES EN dBA - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
19BAG_1	Jour	13/11/2014 12:27	69,6	56,4
19BAG_2		13/11/2014 12:58	53,8	48,8
19BAG_3		13/11/2014 13:02	61,1	51,5
19BAG_4		13/11/2014 12:29	53,9	49,0

RESULTATS DES MESURES EN dBA - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
19BAG_1	Nuit	13/11/2014 22:00	64,4	50,2
19BAG_2		13/11/2014 22:32	49,5	44,6
19BAG_3		13/11/2014 22:31	56,2	46,6
19BAG_4		13/11/2014 21:59	51,9	47,1


19BAG_1


19BAG_2


19BAG_3


19BAG_4

SITES SENSIBLES

Deux sites sensibles se trouvent à proximité du secteur d'implantation de la gare de Bagneux : le parc Robespierre situé à 100m environ au Sud de l'ouvrage et le collège Joliot Curie situé à 160m au Sud-Ouest. Les riverains les plus proches sont eux situés à 15m du secteur.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour du secteur d'aménagement de la gare est variable et caractérisée par l'impact du trafic routier des avenues Henri Barbusse, Louis Pasteur, Victor Hugo et Verdun. Le trafic routier à proximité des points de mesures est rythmé par la présence de feux de signalisation qui entrainent des alternances entre circulation fluide et attente aux feux rouges au niveau du rond point des Martyrs.

De jour, l'ambiance sonore aux points 19BAG_2 et 19BAG_4 est calme avec un niveau de bruit ambiant LAeq de l'ordre de 54 dB(A) et un niveau de bruit de fond LA90 de l'ordre de 49 dB(A). Les autres points sont plus bruyants, en particulier le point 19BAG_1 pour lequel le niveau sonore LAeq dépasse le seuil de PNB Routier.

De nuit, les niveaux de bruit ambiant LAeq diminuent légèrement et, en dehors du point 19BAG_1 qui reste très influencé par le bruit de la RD77 (avenue Louis Pasteur), l'environnement sonore est qualifié de peu bruyant. Les niveaux de bruit de fond LA90 restent assez élevés avec des niveaux sonores de 45 à 47 dB(A). Cela montre que le bruit routier lointain reste soutenu.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à un environnement sonore existant déjà très impacté par le bruit. Néanmoins, l'environnement sonore est plus calme en intérieur d'îlot et au niveau des secteurs les plus éloignés des routes. Les enjeux sont donc renforcés pour les riverains situés dans ces secteurs.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Arcueil-Cachan



RESULTATS DES MESURES EN dBA - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
18ARC_1	Jour	12/11/2014 18:08	57,8	45,7
18ARC_2		12/11/2014 15:00	68,0	55,2
18ARC_3		12/11/2014 15:00	63,3	51,9
18ARC_4		12/11/2014 15:40	53,3	44,3

RESULTATS DES MESURES EN dB(A)- NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
18ARC_1	Nuit	13/11/2014 00:35	49,4	35,3
18ARC_2		13/11/2014 00:00	59,0	40,3
18ARC_3		13/11/2014 00:00	54,2	38,2
18ARC_4		13/11/2014 00:33	45,6	33,7


18ARC_1


18ARC_2


18ARC_3


18ARC_4

SITES SENSIBLES

Hormis les logements qui entourent le secteur, le site sensible le plus proche est le parc Raspail, situé à 250m au Sud-Est de l'ouvrage. Les autres sites sensibles sont sont plus éloignés: des établissements soclaires situées à plus de 250m de l'ouvrage ainsi que le parc Le Vallon situé à 380m à l'Est .

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour du secteur est principalement caractérisée par la résence du RER B situé à 25m à l'Est , ainsi que par le trafic routier de l'avenue Carnot situé à 35m environ au Nord de l'ouvrage.

Les points 18ARC_1, 18ARC_3 et 18ARC_4 sont particulièrement impactés par le bruit du RER B qui passe à 9m de hauteur par rapport au niveau de la route. Le point 18ARC_4 est néanmoins protégé par l'effet d'écran apporté par le talus et le bâtiment de la gare. Le point 18ARC_2 est plus impacté par le trafic routier de l'avenue Carnot et par l'arrêt parfois prolongé des bus au niveau de l'entrée du cimetière communal face à la place sur l'avenue Carnot.

L'environnement sonore en journée est qualifié de bruyant à très bruyant pour les points situés à proximité du trafic routier (18ARC_2 et 18ARC_3) avec des niveaux de bruit ambiant LAeq mesurés supérieurs à 63 dB(A). La nuit cette zone reste bruyante avec des niveaux LAeq supérieurs à 54 dB(A).

La zone située au Sud du site bénéficie d'une ambiance sonore préexistante calme à modérée avec le RER comme source de bruit principale. Aucun RER n'a circulé durant la période de mesure de nuit.
Concernant les niveaux de bruits de fond LA90, ils restent élevés en journée avec des niveaux sonores de 44 à 55 dB(A) constatés mais diminuent fortement la nuit. Le point le plus calme, de jour comme de nuit, est le point 18ARC_4 situé dans la rue de la Coopérative.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la présence d'un nombre important d'habitations à proximité du secteur ainsi qu'à un environnement sonore calme localisé au Sud du secteur. Le passage de riverains observés aux alentours de la place du marché de Cachan, renforce également l'enjeu du site en matière de bruit.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
17IGR_1	Jour	12/11/2014 18:23	66,9	53,8
17IGR_2		12/11/2014 18:21	64,4	52,8
17IGR_3		12/11/2014 13:41	56,5	54,6
17IGR_4		12/11/2014 18:20	47,9	45,3
17IGR_5		12/11/2014 13:30	54,8	53,0

RESULTATS DES MESURES EN dB(A)- NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
17IGR_1	Nuit	12/11/2014 23:14	61,6	45,0
17IGR_2		12/11/2014 23:10	52,1	50,2
17IGR_3		12/11/2014 22:32	56,6	54,8
17IGR_4		12/11/2014 23:11	44,4	43,0
17IGR_5		12/11/2014 22:35	55,5	53,7



17IGR_1



17IGR_2



17IGR_3



17IGR_4



17IGR_5

SITES SENSIBLES

2 sites sensibles se trouvent à proximité de la gare : l'institut Gustave Roussy à 50m au Nord de l'ouvrage, et le Parc de Hautes Bruyeres au sein duquel l'ouvrage sera implanté. Les habitations les plus proches sont situées à une centaine de mètres au Nord-Est et à plus de 150m à l'Est du site. Un hôtel est également présent dans le Parc, au fond du Chemin de la Redoute.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour du secteur d'aménagement de la gare est caractérisée par le bruit de l'autoroute A6 située à 315m à l'Ouest de l'ouvrage et plus localement par le trafic routier de la rue de Verdun et de la rue Edouard Vaillant.

De jour, l'environnement sonore est calme au droit des riverains de l'avenue des Hautes Bruyères avec des niveaux sonores de 55 à 56 dB(A) et le long des rues de Verdun et Edouard Vaillant (65 à 67 dB(A)). Les niveaux de bruit de fond LA90 relevés sont homogènes car principalement impactés par le trafic routier de l'autoroute A6.

De nuit, l'environnement sonore est calme au niveau du point 17IGR_4 à bruyant au niveau du point 17IGR_1. Les niveaux sonores moyens LAeq mesurés sont proches voire légèrement supérieurs à la période de jour (points 17IGR_3 et 17IGR_5). Cela s'explique par le fait que l'A6 génère un trafic soutenu la nuit mais aussi par le fait qu'à cette période le bruit se propage mieux. Grâce au merlon observé à l'Est du parc, certains immeubles de logements sont protégés du bruit de l'A6 et bénéficient d'un environnement calme (point 17IGR_4). Les niveaux de bruit de fond restent élevés avec des niveaux sonores LA90 compris entre 43 et 55 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la proximité de l'Institut Gustave Roussy ainsi que la présence du parc des Hautes Bruyères. Les niveaux sonores actuels sont malgré tout élevés, marqués par le bruit de l'A6, y compris la nuit .

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Villejuif Louis Aragon



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
16VLA_1	Jour	12/11/2014 15:28	69,6	62,8
16VLA_2		12/11/2014 15:30	67,5	60,7
16VLA_3		12/11/2014 16:05	62,2	55,0
16VLA_4		12/11/2014 16:03	63,7	57,8

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
16VLA_1	Nuit	13/11/2014 00:20	62,6	52,2
16VLA_2		13/11/2014 00:20	62,3	48,6
16VLA_3		13/11/2014 00:59	53,1	46,0
16VLA_4		13/11/2014 00:53	57,1	46,3

SITES SENSIBLES

Le secteur d'aménagement de la gare est situé en centre ville, entouré de nombreuses habitations (à 10m pour les plus proches). Les autres sites sensibles sont plus éloignés, comme l'école Jean Villar à 430m à l'Ouest, l'EFREI (informatique) à 270m à l'Ouest ou encore le collège Jean Lurçat à 270m au Sud-Est.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de la gare est marquée par un trafic routier important et continu sur l'avenue Louis Aragon, l'avenue de Stalingrad à l'Ouest et le boulevard Maxime Gorki à l'Est. A noter également la présence d'un terminus de tramways (ligne 7) au niveau du point de mesure 16VLA_3 et d'un important charroi de bus au niveau du boulevard Maxime Gorki.

En période de jour, les niveaux sonores LAeq mesurés sont compris entre 62 et 69,5 dB(A), soit une ambiance sonore préexistante bruyante à très bruyante. Le point le plus bruyant est le 16VLA_1 du fait de sa localisation sur le boulevard Maxime Gorki (l'axe le plus important et le plus bruyant de la zone). Il est soumis à un niveau sonore supérieur au seuil de PNB Routier. Le point le plus calme est le point 16VLA_3, situé dans une zone plutôt piétonne à la sortie du métro M7 Louis Aragon (ambiance sonore modérée).

La nuit, l'ambiance sonore est plus calme mais les niveaux de bruit restent assez élevés en raison du trafic routier est toujours conséquent.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié au caractère très urbanisé du secteur et à la présence de nombreuses habitations situées à proximité.
Les niveaux de bruit actuels sont déjà élevés de jour comme de nuit.


16VLA_1


16VLA_2


16VLA_3


16VLA_4

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Vitry Centre



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
15VIC_1	Jour	29/10/2014 15:42	52,7	47,4
15VIC_2		30/10/2014 07:09	53,3	46,4
15VIC_3		29/10/2014 17:18	65,8	57,0
15VIC_4		29/10/2014 17:20	45,8	43,1
15VIC_5		29/10/2014 17:48	43,4	40,6

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
15VIC_1	Nuit	29/10/2014 23:26	50,9	39,7
15VIC_2		30/10/2014 00:14	46,8	38,9
15VIC_3		30/10/2014 00:47	60,9	42,8
15VIC_4		30/10/2014 00:14	41,9	39,5
15VIC_5		30/10/2014 00:14	39,6	36,6


15VIC_1


15VIC_2


15VIC_3

SITES SENSIBLES

Le secteur d'aménagement de la gare est situé au sein du parc du Coteau qui est une zone calme. Les autres sites sensibles autour de la gare sont les immeubles de logements de la rue Edouard Tremblay situés au Sud, la bibliothèque Nelson Mendela située à moins de 10 m du site ainsi que les logements de l'avenue Robespierre situés au Nord et à l'Est à plus de 50m. Les établissements scolaires ou de santé les plus proches sont situés à plus de 130m de l'ouvrage (école maternelle Charles Perrault, école Paul Eluard).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore du secteur, de jour comme de nuit, est calme voire très calme, excepté au droit de l'avenue Maximilien Robespierre où les niveaux sonores moyens LAeq mesurés sont supérieurs à 65 dB(A) le jour et 60dB(A) la nuit, ce qui en fait une zone d'ambiance sonore préexistante bruyante.

La source de bruit prépondérante est le trafic routier, en particulier celui de l'avenue Maximilien Robespierre (RD5) qui impacte l'ensemble de la zone. Le quartier est aujourd'hui soumis aux bruits des travaux du tram T9 le long de la RD5, c'est pourquoi un des points a été renouvelé (15VIC_2) en dehors des horaires de ce chantier.

Les niveaux de bruit de fond LA90 sont assez faibles la journée (hors point 15VIC_3) avec des niveaux sonoresde 40 à 47 dB(A). La nuit ces niveaux sonores diminuent mais restent assez soutenus sur l'ensemble de la zone avec des valeurs LA90 de 37 à 43 dB(A) pour l'ensemble des points de mesures.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence du parc du Coteau, caractérisé par un environnement sonore particulièrement calme, ainsi qu'à la présence de riverains à proximité directe du site.


15VIC_5


15VIC_4

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Les Ardoines



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
14ARD_1	Jour	29/10/2014 13:45	58,3	50,0
14ARD_2		29/10/2014 16:42	72,1	57,0
14ARD_3		29/10/2014 16:40	67,1	51,1
14ARD_4		29/10/2014 15:51	61,7	53,7

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
14ARD_1	Nuit	29/10/2014 22:40	52,0	49,8
14ARD_2		29/10/2014 23:37	66,8	45,4
14ARD_3		29/10/2014 23:36	59,6	42,2
14ARD_4		30/10/2014 00:13	52,3	42,0


14ARD_1


14ARD_2


14ARD_3


14ARD_4

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible n'est localisé à proximité directe du secteur d'aménagement de la gare, qui se situe dans une zone industrielle.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de la gare est caractérisée par plusieurs sources de bruit : le bruit routier de la rue Léon Geffroy (trafic soutenu) et ses perpendiculaires, le trafic ferroviaire de la ligne du RER C et de la gare de triage des Ardoines située à l'Est du projet. L'environnement sonore est également caractérisé par les bruits de l'ensemble des activités industrielles de la zone.

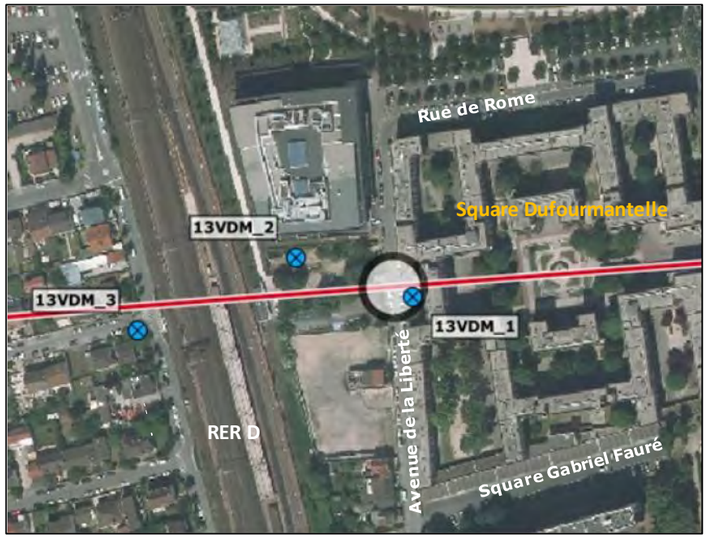
En période de jour, l'environnement sonore est bruyant à très bruyant. Le point le plus bruyant est le point 14ARD_2 avec un niveau sonore LAeq de 72 dB(A), lié à sa localisation en bordure de la rue Léon Geffroy. Le point le plus calme est le point 14ARD_1 avec un niveau sonore LAeq de 58,5 dB(A). Il est situé dans la zone d'activité industrielle, éloigné des principaux axes routiers et de la ligne ferroviaire. Néanmoins ce point reste très impacté par le bruit industriel (Sanofi).

La nuit, l'ambiance sonore est plus calme mais reste élevée avec en bruit de fond un bruit routier lointain (A86 à 750m au sud/sud-ouest) et les équipements techniques des usines du secteur. Les niveaux de bruit de fond L90 sont compris entre 42 dB(A) et 50 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible lié au caractère industriel du secteur d'aménagement et à la présence d'un environnement sonore existant déjà très impacté par le bruit.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Le Vert de Maisons



Gare — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

N O E S

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
13VDM_1	Jour	28/10/2014 16:27	55,6	46,5
13VDM_2		28/10/2014 16:29	56,7	44,9
13VDM_3		28/10/2014 17:30	61,3	48,1

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
13VDM_1	Nuit	29/10/2014 00:44	43,2	37,5
13VDM_2		29/10/2014 00:44	42,9	36,2
13VDM_3		29/10/2014 01:29	47,6	33,9



13VDM_1



13VDM_2



13VDM_3

SITES SENSIBLES

De nombreuses habitations sont observées à proximité du secteur. Le square Dufourmantelle est situé à quelques mètres à l'Est et un ensemble pavillonnaire est situé de l'autre côté du chemin de fer du RER , à environ 90m du site. A noter aussi la présence du collège Paul Langevin et de l'école Montaigne qui sont situés à +/- 400m à l'Est/Sud-Est de la gare.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore dans le secteur d'aménagement de la gare est caractérisée par le bruit des trains qui passent régulièrement sur la ligne de RER D et les annonces dans la gare existante située en bordure Ouest du site. Le bruit de fond LA90 est induit en partie par l'autoroute A86 situé à 500m à l'Est de la gare ainsi que par les routes avoisinantes (avenue de la Liberté à l'Est du chemin de fer et rue de Naple à l'Ouest). Les usagers de la gare constituent aussi une source de bruit caractéristique de la zone (passages, discussions, jeux...). Le survol des avions n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées.

En période de jour le point le plus bruyant, du fait de sa proximité avec la route, est le point 13VDM_3 avec un niveau sonore LAeq de 61,5 dB(A). Le point le plus calme est le point 13VDM_1 situé dans l'entrée du square Dufourmantelle (niveau sonore LAeq mesuré de 55,5 dB(A)). Ces niveaux de bruit représentent une ambiance sonore préexistante modérée.

La nuit, en raison de la baisse des trafics ferroviaire et routier, l'ambiance sonore est calme à très calme avec des niveaux de bruit ambiant LAeq compris entre 43 et 47 dB(A) et des niveaux de bruit de fond LA90 inférieurs à 38 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à un environnement sonore existant calme et à la présence d'habitations à proximité.
à une augmentation de trafic.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Créteil l'Echât



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
12CLE_1	Jour	28/10/2014 13:59	52,8	49,8
12CLE_2		28/10/2014 14:37	58,4	50,7
12CLE_3		28/10/2014 13:59	60,1	45,5
12CLE_4		28/10/2014 14:42	55,2	45,5

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
12CLE_1	Nuit	28/10/2014 22:01	48,9	44,5
12CLE_2		28/10/2014 22:38	49,8	41,5
12CLE_3		28/10/2014 22:01	56,9	40,3
12CLE_4		28/10/2014 22:42	51,3	40,7


12CLE_1


12CLE_2


12CLE_3


12CLE_4

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles sont représentés par les logements situés au Sud et à l'Ouest du secteur d'aménagement, ainsi que les établissements de santé, en particulier le CHU Henri Mondor situé à 20m à l'Ouest du site et la maison départementale pour les handicapés (tour située au nord du parking).

ANALYSE DES MESURES

De nuit comme de jour, l'ambiance sonore du secteur est calme à peu bruyante (LAeq de 53 à 60 dB(A) le jour et de 49 à 57 dB(A) la nuit). Elle est caractérisée par le bruit des métros de la ligne 8 qui circulent à ciel ouvert sur un remblai d'environ 2,5m de hauteur. Ils constituent la source de bruit prépondérante pour les points 12CLE_3 et 12CLE_4. Le jour, le bruit du métro est en général masqué par le bruit routier pour les points 12CLE_1 et 12CLE_2, mais la nuit, les passages de métros sont nettement audibles pour l'ensemble des points de mesures.

La rue Gustave Eiffel a aussi un impact sonore significatif sur la zone, mais en dehors des heures de pointe, le trafic observé est peu important. Le parking de dissuasion impacte peu l'environnement sonore car les voitures y circulent à très faible vitesse.
En revanche, la gare de bus (9 quais) située à proximité du point 12CLE_2 génère un bruit non négligeable lorsque les bus stationnent moteur en marche. Ils induisent ainsi une élévation temporaire mais importante du niveau de bruit de fond pour le point 12CLE_2 maiségalement au niveau du point 12CLE_3, en particulier la nuit.

L'environnement sonore est également influencé par le bruit routier lointain (autoroute A86 à 400m à l'ouest du site) et le bruit d'équipements techniques, en particulier celui du centre commercial "La Galerie de l'Echat", très audible sur le parking et au niveau du point 12CLE_1.

La nuit, cet équipement technique est moins pregnant mais reste audible au point 12CLE_1, avec un niveau de bruit de fond LA90 de l'ordre de 45 dB(A). Avec des niveaux de bruit de fond LA90 de l'ordre de 40 dB(A), les autres points sont plus impactés par le bruit lointain de l'A86.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la présence d'immeubles de logements et d'un établissement de santé à proximité, pour lesquels l'environnement sonore, déjà impacté par des sources de bruit diverses, doit être préservé.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Saint-Maur Créteil



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
11SMC_1	Jour	28/10/2014 17:25	61,1	52,7
11SMC_2		28/10/2014 16:47	70,3	60,6
11SMC_3		28/10/2014 15:39	65,6	52,7
11SMC_4		28/10/2014 16:23	64,2	53,5
11SMC_5		28/10/2014 17:25	66,2	58,2

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
11SMC_1	Nuit	29/10/2014 00:58	53,4	36,0
11SMC_2		29/10/2014 00:23	62,9	45,0
11SMC_3		28/10/2014 23:32	63,0	39,3
11SMC_4		29/10/2014 00:19	59,2	37,5
11SMC_5		29/10/2014 00:23	56,6	42,7


11SMC_1


11SMC_2


11SMC_3

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles localisés dans le secteur d'aménagement de la gare sont les immeubles de logements de la rue Bobillot au nord du parvis de Saint Maur, situés à 10m du secteur. Les autres sites sensibles identifiés sont plus éloignés comme le square Auguste Marin à 230m.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour du secteur est caractérisée par le bruit routier (rue du Pont de Créteil, avenue Desgenette, rue Bobillot et rue des Remises) qui reste prépondérant. Le bruit du RER A est légèrement audible, en particulier la nuit, lorsque le trafic routier ne masque plus le bruit du passage des RER.

En journée, la zone est bruyante, voire très bruyante. Le point situé le long de la rue du Pont de Créteil (11SMC_2) est le plus impacté, avec un niveau LAeq mesuré supérieur à 68 dB(A) (valeur limite de PNB Routier). Le point 11SMC_1 est le moins bruyant (LAeq de 61 dB(A)) car le plus éloigné des voiries principales.

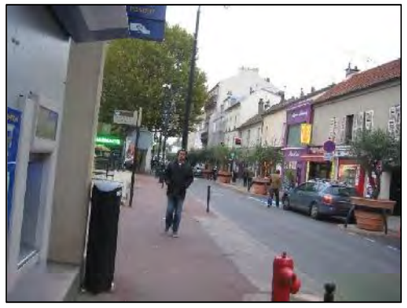
La nuit, l'environnement sonore reste bruyant avec des LAeq de 53 à 63 dB(A) observés.

Les niveaux de bruit de fond LA90 restent élévés le jour avec des niveaux sonores de plus de 52 dB(A). En revanche la nuit, ceux-ci diminuent avec moins de 40 dB(A) pour les 3 points situés autour du parvis. La nuit, le point 11SMC_5 est impacté par le stationnement des et par un équipement de ventilation de la gare existante.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à la présence de riverains à la proximité du site d'aménagement.
L'environnement sonore préexistant est très impacté par le bruit routier.


11SMC_5


11SMC_4

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Champigny Centre



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
10CHC_1	Jour	23/10/2014 15:42	67,4	54,4
10CHC_2		23/10/2014 15:43	63,3	50,9
10CHC_3		23/10/2014 15:36	63,2	48,5
10CHC_4		23/10/2014 16:15	64,4	54,0
10CHC_5		23/10/2014 16:31	50,3	44,4

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
10CHC_1	Nuit	24/10/2014 00:03	60,3	41,6
10CHC_2		24/10/2014 00:03	58,0	33,1
10CHC_3		23/10/2014 23:43	56,5	35,6
10CHC_4		24/10/2014 00:21	57,4	38,1
10CHC_5		24/10/2014 00:28	50,2	37,6


10CHC_1


10CHC_2


10CHC_3

SITES SENSIBLES

Les riverains les plus proches se trouvent le long de l'avenue Roger Salengro, à proximité (environ 10m) du secteur d'aménagement de la gare. Des immeubles de logements sont également situés rue de la Plage, le long du RER A .

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore est modérée à bruyante. Elle est caractérisée par le bruit routier de l'avenue Roger Salengro qui présente un trafic routier important ainsi que par le bruit routier des voies perpendiculaires (rue de la Plage et rue du Cimentière). Le trafic routier est rythmé par la présence de feux de signalisation qui entrainent des alternances dans le trafic.
Le survol des avions et le passage des RER sur la ligne située à l'est de la gare ne sont pas toujours audibles car masqués par le bruit routier.

En période de jour, le point le plus bruyant est le point 10CHC_1 du fait de sa proximité avec l'avenue Roger Salengro. Le point le plus calme est le point 10CHC_5 situé en retrait dans une cour d'immeuble.

La nuit, l'ambiance sonore est plus modérée mais reste impactée par le trafic routier avec des niveaux de bruit LAeq compris entre 50 et 60 dB(A). Les niveaux de bruit de fond L90 les plus calmes sont mesurés dans les zones les plus éloignées de l'avenue avec 33 dB(A) au point 10CHC_2 et 35 dB(A) au point 10CHC_3.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à la présence de nombreuses habitations situées à proximité du secteur d'aménagement de la gare. La zone nord / nord-est reste cependant peu sensible au bruit.


10CHC_5


10CHC_4

L15 SUD | Secteur d'aménagement de la gare Bry Villiers Champigny



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
09BVC_1	Jour	23/10/2014 16:45	52,6	43,7
09BVC_2		23/10/2014 17:30	61,2	44,9
09BVC_3		23/10/2014 17:30	57,3	42,9
09BVC_4		23/10/2014 18:27	55,8	39,5

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
09BVC_1	Nuit	23/10/2014 22:25	43,4	37,3
09BVC_2		23/10/2014 22:25	42,5	39,3
09BVC_3		23/10/2014 22:23	40,3	37,0
09BVC_4		23/10/2014 23:15	38,9	31,1



09BVC_1



09BVC_2



09BVC_3



09BVC_4

SITES SENSIBLES

Les habitations les plus proches, situées à 27m au Nord et au Sud du secteur, représentent les sites les plus sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour du secteur d'aménagement de la gare est caractérisée par le bruit du RER E, situé à 30m au Sud de l'ouvrage. Le bruit routier est également très marqué avec la présence de la RD10 située à 20m à l'Est de l'ouvrage. Le point 09BVC_2 est le plus impacté par le trafic ferroviaire.

En période de jour, l'environnement sonore est peu bruyant, avec des niveaux de bruit ambiant LAeq compris entre 53 et 61 dB(A). Les niveaux de bruit de fond LA90 relevés sont relativement homogènes car principalement impactés par le trafic routier de la RD10. A noter qu'un bruit ponctuel en provenance des industries situées au Sud du secteur a parfois été constaté au point 09BVC_2.

La nuit, en l'absence de trafic RER, l'ambiance sonore est très calme avec des niveaux de bruit LAeq compris entre 39 et 43 dB(A) et des niveaux de bruit de fond LA90 inférieurs à 40 dB(A), avec un minimum mesuré de 31 dB(A) au point 09BVC_4. Les principales sources de bruit restent alors le trafic routier de la RD10 et le bruit lointain de l'autoroute A4 située à 400m au Nord de l'ouvrage.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modédré lié à un environnement sonore calme avec la présence de riverains à proximité.
Néanmoins, l'enjeu reste moindre sur le secteur Est et Sud-Est lié au caractère économique et industriel de la zone.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Noisy-Champs et de l'ouvrage annexe 0802P - Partie Sud



Gare Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 100m N O E S

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
08NCH_7	Jour	22/10/2014 14:26	53,1	49,8
08NCH_8		22/10/2014 13:48	53,5	40,5
08NCH_9		22/10/2014 13:29	55,5	49,1
08NCH_10		22/10/2014 14:37	55,7	51,7

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
08NCH_7	Nuit	22/10/2014 22:55	48,7	43,8
08NCH_8		22/10/2014 22:17	48,6	41,4
08NCH_9		22/10/2014 22:16	50,5	48,4
08NCH_10		22/10/2014 23:02	52,5	49,7



08NCH_7



08NCH_8



08NCH_9



08NCH_10

SITES SENSIBLES

2 sites sensibles sont identifiés sur la partie sud du secteur d'aménagement de la gare : l'école d'ingénieurs ESIEE située à l'est de l'ouvrage et le parc de la Butte Verte dont l'implantation débute à 50m au Sud. Les premiers riverains sont situés à 85m environ à l'Ouest de l'ouvrage. A noter que la zone universitaire au Sud-Est de l'ouvrage, regroupe également plusieurs bâtiments sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'environnement sonore autour de la gare (partie Sud) est assez calme avec des niveaux de bruit LAeq compris entre 53 et 57 dB(A) en journée et de 48 à 53 dB(A) la nuit, en raison de l'éloignement des points de mesures avec le boulevard du Ru de Nesles. L'ambiance sonore est très influencée par le bruit de l'autouroute A4 située à 840m environ au Sud du secteur.
Les survols d'avions et hélicoptères sont nombreux et influencent les niveaux sonores mesurés en période de jour. En revanche le passage des RER reste inaudible.

De jour, les niveaux de bruit de fond LA90 sont élevés, de l'ordre de 50 dB(A), induits par le bruit lointain de l'A4, excepté au niveau du point 08NCH_8 qui est protégé du bruit routier par le relief du Parc de la Butte Verte.

De nuit les niveaux de bruit de fond LA90 aux points 08NCH_8, 08NCH_9 et 08NCH_10 varient très peu en raisondu trafic soutenu de l'A4 à cette période et d'une propagation facilitée en période de nuit. Le niveau de bruit de fond LA90 diminue néanmoins légèrement au niveau du point 08NCH_7.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à un environnement sonore relativement calme au droit des sites sensibles situés à proximité du secteur d'aménagement de la gare. L'enjeu est particulièrement marqué au niveau du parc de la Butte Verte et de la zone universitaire de l'avenue Ampère où les logements sont protégés du bruit grâce à la topographie du parc.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de la gare Noisy-Champs et de l'ouvrage annexe 0801P - partie Nord





08NCH_5



08NCH_6

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
08NCH_1	Jour	22/10/2014 14:15	66,1	58,7
08NCH_2		22/10/2014 15:00	58,1	50,7
08NCH_3		22/10/2014 14:10	53,9	44,9
08NCH_4		22/10/2014 15:00	51,9	45,5
08NCH_5		22/10/2014 13:16	63,6	55,3
08NCH_6		22/10/2014 13:16	53,0	49,3

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
08NCH_1	Nuit	22/10/2014 22:47	62,5	50,6
08NCH_2		22/10/2014 23:29	51,5	43,5
08NCH_3		22/10/2014 22:49	51,2	40,4
08NCH_4		22/10/2014 23:30	44,9	41,0
08NCH_5		22/10/2014 22:08	60,9	49,6
08NCH_6		22/10/2014 22:10	49,9	45,5

SITES SENSIBLES

Les sites les plus sensibles à proximité du secteur sont l'école maternelle Les Hauts Bâtons (emplacement du point 08NCH_3) et l'école maternelle Jules Ferry (100m au nord-ouest du point 08NCH_3). Le parc de la Butte Verte est situé à 200m au sud du point 08NCH_5. Les riverains les plus proches du secteur Nord de la gare sont situés à plus de 100m du site.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore dans le secteur Nord de la gare est caractérisée par un bruit routier important en provenance des boulevard de Nesles, de Champy Nesles et du Ru de Nesles, ainsi que par le bruit routier lointain de l'autoroute A4 située à 900m environ au sud du secteur.

En période de jour, en raison de sa localisation en bordure du boulevard de Nesles, le point le plus bruyant est le point 08NCH_1 avec un niveau sonore LAeq mesuré de 66 dB(A), caractéristique d"une ambiance sonore préexistante bruyante. Le point le plus calme est le point 8NCH_4 situé en retrait par rapport aux boulevards.

La nuit, les niveaux sonores LAeq diminuent mais restent supérieurs à 60 dB(A) au niveau des points 08NCH_1 et 08NCH_5 en raison du bruit routier continu généré par les boulevards et par l'autoroute A4. Les niveaux de bruit de fond LA90 restent élevés pour les zones qui bordent le grand boulevard Champy Nesles avec des niveaux sonores de 50 dB(A) (08NCH_1 et 08NCH_2). Au niveau des autres points de mesures, les niveaux de bruit de fond L90 restent caractéristiques d'un environnement sonore bruyant.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à la présence d'établissements scolaires localisés à proximité du site.
L'environnement sonore existant est cependant caractéristique d'un environnement bruyant et les premiers riverains restent relativement éloignés du secteur d'aménagement.



08NCH_1



08NCH_2



08NCH_3



08NCH_4

L15 SUD	Secteur d'aménagement du SMR de Champigny et de l'ouvrage annexe 08013P



SMR de Champigny

Point de mesures

0 100m

N O E S



0801M_5



0801M_6

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
0801M_1	Jour	23/10/2014 14:34	65,9	53,4
0801M_2		23/10/2014 13:43	50,2	43,6
0801M_3		23/10/2014 14:20	67,0	51,3
0801M_4		28/10/2014 13:20	45,1	40,7
0801M_5		28/10/2014 14:10	67,5	53,4
0801M_6		28/10/2014 14:14	64,0	49,9

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
0801M_1	Nuit	23/10/2014 22:48	57,8	34,0
0801M_2		23/10/2014 22:14	50,6	33,9
0801M_3		23/10/2014 22:57	60,3	36,5
0801M_4		23/10/2014 22:18	40,2	37,8
0801M_5		28/10/2014 22:55	68,0	37,4
0801M_6		28/10/2014 23:00	60,6	39,2

SITES SENSIBLES

Le principal site sensible identifié est le parc départemental du Plateau. Les habitations les plus proches sont situées à plus de 150m du secteur (points 0801M_1 et 0801M_6) d'aménagement du SMR.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore est caractérisée par un bruit routier lointain en bruit de fond (présence de la RD145 au sud du parc, de la RD10 qui longe le côté est du secteur d'aménagement et de l'autoroute A4 à environ 650m au nord-ouest). Certaines zones sont également impactées par le bruit industriel, au niveau des points 0801M_1, 0801M_2 et 0801M_3. L'ambiance sonore du parc est également caractérisée par ses usagers (jeux, course à pieds...) et par des bruits naturels (oiseaux, vent dans les arbres...).

En journée, l'environnement sonore est calme à très bruyant. Le secteur le plus bruyant est situé au niveau du point 0801M_5, en bordure de la RD10 avec un niveau sonore LAeq de 66 dB(A). Le point le plus calme est celui situé au centre du parc (0801M_4) avec un niveau LAeq mesuré de 45 dB(A).

La nuit, les niveaux sonores moyens LAeq diminuent peu mais les niveaux de bruit de fond LA90 chutent significativement avec des niveaux de bruit inférieurs à 40 dB(A). Ils sont majoritairement caractérisés par le bruit routier lointain.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible localisé au niveau du secteur d'aménagement du SMR lié au caractère industriel du site, situé dans une zone bruyante et éloignée des premières habitations.

Enjeu modéré localisé au niveau du secteur d'aménagement de l'ouvrage annexe 0813P lié à la présence du parc du Plateau.



0801M_1



0801M_2



0801M_3



0801M_4

L15 SUD	Secteur d'aménagement du SMI de Vitry



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
1403M_1	Jour	29/10/2014 14:05	56,1	53,9
1403M_2		29/10/2014 15:03	67,3	59,1
1403M_3		29/10/2014 15:05	68,6	57,5
1403M_4		29/10/2014 15:47	63,2	52,5

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
1403M_1	Nuit	30/10/2014 01:00	48,7	45,1
1403M_2		29/10/2014 22:07	64,4	55,9
1403M_3		29/10/2014 22:07	65,9	54,5
1403M_4		29/10/2014 22:47	55,7	45,9



1403M_1



1403M_2



1403M_3



1403M_4

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible n'est situé à proximité du secteur d'aménagement du SMI de Vitry, localisé en plein coeur d'une zone industrielle. Quelques rares habitations et un hôtel sont observés rue Léon Geffroy. Les habitations les plus proches sont situées à plus de 200m à l'Ouest de l'emprise et à plus de 150m au Sud / Sud-Est du site.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour du SMI est caractérisée par le bruit routier la rue Léon Geffroy, de l'autoroute A86 située à 430m au Sud de l'ouvrage, ainsi que par le RER C situé à quelques mètres de l'ouvrage. Les rares survols d'avions et le passage fréquent du RER E ne sont pas toujours audibles car masqués par le bruit routier.

L'ambiance sonore au niveau des points 1403M_1 et 1403M_4 est modérée avec des niveaux de bruit LAeq de 56 à 63 dB(A) le jour et de 49 à 56 dB(A) la nuit: ces zones sont moins exposées au trafic routier continu de la rue Léon Geffroy. Le trafic routier au niveau du point 1403M_3 est rythmé par la présence d'un feu de signalisation qui entraine des alternances de trafic. Les niveaux sonores LAeq mesurés le long de la rue Geffroy sont compris entre 67dB(A) et 69 dB(A) le jour et entre 64 et 66 dB(A) la nuit, soit un environnement sonore très bruyant (limite zone de PNB Routier).

Concernant les niveaux de bruit de fond LA90, les zones situées au niveaux des points 1403M_1 et 1403M_4 restent les plus calmes avec des niveaux sonores autour de 45 dB(A), ce qui reste élevé. Le niveau de bruit de fond LA90 mesuré le long de la rue Geffroy est quant à lui de l'ordre de 55 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible lié au secteur d'aménagement de l'ouvrage, localisé dans zone industrielle présentant un environnement sonore bruyant.

2.22.6 Synthèse des enjeux liés à l'environnement sonore

La Ligne 15 Sud s'inscrit dans un territoire très urbanisé, particulièrement exposé au bruit.

Le bruit lié à la circulation routière reste la première source de nuisances sonores, liée à la présence de grands axes routiers (A6, A86, A4) et des quais de Seine situés à l'ouest du fuseau. Le trafic ferroviaire constitue également une source de bruit importante, notamment au niveau des lignes mixtes RER/trains présentes dans le fuseau.

Une forte densité de population est identifiée sur la quasi-totalité du tracé, excepté sur quelques zones industrielles essentiellement localisées sur les communes de Vitry-sur-Seine et Champigny-sur-Marne.

Le projet s'inscrit par ailleurs à proximité d'espaces verts et de zones calmes, identifiées comme zones sensibles à préserver du bruit.

Le tableau suivant présente une synthèse des enjeux liés au bruit à l'échelle du fuseau de la Ligne 15 Sud.

Les cartes en pages suivantes synthétisent les résultats issus de la caractérisation de l'environnement sonore à l'échelle de la Ligne 15 Sud. Sont notamment identifiées :

- Les zones calmes d'habitations et les zones calmes de parcs, peu exposées au bruit (Lden < 55 dBA) ;
- Les espaces verts, en particulier les espaces verts présentant des potentialités de zone calme ou faisant l'objet d'une préoccupation particulière dans le cadre des PPBE recensés dans le fuseau d'étude ;
- Les bâtiments sensibles, en particulier les hôpitaux ou établissements d'enseignements.

Les enjeux spécifiques, associés à des caractéristiques locales particulières sont également représentés sur ces cartes.

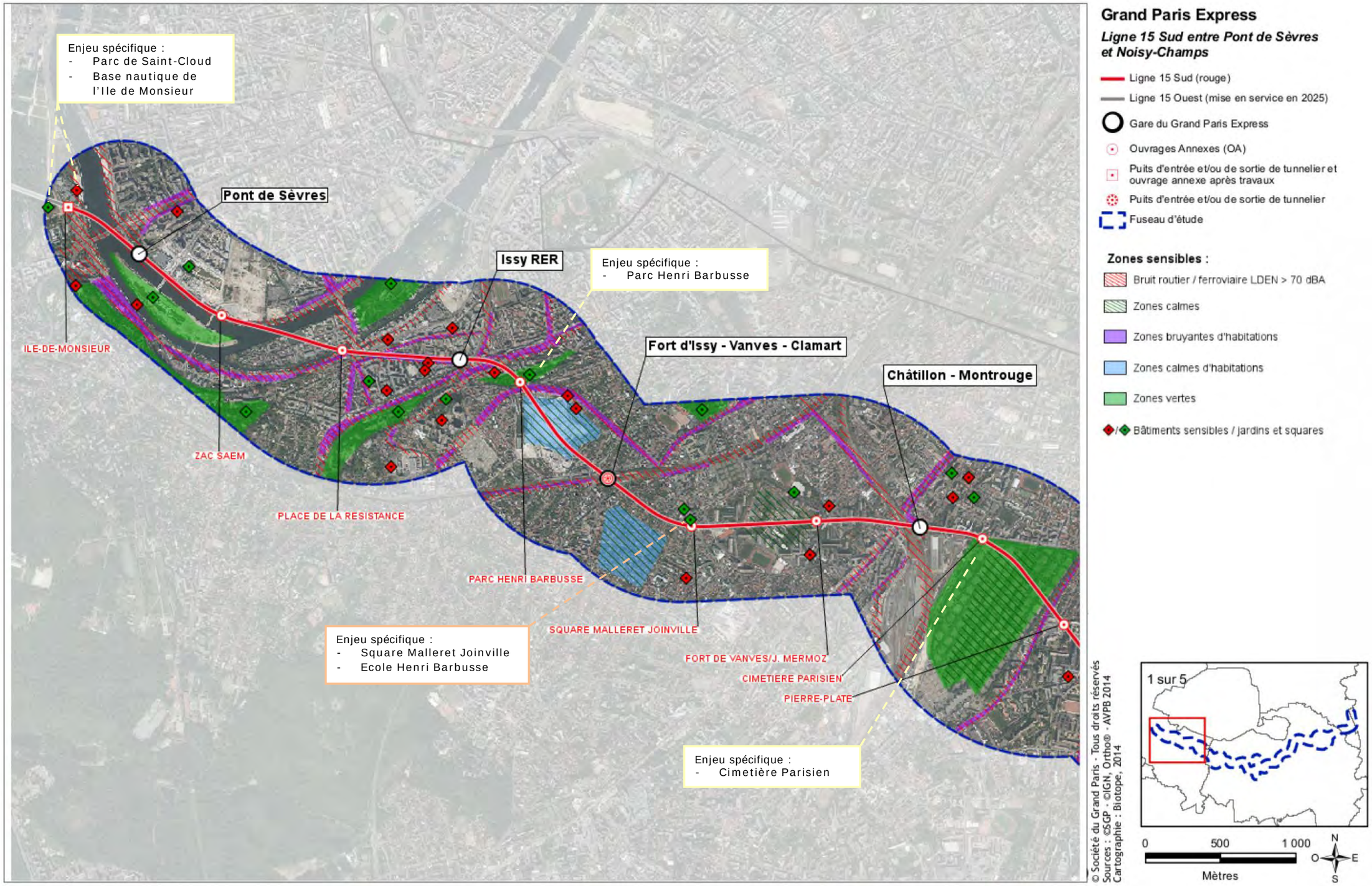
Synthèse des enjeux liés à l'environnement sonore

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier, en particulier à proximité des quais de Seine
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section
	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section
	Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères dans le secteur d'aménagement de la gare Villejuif IGR
	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit, dont le parc du Coteau à Vitry
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles et très impactées par le bruit routier et ferroviaire
	Présence d'habitat dense sur le reste de la section
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier ou ferroviaire
	Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées, dont le parc du Plateau à Champigny-sur-Marne et un centre hospitalier dans le secteur d'aménagement de la gare de Créteil l'Echât
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section excepté à proximité de l'autoroute A4
	Secteurs présentant des niveaux sonores élevés, impacté, par le bruit routier, en particulier au niveau de Noisy-Le-Grand, et localement par le bruit ferroviaire le long du RER E
	Présence de plusieurs zones vertes identifiées, dont le parc de la Butte Verte
	Présence de l'école d'ingénieur ESIEE à proximité directe du secteur d'aménagement de l'avant-gare de Noisy-Champs

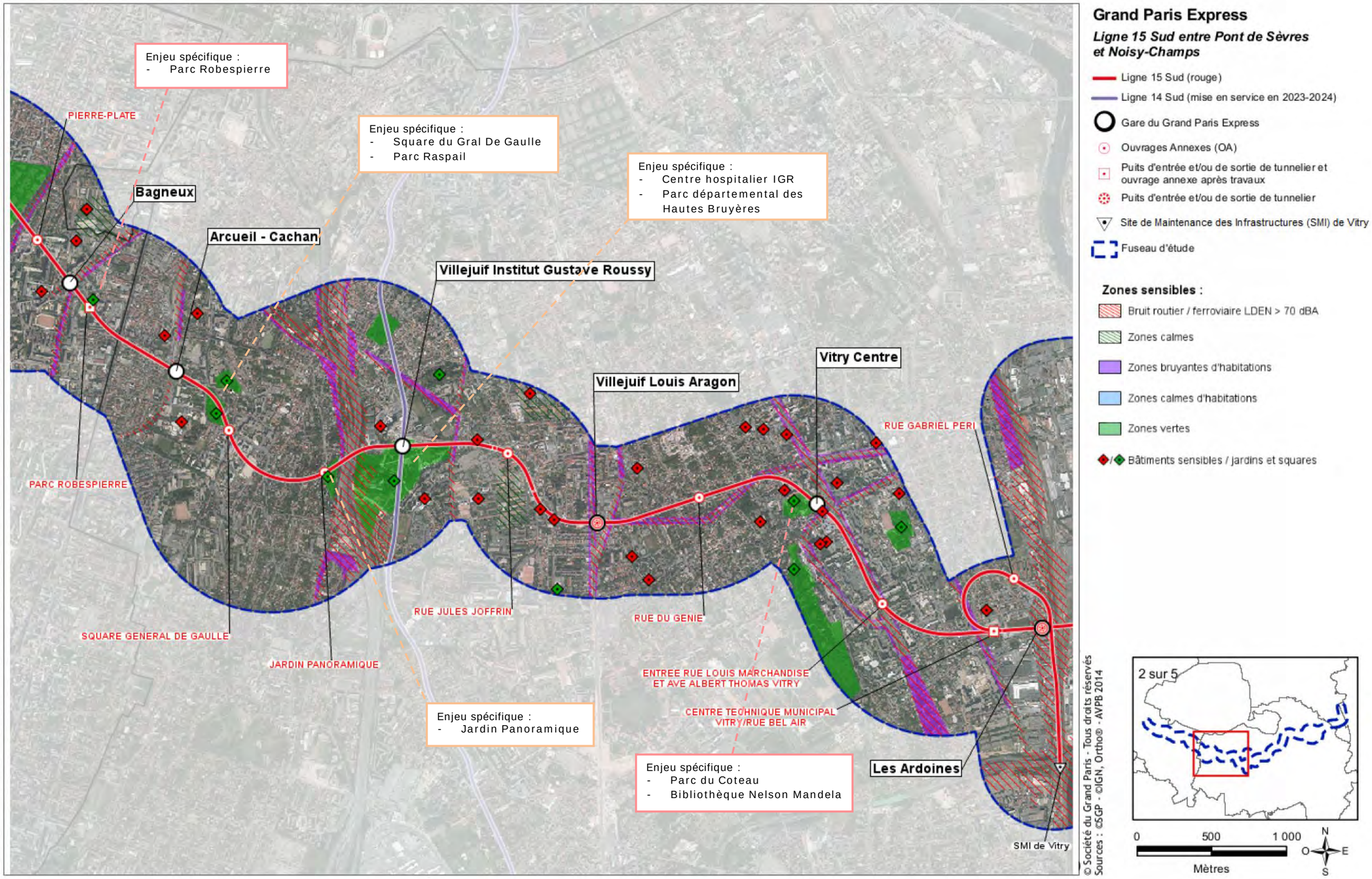
Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort

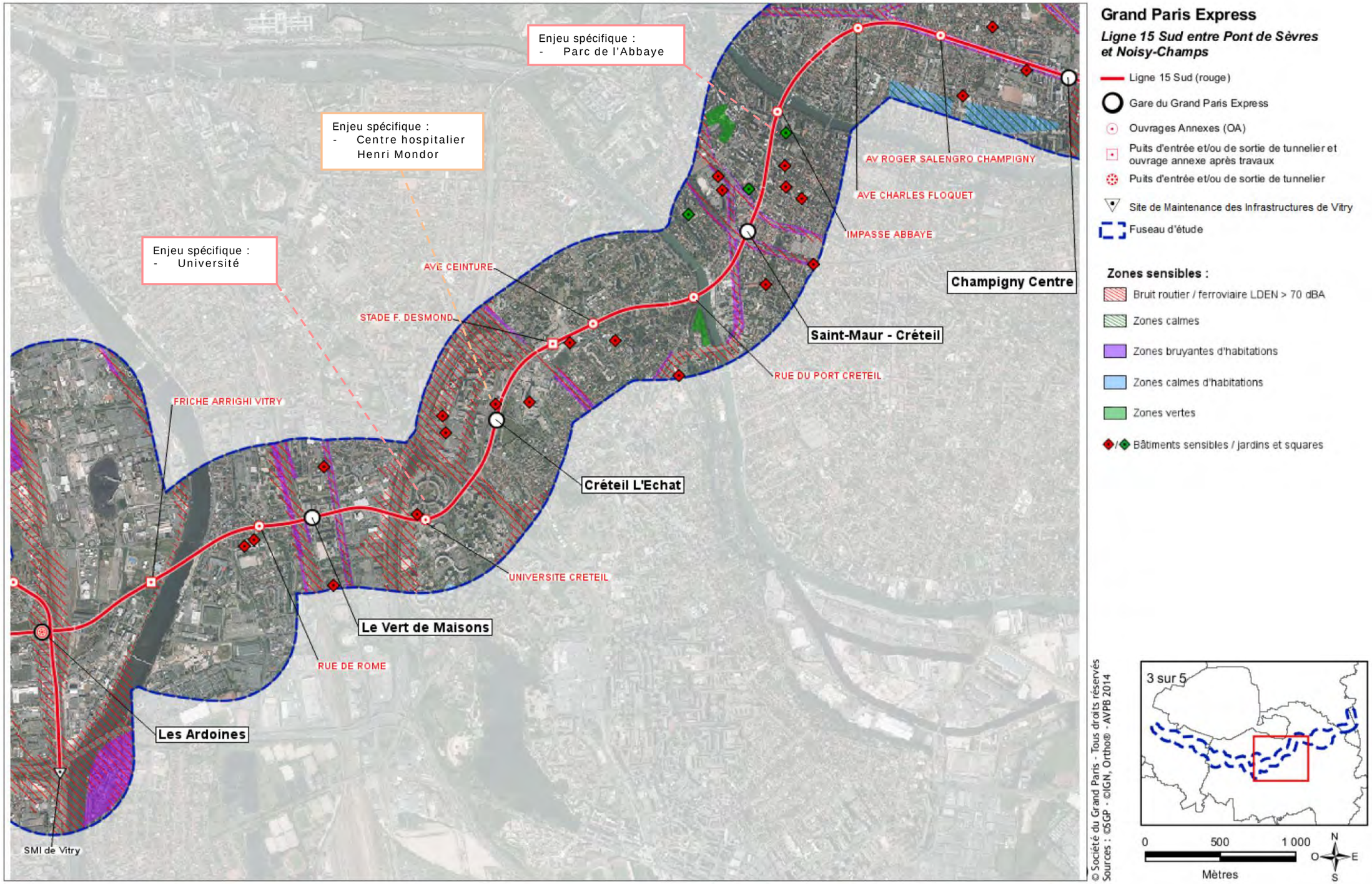
Synthèse de l'environnement sonore existant et localisation des zones sensibles – section Ile de Monsieur / Pont de Sèvres - Châtillon-Montrouge



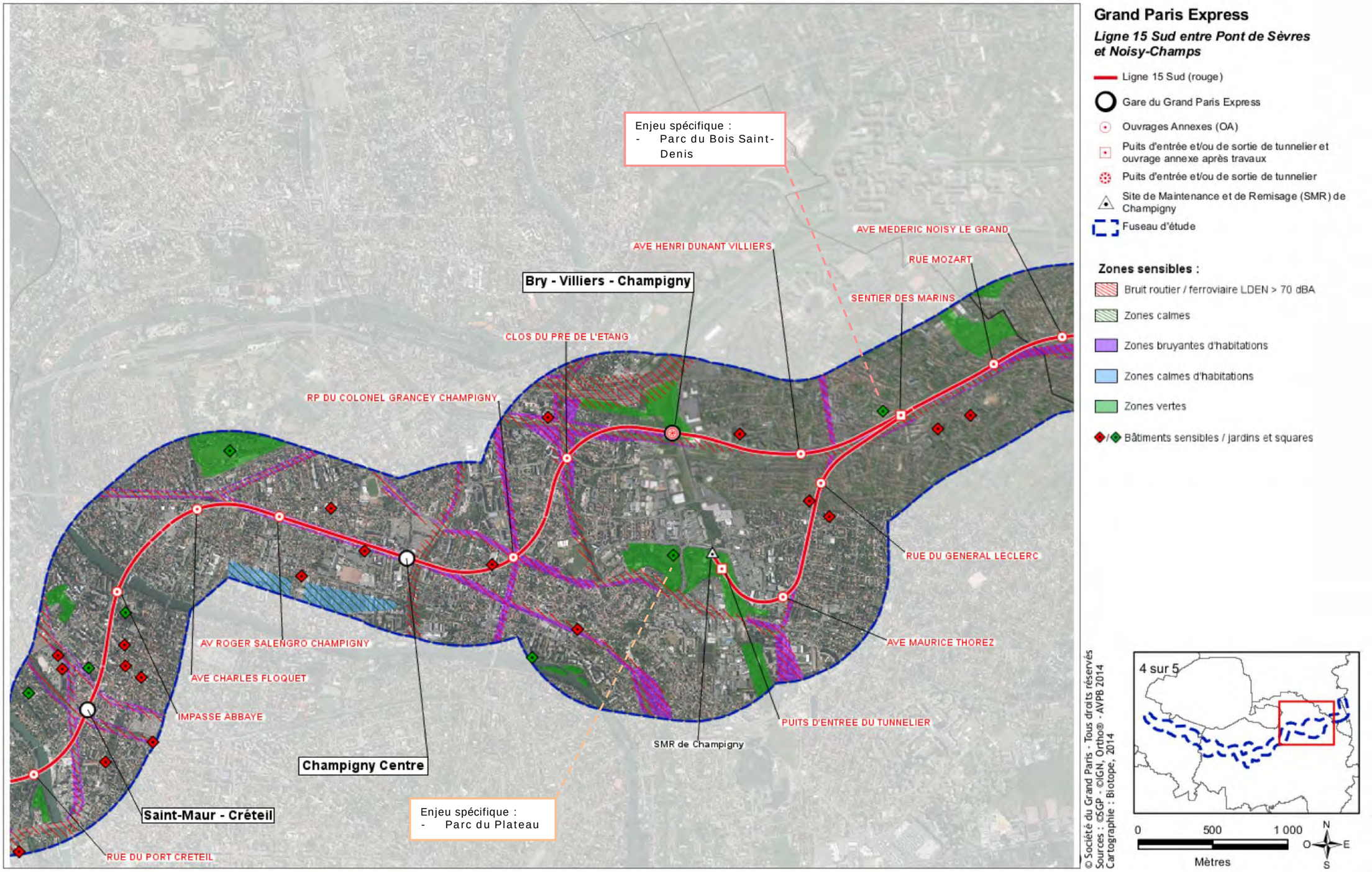
Synthèse de l'environnement sonore existant et localisation des zones sensibles – section Bagneux – Les Ardoines



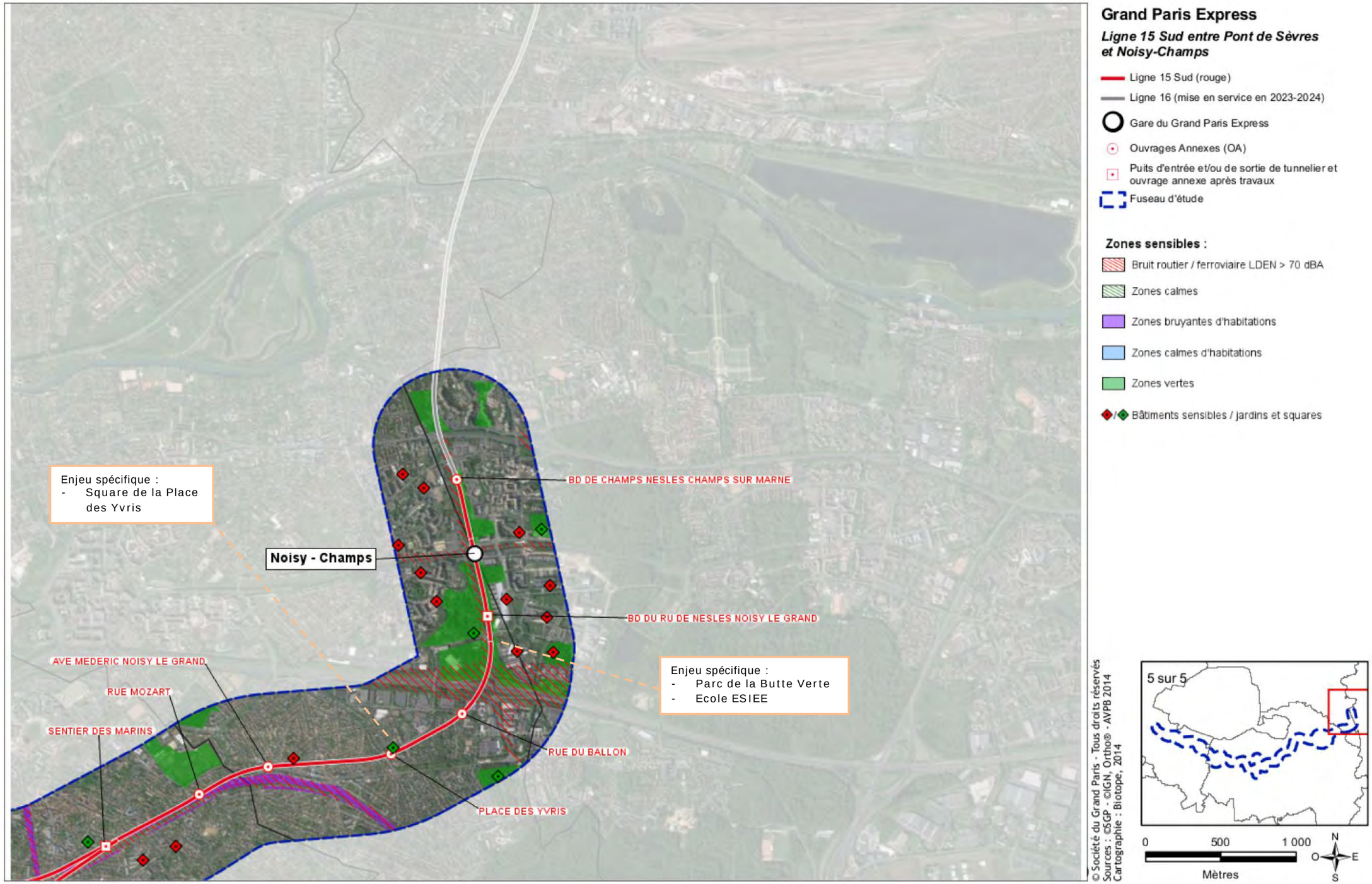
Synthèse de l'environnement sonore existant et localisation des zones sensibles – section Les Ardoines – Champigny Centre



Synthèse de l'environnement sonore existant et localisation des zones sensibles – section Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny



Synthèse de l'environnement sonore existant et localisation des zones sensibles – section Bry Villiers Champigny – Noisy-Champs



2.23 Ondes électromagnétiques

2.23.1 Généralités

Il existe des ondes électromagnétiques naturelles sur l'ensemble de la surface terrestre :

- Le champ magnétique terrestre (qui permet d'orienter les boussoles) existe sur l'ensemble du globe terrestre. Il est de l'ordre de 60µT en France. Un aimant courant produit un champ magnétique de l'ordre de 1T ;
- Un champ électrique naturel résultant de la charge positive ou négative des molécules. Les traductions de ce champ sont les phénomènes électriques pendant les orages (éclairs, foudre) et les phénomènes d'électricité statique. Ces champs sont généralement faibles et non perceptibles par l'Homme ;
- Des ondes électromagnétiques naturelles qui résultent de la circulation et de la vibration des particules élémentaires de la matière que sont les électrons et d'autres (photons pour la lumière).

Les ondes électromagnétiques artificielles sont très répandues également. Elles ont la même origine (la circulation et la vibration d'électrons ou autres particules) et résultent :

- D'éléments naturels modifiés par l'Homme : les aimants sont par exemple des métaux dont le champ magnétique a été artificiellement augmenté ;
- D'éléments artificiels produisant un champ magnétique : ces éléments sont rares et spécifiquement conçus pour le champ magnétique produit ;
- D'éléments artificiels produisant à la fois un champ électrique et un champ magnétique, regroupés en champ électromagnétique : tout élément conducteur raccordé à un réseau électrique (le réseau EDF ou un circuit local) produit un champ électromagnétique dont les caractéristiques dépendent des propriétés du courant électrique et de la matrice dans laquelle se trouve le conducteur. Ce champ électromagnétique est à l'origine des ondes électromagnétiques.

La matrice est très souvent l'air, mais cela peut être le sol (câbles souterrains), l'eau ou un matériau artificiel (mur de bâtiment, dalle, enveloppe d'un appareil).

Un matériau conducteur peut également créer un courant électrique induit dans un autre matériau conducteur dans certaines conditions. Cette propriété est utilisée dans certains systèmes de freinage de transports en commun.

Des éléments ci-dessus, il ressort donc que les ondes électromagnétiques sont partout, et d'autant plus présentes que le réseau de conducteurs électrifiés est dense. Une zone fortement urbanisée, telle que la zone du fuseau de la Ligne 15 Ouest du réseau de transport du Grand Paris, est donc fortement soumise aux ondes électromagnétiques.

2.23.2 Principes d'analyse des ondes électromagnétiques

L'étude des ondes électromagnétiques et de leurs effets nécessitent la prise en compte de trois éléments :

- La source : élément produisant les ondes, un appareil électrique ou un câble transporteur en général ;
- Un vecteur : élément parcouru par l'onde, en général l'air, mais cela peut être de l'eau ;
- Une cible : élément sur lequel vont être étudiés les effets des ondes électromagnétiques.

Le rayon d'action d'un champ électromagnétique et ses actions dépendent directement du vecteur et de ses propriétés. L'air présente une capacité bien définie à véhiculer les ondes électromagnétiques qui est fonction de la distance source-cible.

Pour une analyse précise, il faudrait prendre en compte les phénomènes électriques existant dans l'air : il ne se passe pas les mêmes choses en période orageuse ou en période de beau temps calme.

Il dépend aussi des caractéristiques de la source :

- La fréquence des ondes produites,
- La tension et l'intensité du courant concerné.

Enfin, il dépend des caractéristiques de la ou des cibles :

- Chaque type de cible est sensible à une gamme de fréquences donnée :
    - L'oreille humaine et le corps humain ne perçoivent qu'une petite partie des fréquences,
    - Certains appareils sont sensibles à ce type d'ondes pour des gammes de fréquences données et voient leur fonctionnement perturbé.
- La distance de la cible à la source.

Pour un matériel de transport de type train, les sources sont les suivantes :

- La caténaire :
    - En l'absence de train, elle se comporte comme un câble transporteur et émet donc des ondes basse fréquence (50Hz),
    - En présence d'un train, le défaut de contact caténaire – pantographe engendre des ondes haute fréquence,
- Les rails : non électrifiés, et en contact avec le sol, ils émettent des courant de fuite qui peuvent engendrer des perturbations,
- Les dispositifs de traction et circuits électriques présents sur la locomotive : ils sont à l'origine d'ondes basse fréquence.

Remarque :
Avec le développement important de la téléphonie mobile, en particulier des smartphones et de la technologie 3G et 4G, la présence des ondes électromagnétiques dans des zones de fortes concentration humaine devient de plus en plus forte : avec un téléphone portable pour quasiment un passager, la présence des ondes électromagnétiques dans les rames, mais aussi sur les quais et dans les gares devient très importante.

Les cibles sont composées des éléments sensibles :

- Les passagers et personnels d'exploitation présents dans le train et sur les quais ;
- Les personnes situées en deçà d'une distance donnée dépendant des caractéristiques des ondes et de celle des vecteurs ;
- Les établissements sensibles à ce genre d'onde, notamment les hôpitaux ou laboratoires de recherche (en raison des appareillages utilisés) ;
- à plus large échelle : toute source d'onde pouvant être modifiée par un champs électromagnétique ayant des caractéristiques suffisantes (fréquence, puissance ou amplitude). Par exemple, un radar émettant des ondes à une fréquence donnée pour la détection verra son fonctionnement perturbé par la circulation d'ondes de même fréquence dans sa zone d'action.

2.23.3 Valeurs limites recommandées

La recommandation du Conseil européen du 12 juillet 1999 relative à la limitation de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques (1999/519/CE) fixe les niveaux de référence.

Une restriction de base a été définie sur des effets sur la santé et des considérations biologiques. Pour la gamme allant de 4 à 1000Hz, elle est de 2mA/m². Cette valeur correspond à la valeur efficace d'une densité de courant.

Ondes électromagnétiques - Niveaux de référence – Recommandation 1999/519/CE

Recommandation	Intensité du champ électrique (V/m)	Intensité du champ magnétique (A/m)	Densité de flux magnétique (µT)
Pour la gamme 0,025 – 0,8 kHz	250/f	4/f	5/f
Pour 50 Hz	5 000	80	100

Ces valeurs ont été reprises par le décret 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux ondes électromagnétiques.

Limites maximales d'exposition aux champs électromagnétiques des sources les plus courantes – Bureau régional Europe de l'OMS

Source	Intensité du champ électrique (V/m)	Densité de flux magnétique (µT)
Champs naturels	200	70 (champ magnétique terrestre)
Energie électrique (loin des lignes HT)	100	0
Energie électrique (sous les lignes HT)	10 000	20
Trains électriques et tramways	300	50
Ecrans TV à tube	10	0,7

Le tableau ci-dessus permet de constater que les champs électromagnétiques émis par les trains restent en dessous des seuils réglementaires.

Dans un train, l'exposition des voyageurs est due essentiellement à l'alimentation électrique du train. Dans une voiture de voyageurs, le champ magnétique au niveau du plancher peut atteindre plusieurs centaines de micro-teslas, la valeur étant plus faible (quelques dizaines de micro-teslas) dans le reste de la zone de présence. L'intensité du champ électrique peut atteindre 300V/m.

2.23.4 Etat des lieux des ondes électromagnétiques

D'une manière générale, plus la densité de bâtiments est forte, plus les ondes électromagnétiques sont présentes.

La très forte densité de l'urbanisation sur la quasi-totalité du fuseau de la Ligne 15 Sud rend cette problématique sensible. Dans chaque bâtiment, les sources d'ondes sont potentiellement nombreuses :

- Câbles d'alimentation électrique du bâtiment et de toutes les sous unités (logements, bureaux, autres),
- Appareils électriques en tous genres :
  - Pour le logement : téléphones, en particulier portables, télévision, four micro-ondes, ordinateurs…,
  - Pour les bureaux : téléphones, en particulier portables, ordinateurs, copieurs, etc.
  - Appareils spécifiques : pour certaines activités des appareils sont des sources importantes d'ondes électromagnétiques.

Par ailleurs, les réseaux d'antennes extérieures (principalement téléphonie mobile et télévision) sont très denses dans la zone couverte par le fuseau.

Afin de déterminer plus exactement les niveaux d'ondes électromagnétiques internes au fuseau, ce dernier a été parcouru avec un véhicule équipé d'un dosimètre en octobre 2014 qui a analysé en temps réel les services FM, TV, PMR, téléphonie mobile, WIFI.

L'analyse a été effectuée en suivant les routes praticables internes à la zone de passage préférentiel de la Ligne 15 Sud. Trois sections de 10km ont été considérées, comme le montrent les figures ci-contre. Après analyse des résultats, 12 points ont été retenus (secteurs où les ondes les plus fortes ont été enregistrées) dans le but de réaliser des mesures spectrales détaillées, selon le protocole ANFR V3 ; ainsi que des mesures de champs magnétiques 50Hz, selon la norme CEI 62110 (méthode en 1 point).

L'itinéraire (en rouge sur l'image suivante) a été emprunté. Toutes les 4s, un relevé des champs électromagnétiques ambiants a été réalisé, dans les services : FM, TV, PMR, Téléphonie Mobile 900 – 1800 – 2100, DECT, WIFI et WIMAX.

Les points « chauds » retenus lors de la cartographie du parcours au dosimètre, points pour lesquels les niveaux de champs électromagnétiques étaient supérieurs aux autres, sont répartis de la manière suivante :

- Mesure n°1 : Quai de Stalingrad – ISSY LES MOULINEAUX
- Mesure n°2 : Croisement Sentier des Tricots et avenue Gabriel Péri – ISSY LES MOULINEAUX

- Mesure n°3 : Croisement rue Pierre Semard et avenue du Général de Gaulle - BAGNEUX
- Mesure n°4 : Croisement avenue Louis Aragon et rue Jean Jaurès – VILLEJUIF
- Mesure n°5 : Croisement rue de Kladno et avenue Youri Gagarine – VITRY SUR SEINE
- Mesure n°6 : Rue du 8 mai 1945 – VITRY SUR SEINE
- Mesure n°7 : Croisement rue du Bel air et rue de Choisy – VITRY SUR SEINE
- Mesure n°8 : Avenue du Général de Gaulle - CRETEIL
- Mesure n°9 : 401 rue du Port – CRETEIL
- Mesure n°10 : Croisement Quai Beaubourg et rue de l'Abbaye – ST MAUR DES FOSSES
- Mesure n°11 : Rue Jean Jaurès – VILLIERS SUR MARNE
- Mesure n°12 : Rondpoint de l'avenue de l'Etoile – NOISY LE GRAND



Linéaire d'analyse et points « chauds » retenus pour les mesures détaillées

2.23.5 Mesures de champs électromagnétiques

Le décret n° 2002-775 du 03 mai 2002 qui définit les valeurs limites d'exposition pour le public, est une transposition de la recommandation du conseil de l'Union Européenne n° 1999/519/CE du 12 juillet 1999.

Gamme de fréquences	Champ électrique (V/m)
0 – 1 Hz	-
1 – 25 Hz	10 000
0.025 – 3 kHz	250/*f*
0.003 – 1 MHz	87
1 – 10 MHz	$87/f^{1/2}$
10 -400 MHz	28
400 – 2000 MHz	$1.375\ f^{1/2}$
2 – 300 GHz	61

Niveaux de références concernant les ondes électromagnétiques

Le protocole a été le suivant :

- Dès l'arrivée sur le site, une recherche des émetteurs visibles en fonction des lieux de vie et du souhait des personnes concernées est effectuée. A l'aide d'une sonde large bande (100 kHz à 6 GHz), le champ électrique est mesuré, à 1,5m du sol et à différents endroits de la zone à vérifier. L'analyse selon le protocole ANFR est généralement sur le point où il y a le champ électrique le plus élevé. ;
- En accord avec le protocole ANFR, l'analyse de ce point est réalisée en plusieurs étapes :
    - le « CAS A » qui consiste à mesurer le champ électrique, à 1,1m, 1,5m et 1,7m du sol,
    - le « CAS B » qui consiste à mesurer, à l'aide d'un analyseur de spectre aux 3 hauteurs (à 1,1m, 1,5m et 1,7m du sol), les champs électromagnétiques entre 100kHz et 6GHz de chaque service (Radio AM/FM, TV, GSM900 par exemple) mais aussi de connaître avec précision les fréquences des émetteurs générant les niveaux les plus élevés.

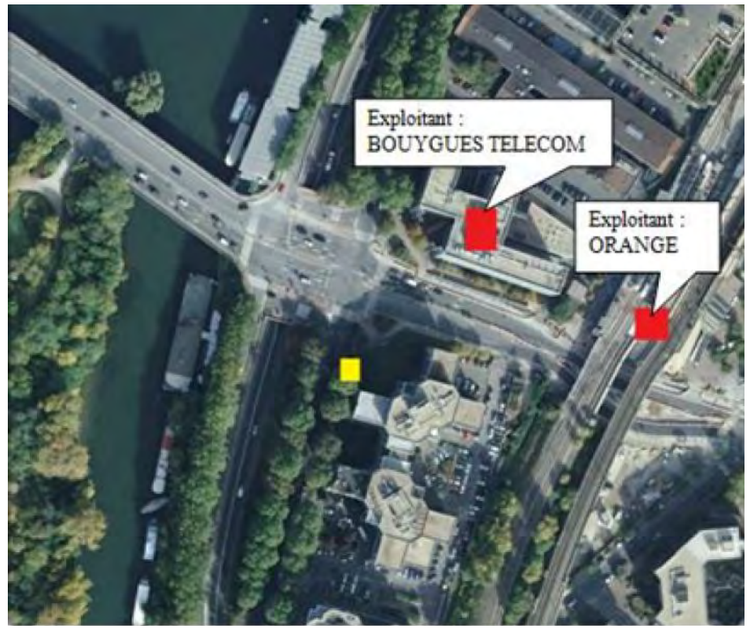
  Particularité pour les mesures GSM 900, GSM 1800 et UMTS. Les niveaux mesurés fluctuant en fonction du nombre de communications en cours, une extrapolation au trafic maximum est effectuée. Le résultat est donc systématiquement l'image du cas théorique le plus défavorable.
- Analyse des résultats, rédaction du rapport et transmission à l'ANFR.

Ainsi :

- Pour la mesure n°1, le champ électrique total mesuré est de 0,56 V/m, ce qui représente 2,00 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°2, le champ électrique total mesuré est de 0,58 V/m, ce qui représente 2,07 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°3, le champ électrique total mesuré est de 0.33 V/m, ce qui représente 1,18 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°4, le champ électrique total mesuré est de 0,27 V/m, ce qui représente 0,96 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°5, le champ électrique total mesuré est de 0,30 V/m, ce qui représente 1,07 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°6, le champ électrique total mesuré est de 0,41 V/m, ce qui représente 1,46 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°7, le champ électrique total mesuré est de 0,39 V/m, ce qui représente 1,39 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°8, le champ électrique total mesuré est de 0,31 V/m, ce qui représente 1,11 % de la valeur limite la plus basse applicable ;
- Pour la mesure n°9, le champ électrique total mesuré est de 0,42 V/m, ce qui représente 1,50% de la valeur limite la plus basse applicable.
- Pour la mesure n°10, le champ électrique total mesuré est de 0,23 V/m, ce qui représente 0,82 % de la valeur limite la plus basse applicable.
- Pour la mesure n°11 le champ électrique total mesuré est de 0,38 V/m, ce qui représente 1,36 % de la valeur limite la plus basse applicable.
- Pour la mesure n°12, le champ électrique total mesuré est de 0,20 V/m, ce qui représente 0,71 % de la valeur limite la plus basse applicable.

Pour chaque mesures ci-dessus, les différentes valeurs enregistrées aux différentes gammes de fréquences (cf. tableau précédent) ont été moyennées, afin d'obtenir un résultat plus facilement lisible.

Les mesures faites sur site concluent au respect des niveaux de référence définis dans le décret n°2002-775 du 3 mai 2002, pour les 9 emplacements de mesure pris au sein du fuseau de la Ligne 15 Ouest, dans la zone de passage préférentiel de l'infrastructure.



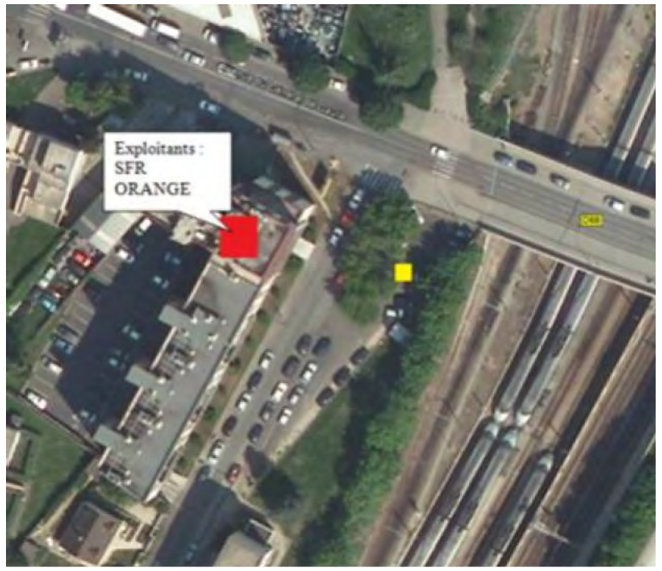
Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 1 (Quai de Stalingrad – proche rue Rouget de Lisle – Issy Les Moulineaux)



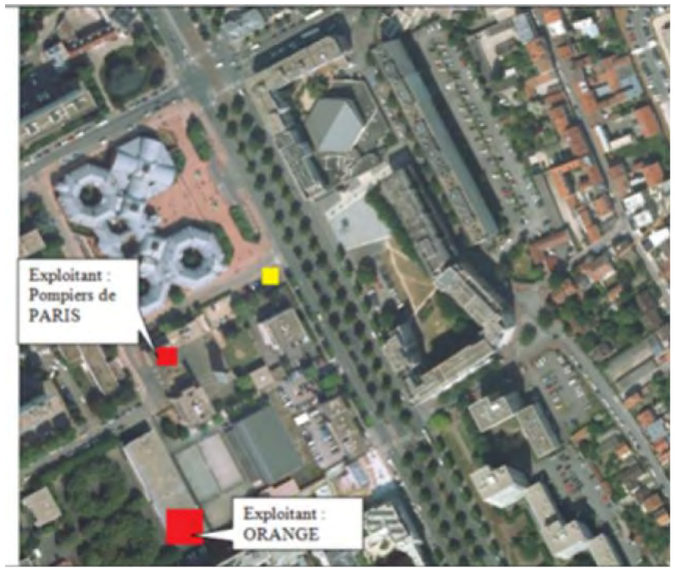
Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 2 (Croisement Sentier des Tricots et avenue Gabriel Péri – ISSY LES MOULINEAUX)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 3 (Croisement rue Pierre Semard et avenue du Général de Gaulle - BAGNEUX)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 5 (Croisement rue de Kladno et avenue Youri Gagarine – VITRY SUR SEINE)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 4 (Croisement avenue Louis Aragon et rue Jean Jaurès – VILLEJUIF)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 6 (Rue du 8 mai 1945 (face à La Poste) – VITRY SUR SEINE)



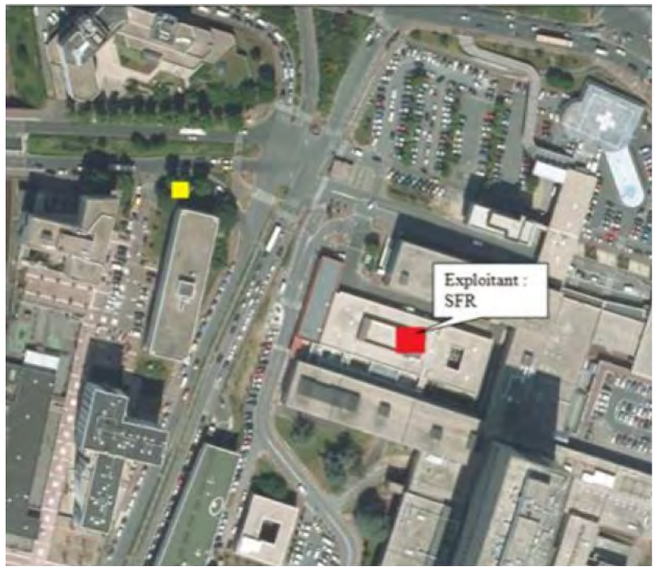
Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 7 (Croisement rue du Bel Air et rue de Choisy – VITRY SUR SEINE)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 9 (401 rue du Port - CRETEIL)



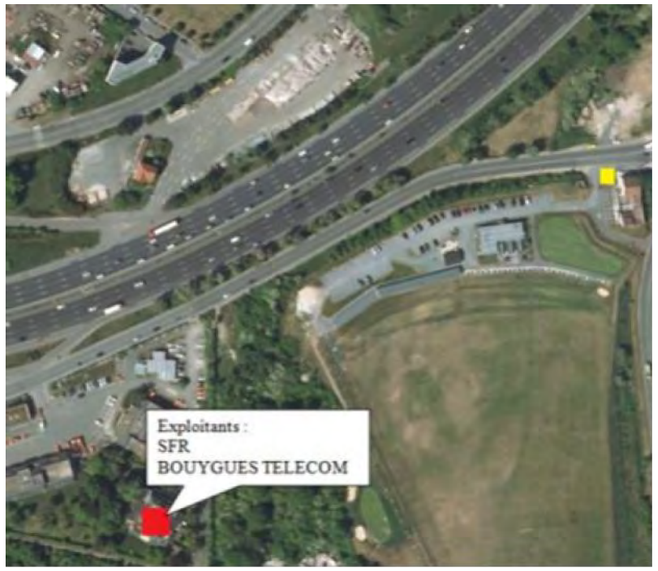
Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 8 (Avenue du Général de Gaulle – Devant le « Don du Sang »- CRETEIL)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 10 (Croisement Quai Beaubourg et rue de l'Abbaye – ST MAUR DES FOSSES)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 11 (Rue Jean Jaurès – Parking du PARADIS – VILLIERS SUR MARNE)



Mesure au point choisi
Émetteurs à proximité

Localisation du point de mesure 12 (Rond point de l'avenue de l'Etoile – NOISY LE GRAND)

2.23.6 Mesures de champs magnétiques à la fréquence 50 Hz

La Recommandation du Conseil 1999/519/CE fixe la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques (0 Hz à 300 GHz). Cette recommandation du conseil est reprise partiellement en droit français sous le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 publié au J.O.R.F. du 5 mai 2002.

Cette recommandation a pour objectif de protéger la santé du public et s'applique donc en particulier aux zones concernées dans lesquelles le public passe un temps significatif au regard des effets relevant de la présente recommandation.

Les limites concernent les niveaux de référence du champ électrique E (V/m), du champ magnétique H (A/m), de l'induction magnétique B (µT), de la densité de puissance équivalente en onde plane S_{eq} (W/m2) et du courant de contact d'objets conducteurs (mA). Les limites sont aussi définies par les restrictions de base : densité de courant (Ji) et par des niveaux de référence avec des grandeurs plus facilement mesurables telles que le champ électrique ou le champ magnétique.

A 50 Hz, la Recommandation fixe ainsi un niveau de référence de 100 µT pour le public.

La méthode de la mesure en un point à une distance d'un mètre au-dessus du sol selon la norme CEI 62110 : 2009 a été utilisée pour réaliser les relevés.

Les points de mesures définis ci-dessus ont été conservés pour effectuer les mesures de champ magnétique.

Les résultats mesurés sont présentés ci-dessous :

Résultats des mesures de champ magnétique

Emplacement de la mesure	Champ magnétique mesuré à 1m du sol (µT)	% par rapport à la limite
Mesure n°1	0,215	0,215
Mesure n°2	0,149	0,149
Mesure n°3	0,048	0,048
Mesure n°4	0,023	0,023
Mesure n°5	0,027	0,027
Mesure n°6	0,011	0,011
Mesure n°7	0,032	0,032
Mesure n°8	0,057	0,057
Mesure n°9	0,01	0,01
Mesure n°10	0,02	0,02
Mesure n°11	0,065	0,065
Mesure n°12	0,046	0,046

Les niveaux de référence définis dans le décret n°2002-775 du 3 mai 2002 sont respectés pour les 12 emplacements de mesure.

2.23.7 Synthèse des enjeux liés aux ondes électromagnétiques

La zone est imprégnée par les ondes électromagnétiques du fait de la forte urbanisation.

Certains points le sont encore plus du fait de concentration de sources : Gennevilliers, Asnières-sur-Seine, Bois-Colombes, Puteaux, Nanterre, Rueil-Malmaison, Saint-Cloud et Boulogne-Billancourt.

Toutefois, et suite au mesures sur site, les niveaux d'ondes électromagnétiques enregistrés sont relativement faibles et dans tous les cas inférieurs aux seuils réglementaires applicables.

Hiérarchisation des enjeux liés aux ondes électromagnétiques

Section	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques Seuils réglementaires respectés sur toute la section

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu Faible	Enjeu Modéré	Enjeu Fort

2.24 Santé et sécurité

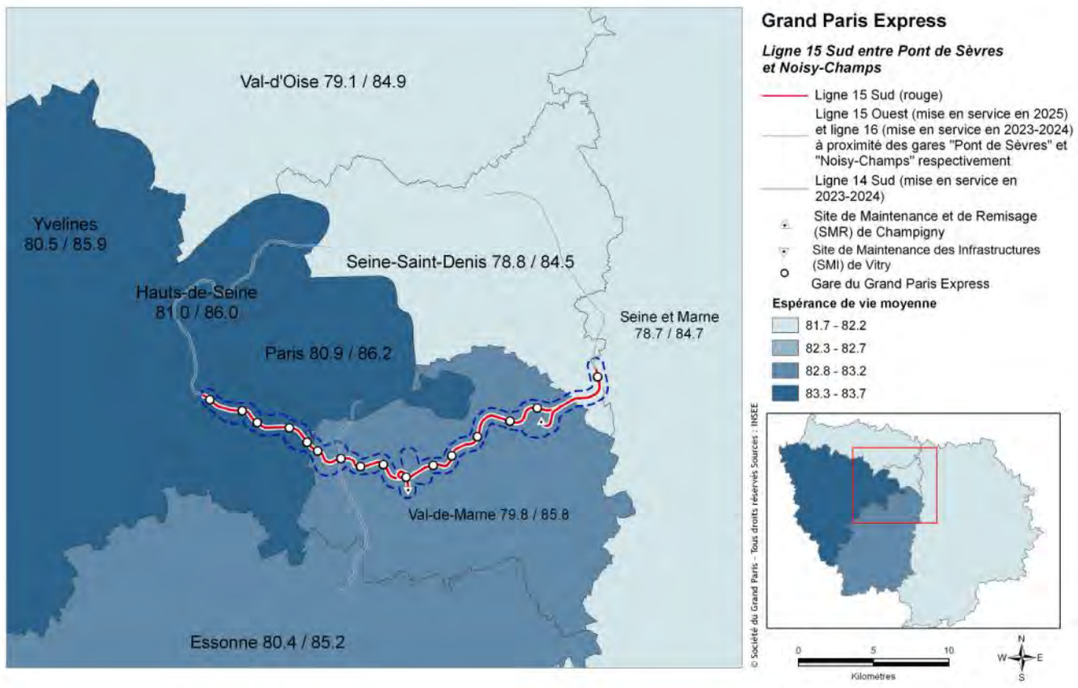
La santé et la sécurité concernent de nombreux domaines tels que la qualité de l'air, les nuisances sonores, les accidents de la route ou encore le sentiment d'insécurité à proximité des gares. Après un aperçu des indicateurs globaux de santé en Ile-de-France, ces différents domaines seront donc passés en revue. Les nuisances sonores ne seront cependant abordées que du point de vue de leurs impacts possibles sur la santé humaine puisqu'elles font l'objet d'un chapitre spécifique.

2.24.1 Indicateurs généraux de la santé des Franciliens

2.24.1.1 L'espérance de vie

La santé en Ile-de-France est dans l'ensemble satisfaisante. L'espérance de vie à la naissance des hommes est la plus élevée du pays (80,1 ans), celle des femmes arrive aussi en première position ex aequo avec la Région Rhône-Alpes (85,5 ans).

Dans les départements traversés par le fuseau d'étude, les espérances de vie des hommes comme des femmes restent globalement élevées par rapport au reste de la France mais il existe un léger gradiant avec des espérances de vie plus élevées que la moyenne régionale à l'Ouest qui diminuent progressivement vers des valeurs inférieures à la moyenne régionale à l'Est.



Espérance de vie à la naissance pour les deux sexes (H/F) dans les départements à proximité du projet (Source : données INSEE, 2012)

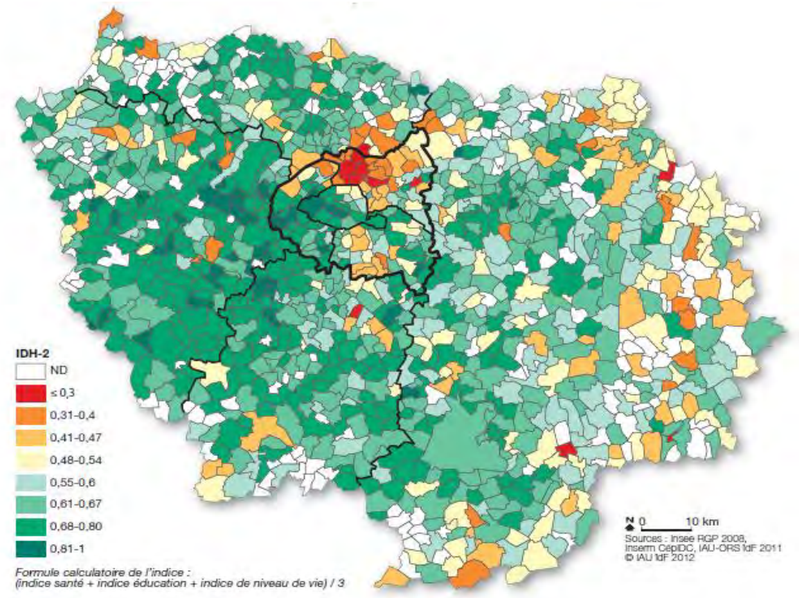
2.24.1.2 Mortalité

En Île-de-France, plus de 30% des décès surviennent avant 65 ans (21 000 sur 71 000 décès par an en Ile-de-France, données 2011), principalement chez les hommes. Pour ces derniers, cette mortalité prématurée est de 231,4 décès/100 000 hab[109] (moyenne nationale de 274,6) tandis qu'elle est de 117,9 décès/100 000 hab pour les femmes (125,3 moyenne nationale).

La cause de mortalité la plus fréquente, chez les femmes, est le cancer du sein ; chez les hommes, il s'agit du cancer des poumons. Les accidents de la circulation, les infarctus, les suicides, l'alcoolisme et les cancers des voies aéro-digestives constituent à parts égales, tant chez les hommes que les femmes, des causes de mortalité fréquentes.

2.24.1.3 L'indicateur de développement humain IDH-2

Un nouvel indicateur, l'IDH-2, reprenant les trois dimensions de l'IDH-1 mais avec des indicateurs mieux adaptés à la situation française, a été développé et appliqué à la région Île-de- France. Les indicateurs (ou les données nécessaires à leur construction) sont disponibles auprès de l'INSEE pour les principales entités administratives. Les trois indicateurs dimensionnant l'IDH-2 sont : l'indicateur de santé, l'indicateur d'éducation et enfin l'indicateur de revenu.



L'indicateur de développement humain (IDH-2) dans les communes d'Ile-de-France en 2008. (Un développement humain en progrès au niveau régional - Novembre 2012, IAU-IDF)

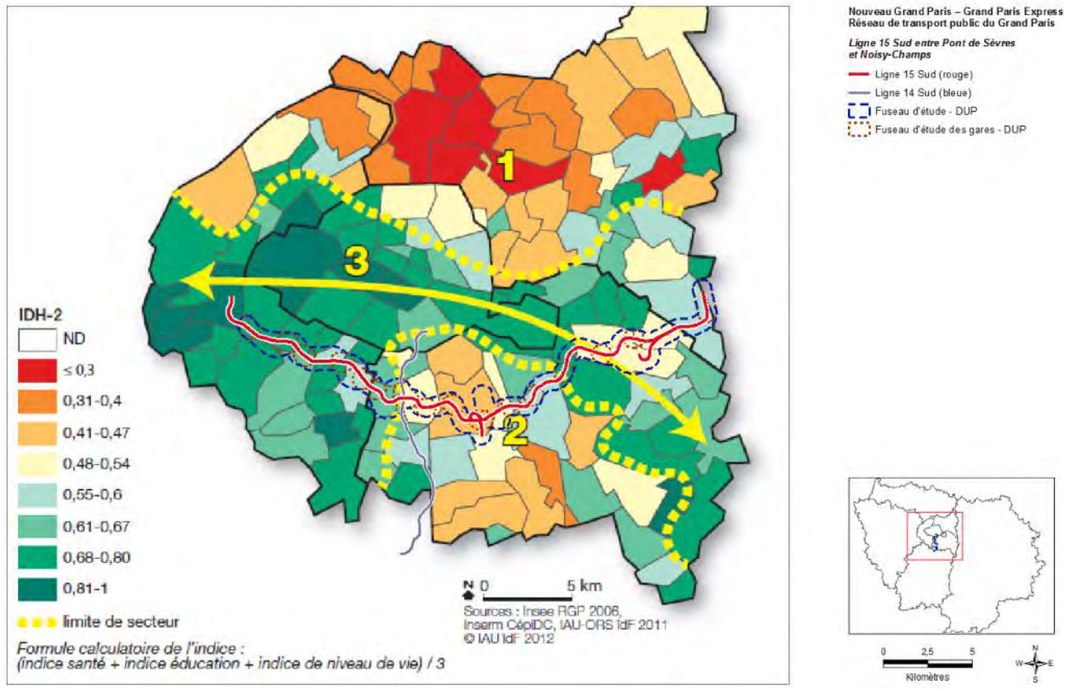
[109] Chiffres Insee 2010

La cartographie de l'IDH-2 dans les arrondissements parisiens et les communes de proche couronne montre de forts contrastes. Trois secteurs bien distincts se dessinent[110] :

- Le secteur 1, au Nord, regroupe une grande partie de la Seine-Saint-Denis, quelques communes du Nord des Hauts-de-Seine et deux arrondissements parisiens. C'est dans ce secteur que l'on observe les plus faibles valeurs de l'IDH-2 (souvent inférieures à 0,4).

- Le secteur 2, au Sud, regroupe une grande partie Ouest du Val-de-Marne. Les valeurs de l'IDH-2 y sont également basses mais plus élevées dans l'ensemble que celles du secteur 1 (la plupart sont comprises entre 0,4 et 0,6).

- Le secteur 3 se présente comme un «couloir le long de la Seine » compris entre les deux premiers secteurs couvrant une partie du Val-de-Marne, de Paris et des Hauts-de-Seine. Les valeurs de l'IDH-2 y sont très élevées et ont tendance à progresser d'Est en Ouest. Dans ce secteur, certaines valeurs de l'IDH-2 sont supérieures à 0,8. L'analyse des liens entre les trois dimensions constitutives de l'IDH-2 dans les communes franciliennes montre une forte corrélation entre les dimensions « revenus » et « éducation » (coefficient de corrélation de 0,81 en 2008). L'indicateur « santé » est plus indépendant des deux autres (coefficient de corrélation de 0,33 en 2008 avec l'indicateur « éducation » et de 0,36 avec l'indicateur « revenus »). Une légère progression des corrélations entre santé et revenus est constatée, ce qui pourrait être l'illustration d'une augmentation des inégalités sociales de santé dans la région depuis dix ans.



IDH-2 Zoom sur la petite couronne (Un développement humain en progrès au niveau régional - Novembre 2012, IAU-IDF)

[110] IAU IDF Un développement humain en progrès au niveau régional Novembre 2012

2.24.1.4 Indice global de qualité de vie et du bien-être

Il existe deux indicateurs qui proposent de qualifier le niveau de vie et de bien-être de la population francilienne. Ce sont : l'IQE, indice de qualité environnementale et l'IQS, indice de qualité de vie socio-économique[111]. L'IQE concerne les thèmes suivants : air et bruit, climat, eau, espace, faune et flore, utilisation des ressources et l'IQS : collectivité, égalité, richesse, santé et population, savoir et culture.

De manière générale, la performance (IQE/IQS) de la France et celle de l'Île-de-France sont très proches[112]. La performance de l'IQE pour l'Ile-de-France (67) est légèrement inférieure à celle de la France (69). En revanche, la performance de l'IQS (57) est meilleure que celle observée pour la France (55). Ces données ne sont actuellement pas disponibles au niveau départemental ou communal.

2.24.2 Qualité de l'air

2.24.2.1 Introduction

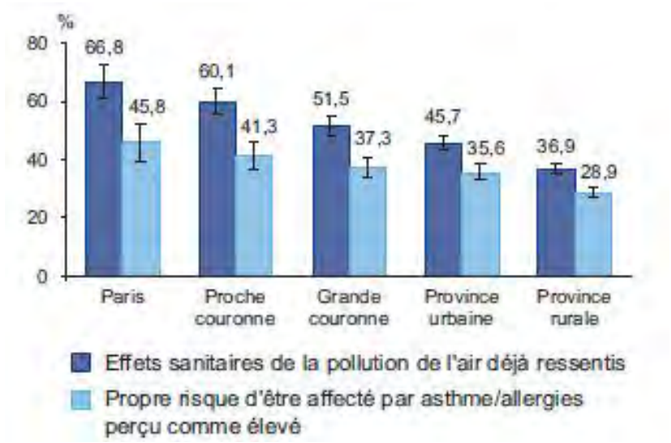
La pollution atmosphérique est un problème majeur pour l'environnement et la santé des habitants dans de nombreuses villes européennes, et Paris et sa région n'échappent pas à ce constat.

Pourtant, l'Ile-de-France jouit d'un climat qui facilite la dispersion des polluants de l'air à travers des brassages et des lessivages de l'atmosphère, grâce à des vents modérés et des pluies fréquentes. Malgré ce climat propice à la dispersion, la pollution de l'agglomération parisienne est fortement tributaire des conditions météorologiques et peut connaître des concentrations particulièrement accrues en polluants lorsque certains phénomènes météorologiques apparaissent.

Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine (problèmes respiratoires, cardiaques…) sont de mieux en mieux connus et quantifiés[113]. En Ile-de-France, des études de risques ont été menées afin de mesurer l'impact des polluants atmosphériques sur la santé humaine. De telles études ont permis de montrer que certains polluants peuvent provoquer des irritations et des problèmes respiratoires graves, surtout chez l'enfant. D'autres favorisent l'augmentation de la mortalité pour causes respiratoires et cardio-vasculaires.

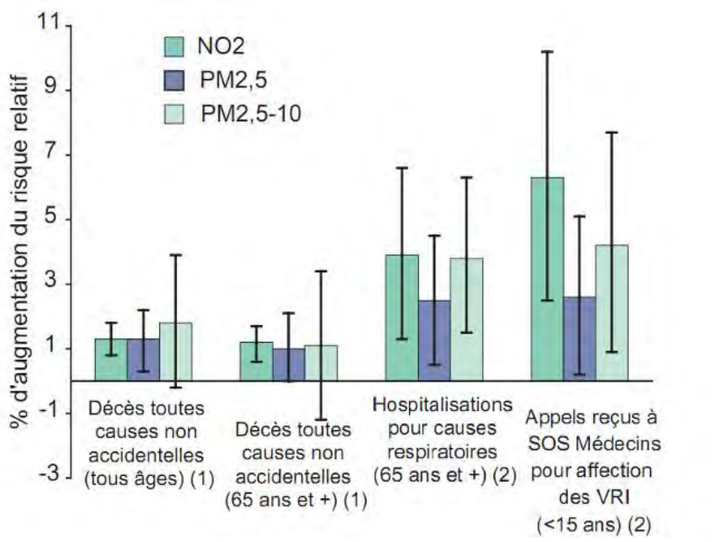
Plus de huit Franciliens sur dix (86%)[114] considèrent que la pollution de l'air extérieur présente un risque plutôt élevé ou très élevé pour leur santé. De plus, la majorité des Franciliens (58%) déclarent avoir déjà ressenti les effets de la pollution de l'air extérieur sur leur santé ou celle de leur entourage proche, soit une proportion nettement supérieure à celle des provinciaux (40%).

[111] Source : IAU-IdF.
[112] IAU IDF Un indice global de qualité de vie et de bien-être, 4 mai 2011
[113] DIREN Ile-de-France, 2008, « Le Profil environnemental de l'Ile-de-France, pollutions et nuisances », 21 janvier 2010
[114] ORS IDF, Les perceptions de la pollution de l'air extérieur en Ile-de-France, Dorothée Grange, Cécile Sommen, Isabelle Grémy, 2010.



Ressenti des effets sanitaires et perception de son propre risque selon le lieu de résidence (Les perceptions de la pollution de l'air extérieur en Ile-de-France, Dorothée Grange, Cécile Sommen, Isabelle Grémy, ORS IDF)

Les problèmes environnementaux spécifiques à la région d'Île-de-France ont également une influence sur la santé des franciliens. Les effets de la pollution atmosphérique à long et court termes sont observables : augmentation des hospitalisations, maladies respiratoires et cardio-vasculaires, etc.



Excès de risque relatif (%) de décès, d'hospitalisation et de recours à SOS Médecins pour une augmentation de 10µg/m^3 du niveau de concentration de polluant (La Santé des Franciliens – synthèse 2010, ORS Ile-de-France)

Le tableau suivant recense les principales espèces chimiques gazeuses polluantes, et précise leurs origines respectives :

Principaux polluants gazeux et sources anthropiques principales

Espèce chimique	Symbole	Sources anthropiques principales
Particules fines de diamètre inférieur à 2,5µm	$PM_{2,5}$	Trafic routier, industrie (fumées), agriculture.
Particules fines de diamètre inférieur à 10µm	PM_{10}	Trafic routier, industrie (fumées), agriculture.
Oxyde d'azote / Dioxyde d'azote	NO / NO_2	Trafic routier, centres d'incinération, centrales thermiques.
Dioxyde de soufre	SO_2	Trafic routier, combustion, centrales thermiques.
Ozone	O_3	Issu de réactions entre espèces chimiques provenant de la production industrielle et automobile.

Selon une publication de l'OMS[115], la recherche expérimentale indique que la pollution atmosphérique aurait des effets sur le développement d'allergies et l'accroissement de leurs symptômes. D'autres montrent une augmentation du risque d'infarctus du myocarde, une incidence plus importante de cancers du poumon et des complications de grossesse. L'ozone et les particules fines $PM_{2.5}$ sont associés à de plus grands risques de morbidité respiratoire et de mortalité alors que les oxydes d'azote et les PM_{10} sont corrélés aux allergies. En particulier :

- Les particules en suspension ont des effets nuisibles sur la santé aux concentrations relevées en Île-de-France. Les cancers du poumon et les maladies cardiovasculaires en sont les principales conséquences. D'après l'OMS, la pollution en $PM_{2.5}$ en moyenne pour l'Union Européenne réduit l'espérance de vie de 8,6 mois.
- L'ozone joue un rôle dans l'apparition de maladies respiratoires et de l'asthme. D'après l'OMS, un accroissement de la mortalité quotidienne de 0,3% et des maladies cardiaques de 0,4% a lieu pour chaque augmentation de 10 µg/m^3 de la concentration en ozone.
- Le dioxyde d'azote a un effet sur les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique et sur la fonction pulmonaire pour les concentrations observées en Europe.
- Le dioxyde de souffre réagit avec l'eau pour former de l'acide sulfurique, responsable de pluies acides qui conduisent à la déforestation. Il enflamme le système respiratoire, provoque des bronchites et de l'asthme.

Plus précisément en Île-de-France, les résultats du programme Erpurs sont rappelés : « Lorsque le niveau de polluant passe d'un niveau de base (niveau non dépassé au cours des 18 jours les moins pollués de l'année) à un niveau médian (niveau atteint ou dépassé la moitié des jours de l'année), des augmentations sont observées, pouvant aller jusqu'à :

- 7,9% pour les hospitalisations pour asthme des moins de 15 ans, en rapport avec le dioxyde d'azote ;
- 5,1% pour les hospitalisations pour maladies respiratoires des moins de 15 ans, en rapport avec les particules fines ;
- 4,7% pour la mortalité pour causes respiratoires, en rapport avec les particules fines ;

[115] Health effects of transport-related air pollution: summary for policy-makers. Organisation Mondiale de la Santé, 2005

- 3,3% pour les hospitalisations pour maladies de l'appareil circulatoire, en rapport avec le dioxyde d'azote ;
- 2,4% pour la mortalité pour causes cardio-vasculaires, en rapport avec les particules fines ;
- 2% pour la mortalité toutes causes non accidentelles, en rapport avec le dioxyde d'azote ;
- 1,9% pour les hospitalisations pour broncho-pneumopathie chronique obstructive, en rapport avec l'ozone. »[116]

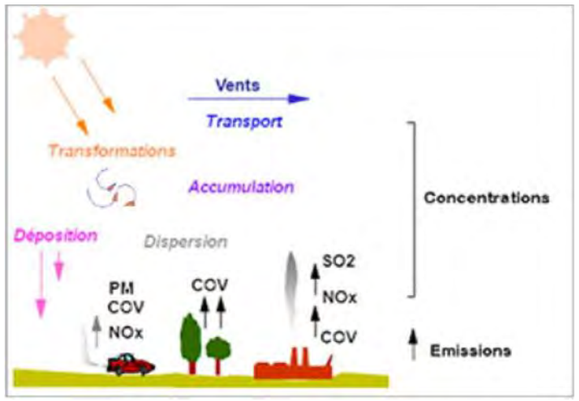
Les conséquences environnementales d'un air de mauvaise qualité peuvent également être importantes. Au niveau local, les polluants peuvent affecter les végétaux en provoquant, entre autres, une réduction de la croissance ou une résistance moindre à certains agents infectieux. Les polluants peuvent également altérer certains matériaux par corrosion (SO_2) ou provoquer le noircissement (poussières) des façades. Au niveau régional, la dégradation des sols et des espaces forestiers est essentiellement causée par les pluies acides (SO_2, NO_x) et l'ozone.

La pollution atmosphérique urbaine est très complexe, il est donc difficile de suivre précisément les concentrations de tous les polluants potentiels. Les connaissances actuelles permettent, cependant, d'étudier une série limitée de polluants pouvant être considérés comme de bons indicateurs du niveau général de pollution. Pour simplifier l'analyse, ce chapitre se focalise donc sur le dioxyde d'azote (NO_2), les particules fines (PM_{10}) et la pollution à l'ozone(O_3) qui sont des polluants ayant un impact marqué sur la santé et l'environnement et qui sont de bons indicateurs globaux de qualité de l'air. L'état initial concernant une série complémentaire de polluants (SO_2, benzène, COVNM, métaux lourds), sera rapidement passée en revue.

L'analyse portera sur les émissions ainsi que sur les concentrations de polluants :

- Les émissions de polluants correspondent aux quantités de polluants rejetées dans l'atmosphère par les sources naturelles et les activités humaines. Elles peuvent être exprimées en quantités annuelles (ex : kg/an) pour les sources ponctuelles ou selon leur densité par unité de surface (ex : kg/km²/an).
- Les concentrations de polluants caractérisent la qualité de l'air que l'on respire, et s'expriment le plus souvent selon leur concentration volumique (ex : µg/m³).

La qualité de l'air ne dépend pas seulement des émissions : Elle résulte d'un équilibre complexe entre la quantité de polluants rejetés dans l'air et d'autres phénomènes auxquels ces polluants vont être soumis une fois dans l'atmosphère sous l'action de la météorologie (transport, dispersion sous l'action du vent, dépôt ou réactions chimiques des polluants entre eux ou sous l'action des rayons du soleil, etc.) (Cf. Figure ci-contre).



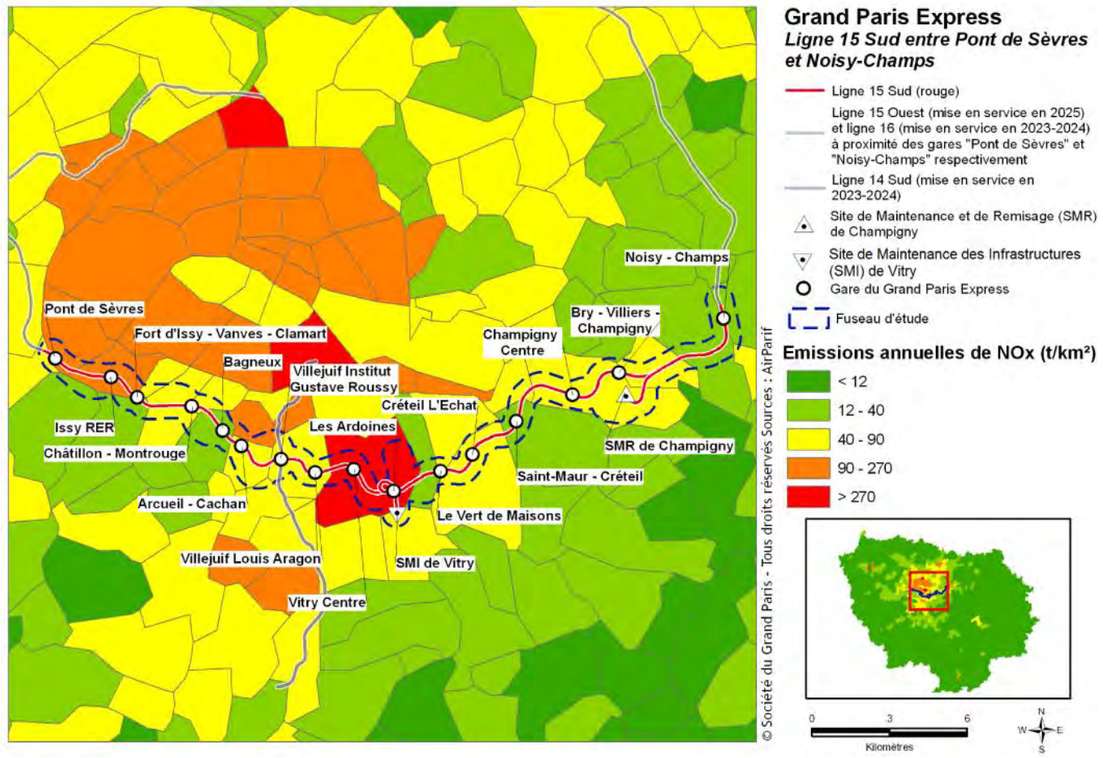
Représentation schématique des émissions et des concentrations de polluants atmosphériques et des phénomènes influents (source : AirParif)

2.24.2.2 Les oxydes d'azote (NOX)

Le NO_2, s'il est inhalé, provoque la création d'acide nitrique en réaction avec le contact entre ce gaz et la muqueuse des poumons. Il s'agit donc d'un polluant toxique et potentiellement mortel, mais seulement à très forte concentration. Sa présence est essentiellement due aux émissions rejetées par les moteurs diesel des véhicules routiers, ce qui en fait un bon indicateur du niveau de pollution en ville. Le NO n'a pas, quant à lui, d'effet particulier sur la santé ou sur l'environnement. Les données présentées rapportent les niveaux d'émission et de concentration de NO_X, dont font partie le NO_2 et le NO.

a. Émissions de NO_X

En 2008, les émissions de NO_X se concentrent surtout dans Paris, où les niveaux sont toujours supérieurs à 40 t/km². Le projet traverse des communes dont les émissions de NO_X sont très variées. Elles sont élevées (de 90 à 270 t/km²/an à hauteur des gares « Pont de Sèvres » et « Issy RER ») voire très élevées (supérieures à 270 t/km²/an à hauteur de la gare « Vitry Centre») au Nord. Ces émissions ont toutefois tendance à diminuer avec l'éloignement de Paris pour atteindre un niveau globalement intermédiaire (de 40 à 90 t/km²/an) au milieu ainsi qu'à l'Est de la Ligne 15 Sud.

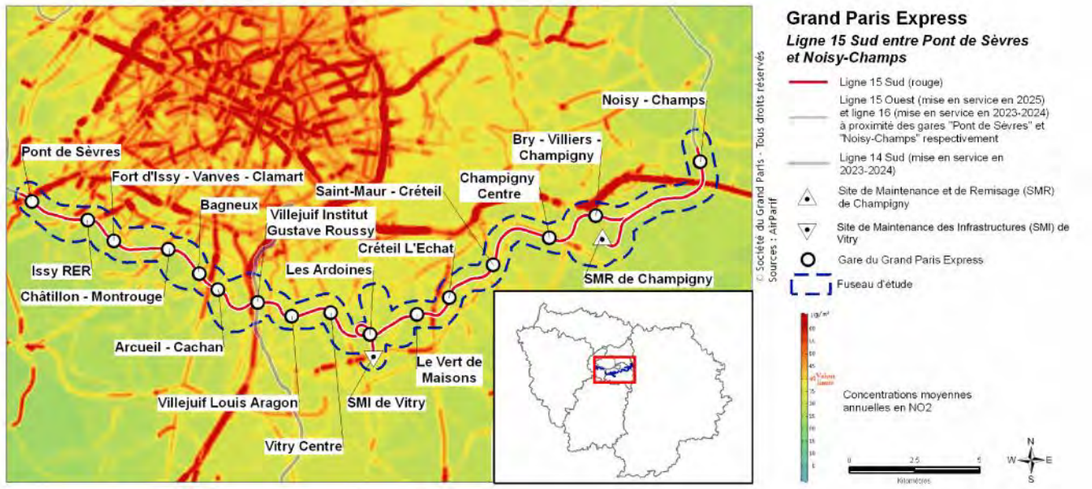


Niveaux d'émissions de NO_x/km² en 2008 à proximité de la Ligne 15 Sud (source : Airparif)

[116] Erpurs Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine sur la Santé 1987-2000, Observatoire Régional de santé d'Ile-de-France, janvier 2003

b. Concentrations de NO2

La carte des concentrations moyennes du NO_2 à l'échelle de l'Ile-de-France illustre cette répartition inégale entre la situation de fond où les objectifs de qualité sont largement respectés et les zones à proximité du trafic où la concentration moyenne dépasse la valeur limite annuelle (40 µg/m³). Plus de 3,5 millions de franciliens sont concernés par le dépassement de l'objectif de qualité. De plus, les niveaux de NO_2 sont, en moyenne, deux fois supérieurs aux valeurs limites dans le cœur d'agglomération, notamment au voisinage proche des axes de circulation (par exemple pour la station de mesure située à la Porte d'Auteuil). Ce sont plus de 2 millions de franciliens, résidant exclusivement dans l'agglomération parisienne, qui sont potentiellement exposés à des concentrations au-delà de la valeur limite de qualité de l'air[117].



Concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO_2) en Ile-de-France, fond et proximité du trafic en 2012 (source : Airparif)

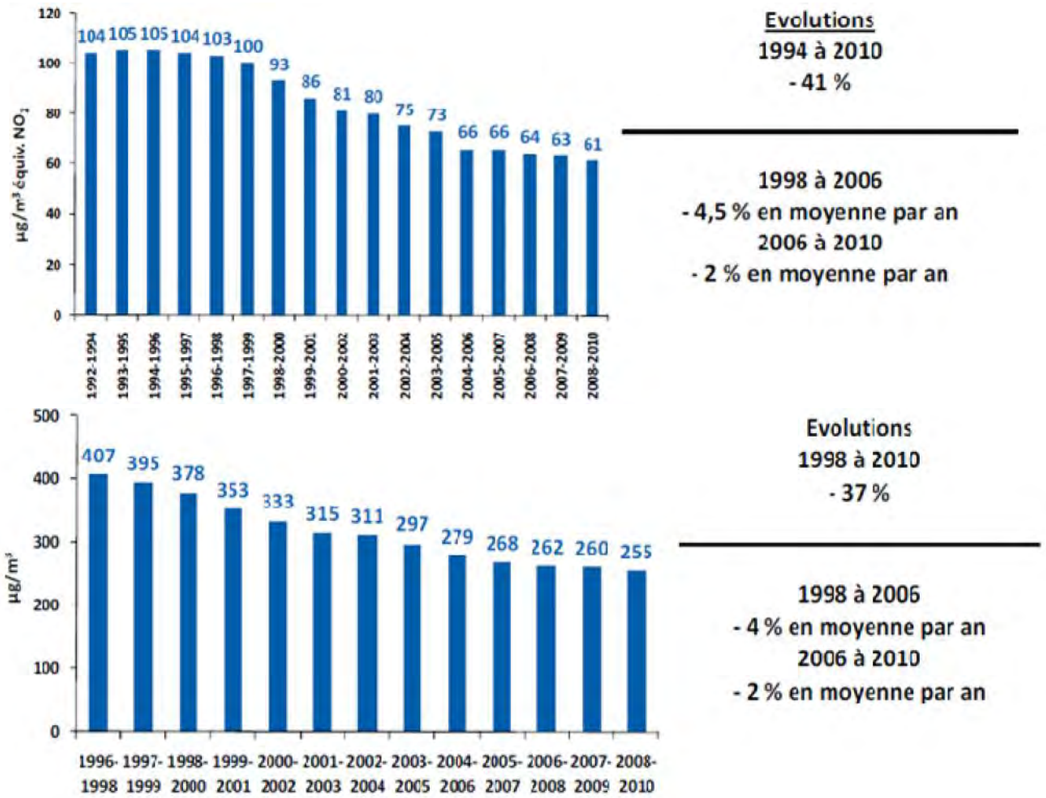
c. Tendances évolutives

Une baisse régulière de la concentration moyenne de NO_2 est constatée sur la période 1992-2010. Cette tendance est confirmée par le graphique de la concentration moyenne en NO_2 près du trafic (réalisé sur la période 1996-2010).

La période qui s'étend approximativement de 2005 à 2010 connaît une baisse moins forte que la période 1997-2005.

Au vu des tendances actuelles, la diminution de la concentration moyenne de NO_2 continuera dans les 20 prochaines années, si des mesures en lien avec la réduction, ou la limitation d'émissions de polluants continuent d'être appliquées.

[117] Rapport d'activité et bilan 2010, AIRPARIF, 2011



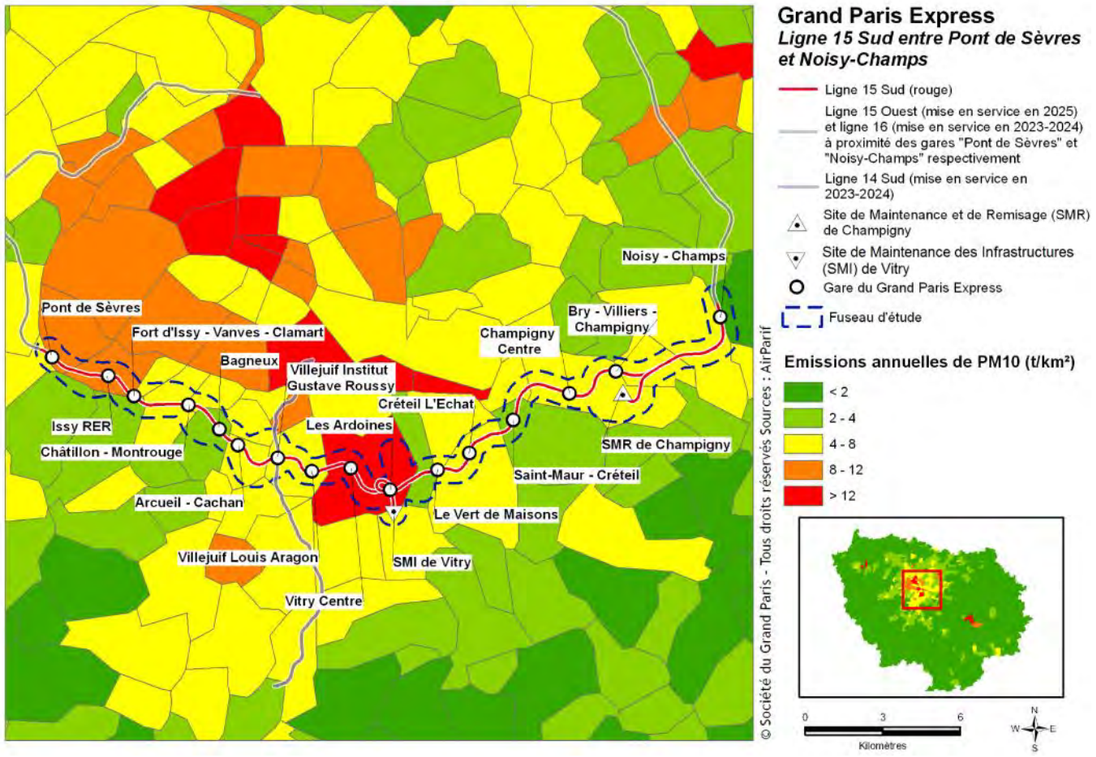
Tendances évolutives NO_2 (La qualité de l'air en Ile-de-France en 2010, Airparif)

2.24.2.3 Les particules fines (<10µm) (PM10)

Les particules fines présentent un réel danger pour la santé. Leur présence est fortement liée à la pollution routière et urbaine, mais elles existent également en milieu souterrain, où leur origine est différente des particules émises en milieu aérien. Pour cette raison, les effets des particules fines d'origine souterraine sont encore mal connus, mais supposés plus dangereux. Ces particules fines sont en partie responsables de dommages pour la santé (présence dans les poumons favorisant l'apparition de difficultés respiratoires, voire de cancer).

a. Emissions de PM10

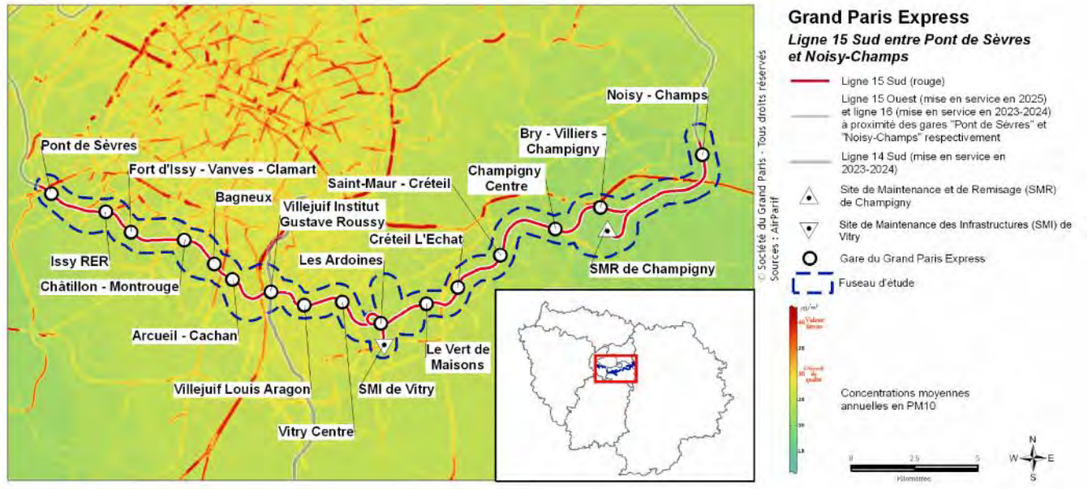
La carte ci-dessous illustre les émissions de l'année 2008 par commune à proximité de la Ligne 15 Sud. Globalement le même gradient est observé que celui pour les émissions de NO_X. Les émissions les plus fortes proviennent des territoires où se situent les gares de Vitry Centre (>12 t/km²), de Pont de Sèvres et Issy RER (entre 8 et 12 t/km²). Les gares de Bagneux, Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Noisy-champs se situent aux abords de communes où les émissions sont les moins fortes (inférieures à 4 t/km²). Les autres gares de la Ligne 15 Sud sont localisées sur des territoires où les émissions de PM_{10} présentent des valeurs intermédiaires (entre 4 et 8 t/km²).



Émissions de PM_{10}/km² en 2008 à proximité de la Ligne 15 Sud (source : Airparif)

b. Concentrations en PM10

Au niveau de l'Ile-de-France, les valeurs limites journalières et annuelles restent toutefois largement dépassées à proximité du trafic routier. Ceci explique que le nombre de franciliens potentiellement exposés à un dépassement de la valeur limite journalière des PM_{10} est estimé à environ 1,8 millions de personnes[118].



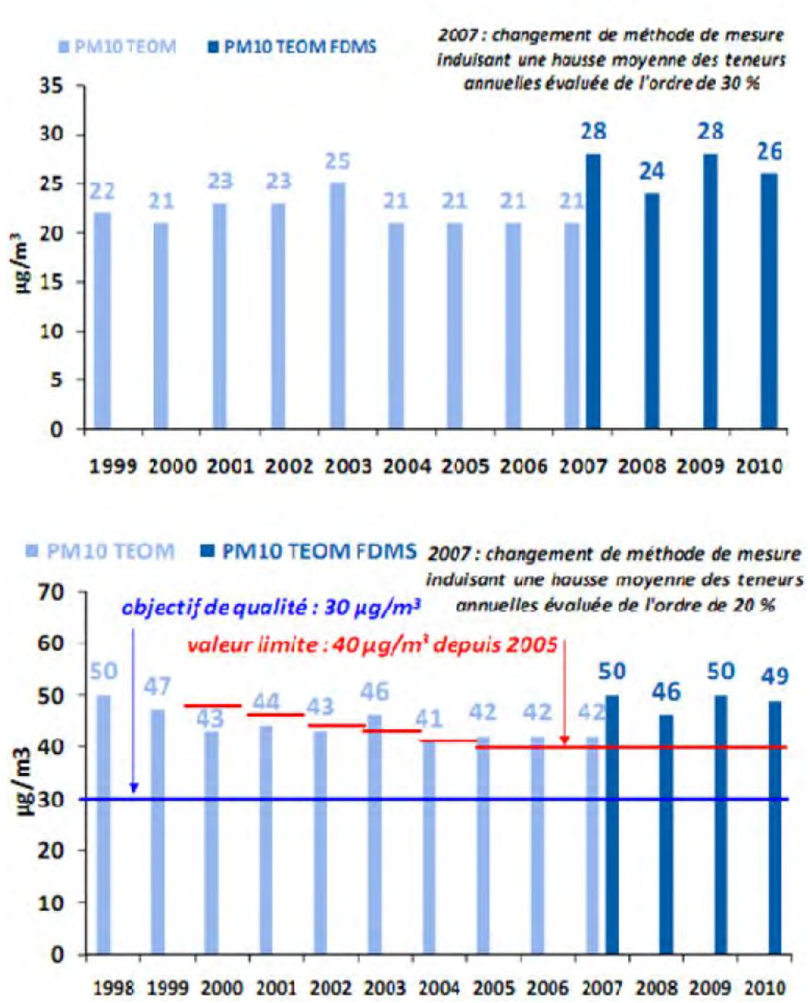
Concentration moyenne annuelle de particules PM_{10} en Ile-de-France, fond et proximité du trafic routier en 2012 (source : Airparif)

c. Tendances évolutives

Depuis 10 ans, le niveau de concentration de PM_{10} demeure quasi stable, mais se situe au-dessus des objectifs de qualité (niveau aggravé depuis l'introduction des nouvelles méthodes de mesure par AIRPARIF).

Les particules fines sont des éléments dont l'émission et la concentration sont difficiles à maîtriser. La tendance actuelle va non-seulement vers un maintien de cette stagnation (si la tendance 1999-2010 se confirme), mais aussi vers une plus grande dangerosité de ces particules, notamment à cause d'une diminution de leur taille. Une tendance à la décroissance de la concentration des PM_{10} n'est donc envisageable que dans le cadre d'une réduction significative du trafic routier.

[118] Rapport d'activité et bilan 2010, AIRPARIF, 2011.

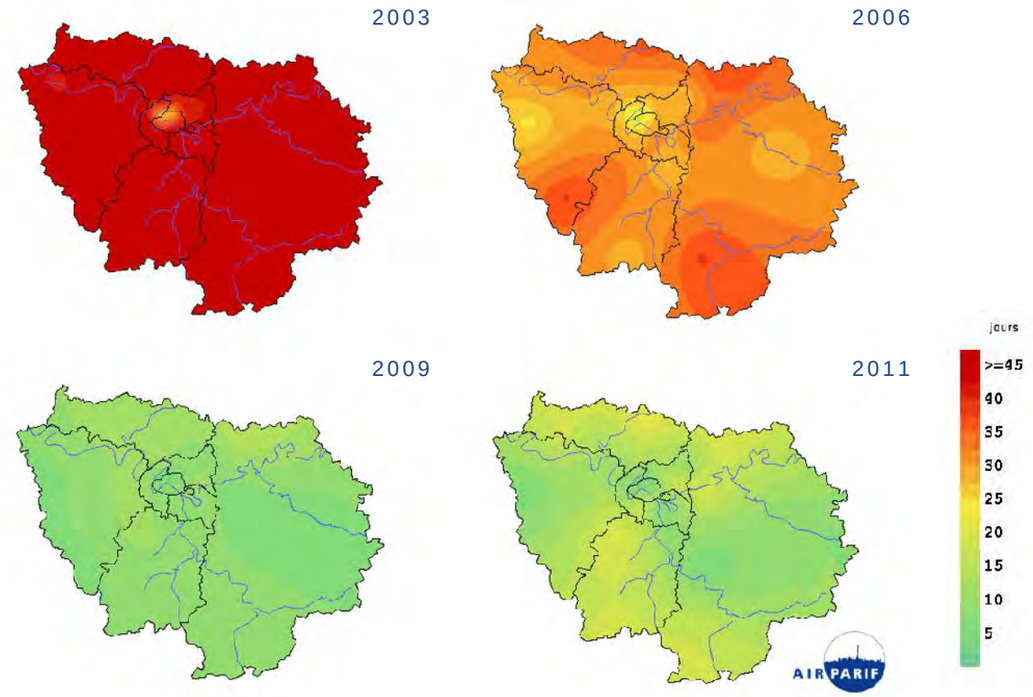


Evolution sur un échantillon constant de 3 stations (TEOM)[119] et évolutif (TEOM-FDMS) de stations urbaines de fond (a) et d'une station trafic (Bd Périphérique, Porte d'Auteuil, (b)), de la concentration moyenne annuelle en PM_{10} dans l'agglomération parisienne de 1999 à 2010 (a) et de 1998 à 2010 (b) (Bilan de la qualité de l'air en Ile-de-France en 2010, Airparif)

2.24.2.4 L'ozone (O3)

Les concentrations en ozone sont fortement influencées par les conditions météorologiques dominantes de l'année, en particulier les conditions estivales. Ceci explique les différences importantes observées d'année en année et notamment les concentrations particulièrement élevées durant l'année 2003.

De plus, les concentrations en ozone ne sont pas directement liées aux émissions des transports mais dépendent de la réaction chimique de précurseurs émis notamment par le transport. Ainsi la formation d'ozone n'est pas limitée aux zones proches des axes routiers principaux et les concentrations sont plus homogènes sur l'Ile-de-France que celles observées pour les particules fines ou les oxydes d'azote.



Nombre de jours de dépassement de l'objectif de qualité en ozone (O_3) (seuil de 120µg/m3 sur 8h) en Ile-de-France pour les années 2003, 2006, 2009 et 2011 (Bilan de la qualité de l'air en Ile-de-France en 2010, Airparif)

Comme le montre la figure ci-dessus, les concentrations en ozone peuvent, certaines années, ne dépasser l'objectif de qualité qu'un nombre limité de fois tandis que d'autres années, elles peuvent dépasser l'objectif de qualité beaucoup plus fréquemment. La question de l'ozone constitue donc un problème d'envergure, d'autant plus que les concentrations évoluent généralement à la hausse (+7% entre 1994 et 2006).

[119] TEOM : Tapered Element Oscillating Microbalance : Equipement permettant la mesure automatique tous les ¼ d'heure des particules fines. AIRPARIF

2.24.2.5 Aperçu de la situation d'autres polluants

a. Benzène

Émis majoritairement par le trafic routier et compris dans les COVNM (composés organiques volatiles non-méthaniques), la concentration de benzène connaît une stabilisation depuis 2000, après une baisse importante amorcée au milieu des années 1990. Cette baisse importante est due en grande majorité à la baisse du niveau de benzène dans le carburant. L'objectif de qualité n'est, cependant, pas encore respecté à proximité du trafic routier.

b. CO (Monoxyde de Carbone)

Très fortement lié à la pollution automobile, le monoxyde de carbone est en forte baisse (-86% entre 1996 et 2010). Ce polluant respecte actuellement les limites imposées par les normes (seuil de 10 000µg/8h).

c. SO2 (Dioxyde de soufre)

Depuis les années 50, une forte diminution des niveaux de concentration de SO_2 est observée. Cela s'explique par la diminution de l'usage de certains combustibles comme le charbon ou une diminution du taux de soufre dans certains combustibles fossiles, comme le gasoil. Depuis cinq ans, les niveaux de SO_2 à proximité de trafic ou en situation de fond sont homogènes et respectent les objectifs de qualité.

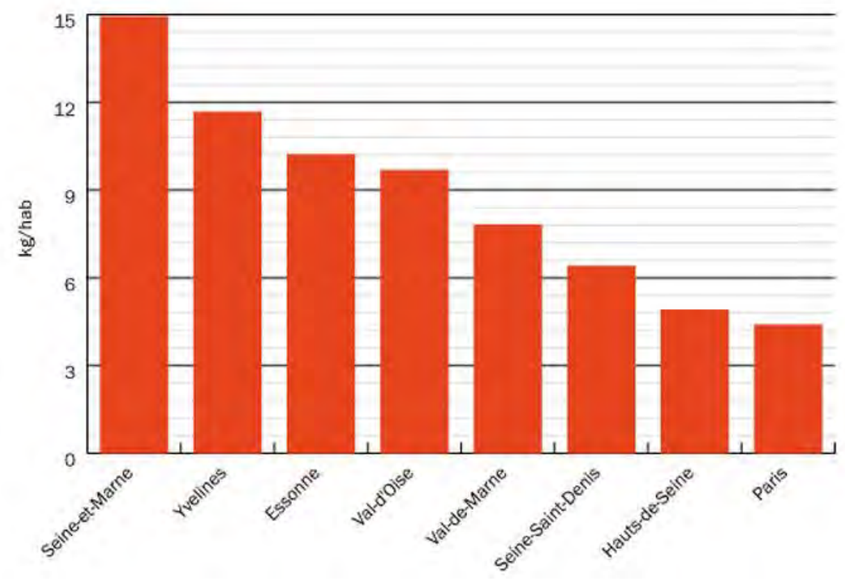
d. Métaux lourds (plomb, nickel, arsenic, cadmium)

Compte tenu des faibles mesures enregistrées à proximité du trafic, AIRPARIF se concentre depuis 2008 sur le voisinage des sites industriels. Le plomb, en particulier, est un ancien indicateur de pollution automobile, peu pertinent aujourd'hui car il a disparu des carburants. Ses concentrations ont chuté de (-97%) en 10 ans. Quant à l'arsenic, au cadmium et au nickel, leurs niveaux en 2010 sont inférieurs respectivement d'un facteur 14, 20 et 10 aux valeurs cibles annuelles.

2.24.2.6 Emissions par habitant

Si les émissions des oxydes d'azote (NO_X) sont rapportées au nombre d'habitants par commune, les territoires les plus polluants se situent généralement en périphérie de la région, dans les régions les moins densément peuplées.

Cela peut s'expliquer par la part modale importante des transports en commun sur les territoires de Paris et sa petite couronne, part qui devient de plus en plus faible en s'éloignant du centre de l'agglomération.

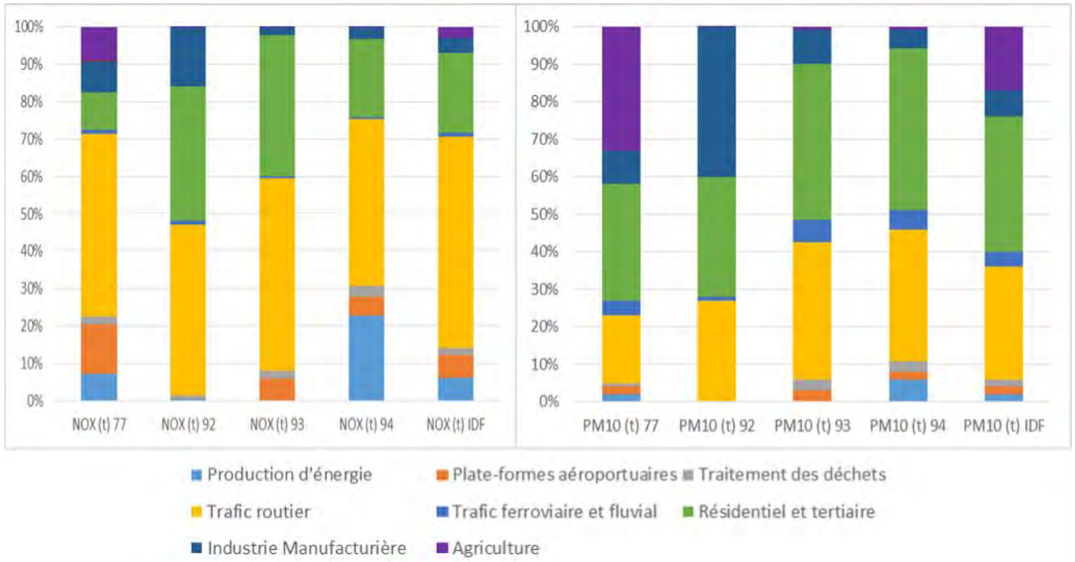


Quantité d'oxydes d'azote émises par habitant selon les départements en 2010 (en kilogramme par habitant) (Bilan des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en Ile-de-France pour l'année 2010, Airparif, 2013)

2.24.2.7 Emissions par secteur d'activité

L'analyse de la répartition par secteur selon les différents types de polluants montre que le trafic routier est le premier secteur responsable des émissions de NO_X, aussi bien dans les départements concernés par la Ligne 15 Sud, que dans le reste de l'Île-de-France. Le parc bâti (résidentiel et tertiaire) représente également une part importante de ces émissions aux échelles départementales (à l'exception de la Seine-et-Marne), ce qui illustre la densité significative des zones résidentielles et d'activités tertiaires sur les territoires étudiés.

La part des particules fines (PM_{10}) issue du trafic routier est moins dominante. Ce sont en effet les secteurs résidentiels, tertiaires, industriels (dans les Hauts-de-Seine) et agricoles (en Seine-et-Marne) qui contribuent majoritairement à ce type d'émissions.



Contribution en % des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants (NO_X et PM_{10}, pour les départements concernés (77, 92, 93 et 94) et en Ile-de-France. AIRPARIF 2013 (Données 2010) pour les départements 77, 93 et 94 et AIRPARIF 2012 (Données 2008) pour le 92).

2.24.2.8 La qualité de l'air à l'intérieur des espaces ferroviaires souterrains

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs représente un enjeu important, au vu des durées importantes que chacun passe au sein d'espaces fermés (habitation, bureau, voiture, etc.). De nombreuses études ont donc été menées afin de déterminer les concentrations moyennes dans différents environnements confinés, en particulier dans les habitations et les bureaux. Les gares étant des lieux de transit où les usagers ne restent généralement que pour des durées limitées, elles n'ont pas joui de la même attention et seules quelques études ont entrepris d'évaluer les concentrations moyennes en différents polluants dans les gares souterraines.

Dans son rapport sur la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France[120], la Direction Générale de la Santé récapitule notamment les données concernant différents polluants dont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), les oxydes d'azote (NO et NO_2), l'ozone (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2), les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et les particules en suspension. Les résultats montrent que les concentrations en monoxyde de carbone, ozone, dioxyde de soufre, HAM, etc. sont équivalentes ou inférieures à celles observées à l'extérieur. Les concentrations en dioxyde d'azote sont, par ailleurs, généralement inférieures aux valeurs des stations de proximité automobile. Par contre, les concentrations en particules fines sont toujours très supérieures dans les enceintes ferroviaires souterraines à celles de l'extérieur. Ces particules en suspension sont, de plus, généralement chargées en composés métalliques (fer, manganèse, baryum…) et en carbone issus de la friction des roues, des rails et des freins.

Les sources de ces concentrations élevées en particules fines sont multiples :

- L'exploitation ferroviaire notamment par l'exploitation du matériel roulant (système de freinage, usure des roues, frottements roues/rails etc.) ;
- Les travaux d'entretien et de maintenance ;
- Les voyageurs : le mouvement des voyageurs génère des poussières et ralentit la sédimentation des particules en suspension ;
- L'air extérieur, pénétrant dans les enceintes souterraines par les ouvertures des stations et le réseau de ventilation : les polluants de l'air extérieur se retrouvent ainsi dans les enceintes souterraines.

Il s'agit donc de sources particulièrement diffuses et dont la contribution aux concentrations finales peut être très variable. Certaines sources sont liées à l'infrastructure elle-même (par exemple les particules générées par le système de freinage) mais d'autres sont totalement indépendantes et inhérentes aux espaces publics (notamment celles générées par les utilisateurs de la gare).

Bien que la maîtrise de l'impact de ces particules sur la santé dans un milieu confiné représente un enjeu sanitaire essentiel, il n'existe actuellement pas de législation propre aux concentrations de particules fines ($PM_{2.5}$ et PM_{10}) en milieu confiné mettant en relation concentrations et durées d'exposition. Les durées d'exposition étant généralement relativement courtes (les gares de métro sont principalement des lieux de passage), les concentrations en particules fines ont été peu étudiées, malgré un impact potentiel important sur la santé des utilisateurs. De plus, dans les enceintes souterraines de transport ferroviaire, les particules fines sont caractérisées par de fortes proportions de particules métalliques (dues au matériel roulant) et sont donc très différentes des particules fines présentes dans l'air extérieur (issues d'un mélange de polluants gazeux et particulaires, provenant des phénomènes de combustion liés au trafic). Ainsi, il s'avère peu pertinent de comparer les effets sanitaires des particules fines dans les enceintes souterraines aux valeurs guides établies pour les pollutions atmosphériques en milieu extérieur. Le risque sanitaire potentiel lié à leur exposition reste à évaluer spécifiquement.

Deux programmes de recherche réalisés dans le cadre d'un partenariat entre la RATP et AIRPARIF, Campagne de mesure à la gare de RER Auber, septembre 2010 et Campagne de mesure à la station de métro Faidherbe-Chaligny, juin 2009, permettent d'évaluer les risques encourus. Ces documents peuvent être consultés en ligne et sont à disposition du grand public.

Tout d'abord, concernant l'air intérieur en gare de RER Auber, « les teneurs de particules PM_{10} et $PM_{2.5}$ mesurées durant la campagne sont les plus importantes sur le quai du RER. Ces concentrations élevées sont dues au système de freinage des rames de RER et à la remise en suspension des poussières par le passage des rames. Les voyageurs, à travers leurs déplacements, peuvent également entraîner une remise en suspension dans l'air des particules déposées sur les quais.

Ces données ne sont pas comparables à celles de l'extérieur, car les temps d'expositions ne sont pas les mêmes. C'est pourquoi le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a introduit une valeur guide pour des courtes durées, prenant en compte les teneurs de particules à l'extérieur[121]. Ainsi, pour l'année 2010, la concentration de référence s'élèverait à 145 µg/m³ pour Tsout=2h et 250 µg/m³ pour Tsout=1h. Ce calcul présente toutefois des limites puisque d'une part, il ne tient pas compte de la composition des particules, et d'autre part, il ne considère pas l'ensemble des microenvironnements fréquentés par la population.

[120] *Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, Juillet 2003.*

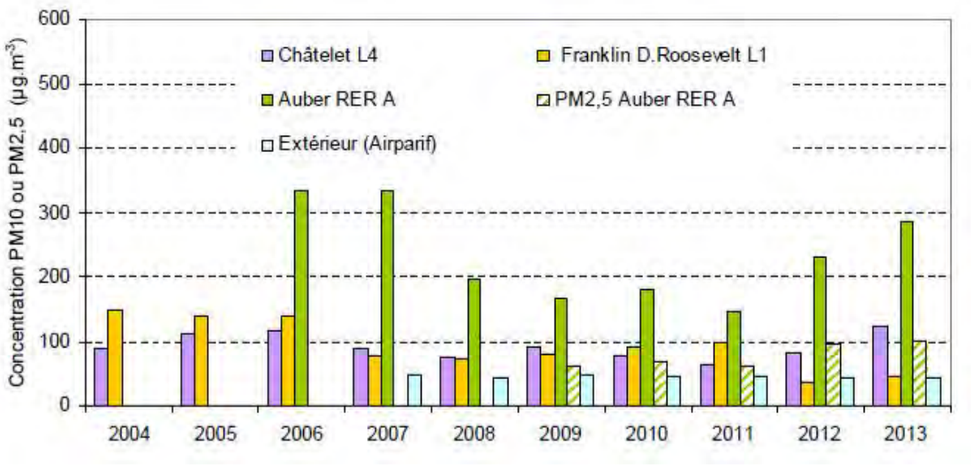
[121] Ce point reste toutefois discuté : d'un côté, « aucune norme à l'échelle horaire n'est définie car c'est une exposition durable (de l'ordre d'une ou plusieurs journées) qui présente des effets sur la santé » ; et de l'autre, l'AFSSET a émis un avis sur les particules fines et il en ressort qu' « il n'y aurait pas de seuil de pollution en-dessous duquel il n'y a pas d'impact sanitaire. »

Quelle que soit la référence choisie, « à l'intérieur de la gare RER d'Auber, la valeur guide établie pour les particules PM_{10} par le CHSPF est dépassée la quasi-totalité du temps lors de la campagne durant les périodes de pointe du matin et du soir sur le quai du RER A. »

Les concentrations mesurées sont, par ailleurs, dépendantes du type de matériel roulant : « un matériel roulant plus lourd ainsi qu'une vitesse plus importante entraineraient des émissions et une remise en suspension plus importantes. »

Enfin, la campagne de mesure dans la station de métro renseigne mieux sur l'effet de la ventilation, nécessaire pour le bon assainissement de l'air d'un métro. « Les mesures en intérieur sont significativement supérieures à celles en air extérieur, [...] surtout en journée. La nuit, les concentrations intérieures et extérieures sont proches. Ce résultat met clairement en évidence une source intérieure de particules PM_{10}, à savoir le trafic des métros.

La qualité de l'air est également suivie quotidiennement par la RATP dans les espaces souterrains du réseau francilien grâce au dispositif de surveillance SQUALES (Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain). Les résultats sont présentés sur la figure suivante.



Concentrations en PM10 (et PM2.5) dans différentes station du réseau francilien (Bilan annuel SQUALES 2013, RATP)

Les résultats montrent que les concentrations peuvent être très variables entre différentes villes mais aussi entre différents types de matériel roulant, les concentrations dans la gare de RER Auber étant largement plus élevées qu'au sein des gares de métro.

Bien qu'il soit difficile d'évaluer précisément les risques des usagers, les résultats soulignent l'importance de suivre les concentrations en polluants à l'intérieur du métro et, si nécessaire, de mettre en place des mesures de réduction des concentrations en particules fines (ventilation, choix du matériel roulant, etc.).

Tout comme dans les gares et les tunnels, les zones extérieures proches des émergences des systèmes de ventilation et d'extraction des particules, peuvent également atteindre, lors de conditions météorologiques défavorables, des concentrations élevées en particules fines. Il est donc indispensable d'intégrer cette problématique aux autres contraintes de localisation de ces émergences, afin d'éviter l'exposition des personnes aux concentrations de particules fines élevées sur des durées prolongées.

2.24.2.9 Evolution de la qualité de l'air et projections futures

a. Tendances (1990 – 2010)

Depuis plusieurs années, des progrès techniques ont permis de réduire de manière significative la plupart des émissions routières de polluants. Les efforts technologiques sur le parc automobile (pot catalytique…), ou de nouvelles normes ont contribué à une baisse significative de certains polluants cette dernière décennie, en particulier les PM_{10} et les oxydes d'azote (NO_x). D'autres polluants ont connu une baisse significative, tel le monoxyde de carbone, le plomb et le benzène.

Bien que la tendance soit à l'amélioration, la qualité de l'air reste toutefois insatisfaisante en Ile-de-France, surtout le long des axes routiers.

- Les concentrations en NO_x restent élevées. À proximité du trafic, les concentrations sont en moyenne deux fois supérieures à la valeur limite annuelle ;

- Les concentrations en particules PM_{10} dépassent également, largement les valeurs limites journalières et quotidiennes ;

- Le niveau d'ozone, quant à lui, est soumis à de nombreuses variations : si les agents précurseurs de la pollution à l'ozone se situent près des sources de pollution, les procédés météorologiques (chaleur, vents) font que ceux qui sont impactés par cette pollution se situent loin des zones émettrices.

Tendances observées pour les concentrations des différents polluants réglementés en Ile-de-France (Bilan de la qualité de l'air en Ile-de France en 2010, Airparif, 2011)

Polluants	Tendance long terme (1990 - 2010)	
	De fond	à proximité du trafic
NO_2	Baisse importante	Stable
PM_{10}	Stable	Stable
O_3	Grandes variations	Non disponible
Benzène	Baisse importante	Baisse importante
CO	Baisse importante	Baisse importante
SO_2	Baisse importante	Baisse importante
Métaux Lourds	Baisse importante	Baisse importante

Situation des différents polluants réglementés par rapport aux normes de qualité de l'air en Ile-de-France en 2010 (Bilan de la qualité de l'air en Ile-de-France en 2010, Airparif, 2011)

Polluants	Objectif de qualité	
	De fond	à proximité du trafic
NO_2	Dépassé	Dépassé
PM_{10}	Respecté	Dépassé
O_3	Dépassé	
Benzène	Respecté	Dépassé sur 970 km de voirie[122]
CO	Respecté	Respecté
SO_2	Respecté	Respecté
Métaux lourds	Respecté	Respecté

La comparaison entre la situation des différents polluants et les normes de qualité de l'air en Île-de-France montre toutefois que des efforts restent à faire dans le domaine de la limitation de leurs émissions.

Le NO_2 est encore trop présent et nuit toujours trop à la qualité de l'air. Le problème est le même pour les particules que ce soit en tendance de fond ou à proximité du trafic.

L'ensemble de l'Ile-de-France connaît des dépassements fréquents de l'objectif de qualité pour l'ozone dont la formation est associée aux « précurseurs d'ozone », émis en proportion non négligeable par le trafic routier. La question de l'ozone est un problème d'envergure, sa concentration ne cesse d'évoluer au fur et à mesure des années : +7% par an entre 1994 et 2006. (À titre d'exemple, les niveaux moyens annuels d'ozone de l'agglomération ont presque doublé en quinze ans).

b. Tendances futures (2010 – 2030)

Le centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA) a établi différents scénarios d'évolution des émissions de 3 polluants : Le NO_2, le SO_2 et les $PM_{2.5}$ et ce pour le pays entier. 3 scénarios ont été suivis :

- Un scénario prenant en compte les mesures actuelles (prises au 1er Janvier 2010) ;
- Un scénario avec mesures supplémentaires (résultat des mesures réellement décidées avant et après le 1er Janvier 2010) ;
- Un scénario avec les mesures visant à atteindre les objectifs du Grenelle de l'Environnement (Scénario « objectif grenelle »).

La tendance entre 2010 et 2030 pour les émissions de NO_2 est à la baisse, quel que soit le scénario envisagé. La baisse est cependant plus forte si l'on tient compte des mesures supplémentaires (scénarios 2 et 3).

[122] Soit sur environ 4% du réseau routier francilien.

En considérant le premier scénario, la baisse entre 2010 et 2030 est de 550 kt NO_2, soit une baisse de moitié en 20 ans, et ce pour l'hypothèse la moins optimiste.

Pour le SO_2, les estimations du CITEPA tablent sur des tendances différentes selon les scénarios : En tenant seulement compte des mesures actuelles, une stagnation est observée, voire une légère reprise des émissions, alors que les scénarios avec mesures supplémentaires et a fortiori avec mesures « objectif grenelle », montrent une légère baisse de ces émissions pour atteindre environ 200 kt SO_2 en 2030, contre environ 350 en 2010. (150 kt de moins en 20 ans).

Enfin, pour les particules ($PM_{2.5}$, comprises dans les PM_{10}), le CITEPA prévoit une baisse des émissions jusqu'en 2025, puis une stagnation à environ 205 kt (contre 270 kt en 2010).

c. Evolution des émissions routières

Les progrès techniques dans le domaine de l'automobile ont mis l'accent depuis de nombreuses années sur la réduction des émissions de polluants par le biais d'améliorations des carburants et d'inventions techniques tels que le pot catalytique, dont la généralisation a commencé dans les années 1990, le filtre à particules, ou encore la fonction « stop & start » permettant d'arrêter le fonctionnement du moteur lorsque le véhicule est à l'arrêt. La diminution de la teneur en soufre des carburants explique, par exemple, la baisse spectaculaire des émissions de SO_2

Ces éléments techniques ont certes contribué à la baisse des émissions de polluants, mais ces mesures n'auraient souvent jamais vu le jour sans un arsenal législatif rendant obligatoire le respect de normes anti-pollution (ex : normes EURO).

L'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme (IAU) de la région Ile-de-France a, cependant, anticipé dès le milieu des années 2000 le fait que les progrès techniques n'apporteraient pas de réduction significative à long terme : Les progrès techniques ne peuvent suffire à réduire de manière drastique les émissions de polluants liées au trafic automobile. La réduction de ces émissions passe également par la mise en place de politiques d'aménagement et de transport défavorables à l'utilisation de la voiture, parmi lesquelles la logique de « Transit Oriented Developement », caractérisé par un développement de la ville autour de centres névralgiques de transport en commun (gares/stations de métro). Le projet du « Réseau de Transport du Grand Paris » semble s'inscrire dans cette logique.

2.24.2.10 Des plans d'actions à différentes échelles

Outre l'application des mesures réglementaires nationales, des plans spécifiques pour l'air sont prévus à l'échelle de l'Ile-de-France depuis la LAURE[123] en 1996 : en l'occurrence le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)[124]et le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA)[125].

Le PPA « a pour objet, dans un délai qu'il fixe, de ramener à l'intérieur de la zone la concentration en polluants dans l'atmosphère à un niveau inférieur aux valeurs limites»[126]. Quant au PRQA, il « fixe des orientations permettant d'atteindre les objectifs de qualité de l'air […], de prévenir ou de

[123] Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie
[124] Plan de Protection de l'Atmosphère, Ile-de-France, Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
[125] Plan Régional de la Qualité de l'Air, Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
[126] Extrait de l'article L. 222-4 du Code de l'Environnement

réduire la pollution atmosphérique ou d'en atténuer les effets» [127]. Le PRQA élaboré en 2000 n'ayant pas atteint ses objectifs de qualité de l'air, il a été révisé le 29 novembre 2009.

En 2012, le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie d'Ile-de-France (SRCAE) qui fixe les objectifs et orientations stratégiques en matière de réduction des consommations d'énergie mais également en matière d'amélioration de la qualité de l'air a repris les orientations issues du PRQA et du PPA.

Globalement, les principaux axes d'action de ces plans sont les suivants :

- accroître la vitesse de rajeunissement du parc automobile et favoriser le développement des véhicules propres ;

- porter une attention vigilante aux véhicules les plus polluants : poids lourds, véhicules utilitaires légers mais également aux deux-roues motorisés, gros émetteurs de composés organiques volatiles précurseurs de l'ozone. Les plans s'orientent notamment vers une restriction du dispositif de circulation mis en place en cas de pic de pollution.

- optimiser le débit de circulation, en particulier dans le cœur d'agglomération. Pour cela, deux axes doivent être traités en complémentarité : la réduction du volume (réduction de l'affluence aux heures de pointe, transfert modal vers les transports collectifs) et la limitation de la vitesse de circulation (réaménagement de voiries) ;

- favoriser la densification et la mixité urbaine pour limiter l'étalement urbain et protéger les espaces agricoles ;

- renforcer l'efficacité énergétique des bâtiments dans les secteurs résidentiel et tertiaire et développer les technologies plus durables (chauffage urbain, énergies renouvelables, etc.).

[127] Extrait de l'article L. 222-1 du Code de l'Environnement

2.24.3 Effets du bruit sur la santé

L'environnement sonore en Ile-de-France et à proximité du fuseau d'étude est décrit dans le chapitre spécifique à ce sujet. Seuls les liens entre le bruit et la santé humaine sont décrits ci-dessous.

2.24.3.1 Des effets sanitaires reconnus

Le bruit est considéré comme une véritable nuisance environnementale. En 2007, plus d'un quart des Franciliens[128] reconnaissait avoir déjà ressenti les effets des nuisances sonores sur sa santé.

Une trop grande exposition au bruit contribue en effet à une diminution de la qualité de vie et peut présenter des dangers, nuire à la santé des personnes ou porter atteinte à l'environnement (interruption de la tranquillité dans des parcs naturels ou zones protégées).

Les effets de la pollution sonore sur la santé sont multiples et de deux types : physiologiques ou psychologiques.

Du point de vue psychologique, une exposition trop importante au bruit en association avec d'autres facteurs sociaux, psychologiques ou économiques, peut indirectement conduire à des comportements plus agressifs et moins solidaires ou à un sentiment d'abandon (chez les écoliers, par exemple). Les nuisances sonores compromettent également la performance intellectuelle des individus, plus particulièrement la lecture, l'attention, la résolution de problèmes ou la mémorisation et peuvent se traduire en erreurs dans le travail, voire provoquer des accidents.

Au niveau physiologique, la pollution sonore peut parfois engendrer un déficit auditif mais compte tenu des niveaux sonores en cause (exposition sonore LAeq en général inférieure à 70 dB(A) à l'intérieur des habitations), le bruit des transports terrestres ne contribue qu'exceptionnellement à la perte d'audition. Les effets du bruit des transports sont donc essentiellement des effets extra-auditifs.

Plus couramment le bruit va donc interférer avec la transmission de parole, conduisant à l'incapacité des individus à comprendre le discours dans des conditions normales. Il peut également perturber les fonctions physiologiques des individus exposés à un bruit important, de façon temporaire ou permanente (risque d'hypertension ou effets cardio-vasculaires).

Par ailleurs, un bruit trop intense, surgissant de manière ponctuelle ou récurrente, engendre des troubles du sommeil dont les effets primaires influencent notamment « la difficulté de l'endormissement, les réveils et changements de phase ou de profondeur du sommeil, la tension artérielle, la fréquence cardiaque et l'augmentation de l'impulsion dans les doigts, la vasoconstriction, les changements de respiration, l'arythmie cardiaque, et les mouvements accrus de corps »[129].

Les effets du bruit sur la santé sont donc avérés, l'OMS a notamment produit un guide des valeurs sonores tolérables selon les endroits. Elles constituent des objectifs de qualité à long terme qu'il faut atteindre. Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant. Ainsi pour les logements, l'OMS recommande un niveau sonore de 30 dB(A) dans les chambres (45 dB(A) à l'extérieur) et estime que les personnes peuvent ressentir des effets importants liés à l'exposition du bruit si les niveaux sonores LAmax dans une chambre sont supérieurs à 45 dB(A) (niveau maximum conseillé).

[128] Observatoire régional de santé de l'Ile-de-France, mars 2009, « Les perceptions du bruit en Ile-de-France, Exploitation régionale du Baromètre Santé Environnement 2007 », http://www.ors-idf.org/etudes/pdf/RapportPercepBruit.pdf, 16 mars 2009

[129] Bruitparif, « La perturbation du sommeil », http://www.bruitparif.fr/cms/index.php?id=100, 21 janvier 2010

Valeurs guides de l'OMS pour le bruit dans les collectivités en milieux spécifiques[130]

Environnement spécifique	Effet critique sur la santé	L_{Aeq} [dB(A)]	Base de temps [heures]	L_{Amax}
Zone résidentielle extérieure	Gêne sérieuse pendant la journée et la soirée	55	16	-
	Gêne modérée pendant la journée et la soirée	50	16	-
Intérieur des logements	Intelligibilité de la parole et gêne modérée pendant la journée et la soirée	35	16	-
Intérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, la nuit	30	8	45
A l'extérieur des chambres à coucher	Perturbation du sommeil, fenêtre ouverte	45	8	60
Salles de classe et jardins d'enfants, à l'intérieur	Intelligibilité de la parole, perturbation de l'extraction de l'information, communication des messages	35	Pendant la classe	-
Salles de repos des jardins d'enfants, à l'intérieur	Perturbation du sommeil	30	Temps de repos	45
Cours de récréation, extérieur	Gêne (source extérieure)	55	Temps de récréation	-
Hôpitaux, salles/chambres, à l'intérieur	Perturbation du sommeil, la nuit	30	8	40
	perturbation du sommeil, pendant la journée et la soirée	30	16	-
Hôpitaux, salles de traitement, à l'intérieur	Interférence avec le repos et la convalescence	(1)		
Zones industrielles, commerciales, marchandes, de circulations, extérieures et intérieures	Perte de l'audition	70	24	110
Cérémonies, festivals, divertissements	Perte de l'auditions (clients: <5 fois par an)	100	4	110
Discours, manifestations extérieur et intérieur	Perte de l'audition	85	1	110
Musique et autres sons diffusés dans des écouteurs	Perte de l'audition	85 (4)	1	110
Impulsions sonores générées par des jouets, des feux d'artifice et des armes à feu	Perte de l'audition (adultes)	-	-	140 (2)
	Perte de l'audition (enfants)	-	-	120 (2)
Parcs naturels et zones protégées	Interruption de la tranquillité	(3)		

(1) : Aussi bas que possible.

(2) : La pression acoustique maximale (pas LAF, maximum) mesurée à 100 millimètres de l'oreille.

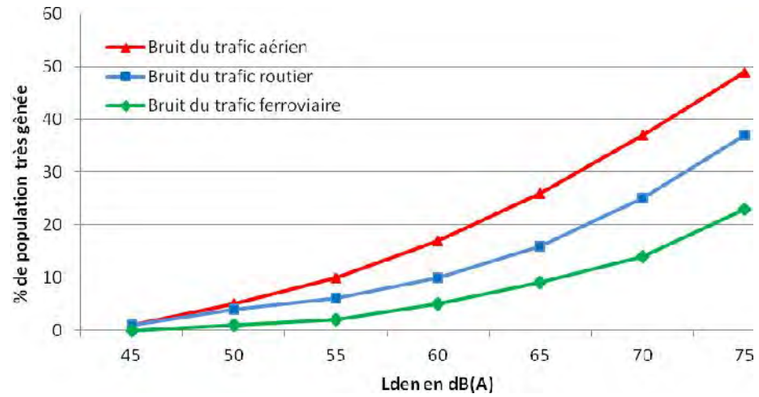
(3) : Des zones extérieures silencieuses doivent être préservées et le rapport du bruit au bruit de fond naturel doit être gardé le plus bas possible

(4) : Sous des écouteurs, adaptés aux valeurs de plein-air

[130] 'Guidelines for community noise' (WHO 1999) et 'Night noise guidelines for Europe' (WHO 2009)-- http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html

2.24.3.2 Les facteurs de la gêne sonore

Le secteur des transports apparaît comme la principale gêne sonore, au travers essentiellement de la circulation routière, sachant qu'à niveau sonore égal, le bruit ferroviaire est la source de bruit la mieux acceptée.



Part de population très gênée selon les niveaux d'exposition de bruit (Lden) occasionnés par le trafic aérien, routier et ferroviaire (diagramme Mediema) (Position paper on relationships between transportation noise and annoyance, Commission européenne 2002)

Les bruits intermittents génèrent également une forte gêne. Ainsi, comme le montre le tableau précédent de l'OMS, l'augmentation du niveau de bruit de 10 dB(A) par rapport au bruit de fond lors de l'apparition de la source, par exemple au passage d'un train ou d'un avion, peut provoquer une gêne sonore importante, surtout en période de nuit.

Enfin, les bruits dits « de voisinage » (bruits domestiques, bruits de comportements mais aussi bruits générés par les petites activités commerciales, industrielles, artisanales ou de loisirs) sont également gênants pour de nombreux riverains[131]. Les bruits de voisinage sont extrêmement variables et parfois difficilement maîtrisables mais ils ont un impact souvent très local. Ils sont en général plus importants dans les zones denses de population.

2.24.3.3 L'influence des facteurs non-acoustiques dans la gêne sonore ressentie par les personnes

Quels que soient les différents indices utilisés pour évaluer la gêne sonore des personnes (indices LAeq, Lden, Lmax,…), il faut prendre en compte que la gêne sonore dépend également de facteurs extérieurs qui n'ont pas de lien direct avec l'acoustique comme :

- les facteurs de situation qui sont principalement liés à la localisation du logement par rapport à la source de bruit ;
- les facteurs individuels variant d'un individu à l'autre. Deux catégories sont généralement distinguées : les facteurs sociodémographiques (sexe, âge, niveau de formation…) et les facteurs d'attitude (habitudes, sensibilité au bruit, peur de la source de bruit…) ;

[131] Observatoire régional de santé de l'Ile-de-France, mars 2009, « Les perceptions du bruit en Ile-de-France, Exploitation régionale du Baromètre Santé Environnement 2007 », http://www.ors-idf.org/etudes/pdf/RapportPercepBruit.pdf , 16 mars 2009

- les facteurs sociaux comme le style de vie, l'image qu'on a de la source de bruit, les attentes que l'on a face au bruit…

Aussi, outre la dimension « bruit » il est important de bien connaître la population existante qui sera exposée aux émissions sonores dues à la réalisation et à l'exploitation de la Ligne 15 Ouest.

Un des enjeux environnementaux majeurs repris dans le SDRIF[132] porte sur la qualité du cadre de vie, la santé et le bien-être, dont l'environnement sonore fait partie, et particulièrement sur la réduction des inégalités environnementales observées en Ile de France. De fait, en 2007, les personnes ayant les revenus les plus faibles en Ile-de-France sont significativement plus gênées par le bruit à leur domicile (en particulier le bruit des avions) que les Franciliens aux revenus les plus élevés et que l'exposition au bruit au travail est plus importante pour les individus à diplômes plus faibles, notamment les ouvriers[133].

Le SDRIF horizon 2030 prône ainsi la limitation de l'exposition de la population au bruit, favorise la création d'espaces verts en zone dense (zones de calme potentielles) et incite à la création de cœurs d'îlots. Les projets d'infrastructures routières resteront limités et l'insertion des infrastructures doit veiller à maîtriser les impacts induits en termes de bruit, de pollution et de fragmentation des espaces.

Il convient aussi d'éviter d'implanter les constructions accueillant les populations les plus sensibles (équipements de santé, établissements scolaires, installations sportives de plein air) à proximité des grandes infrastructures routières ou ferroviaires.

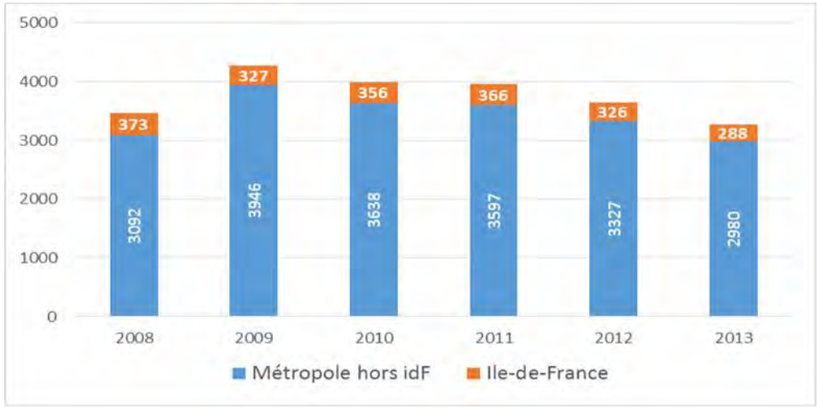
Les désagréments causés par le bruit ont été largement reconnus et pris en charge par la classe politique européenne puis française. La législation française concernant les nuisances sonores reflète le côté transversal et multipolaire du bruit[134]. De fait, les mesures de prévention et de répression de ces nuisances sont nombreuses et elles trouvent appui autant à l'échelle internationale que nationale, régionale ou locale. De plus les législations sont modulées en fonction des caractéristiques du territoire, montrant ainsi une hétérogénéité dans les traductions.

2.24.4 Sécurité routière

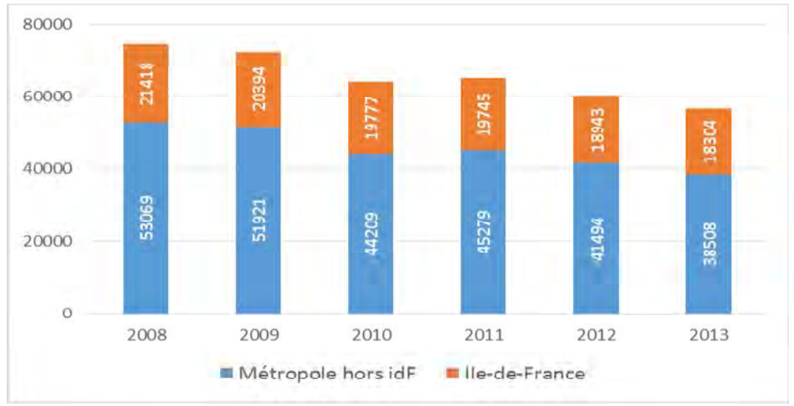
Les accidents de la circulation routière sont, comme évoqué précédemment, parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue et la sécurité routière a une place souvent importante dans le débat public concernant les infrastructures de transport.

Les chiffres qui vont suivre sont généralement issus des publications de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Equipement et de l'Aménagement d'Île-de-France (DRIEA) et des Observatoires départementaux de la sécurité routière qui en dépendent.

Entre 2008 et 2009, une augmentation importante du nombre de tués est constatée sur les routes de France, tandis que ce chiffre est en baisse sur le réseau routier francilien. Depuis 2009, une légère décroissance est observée concernant le nombre de tués sur les routes au niveau national tandis que ce nombre est stable pour l'Ile-de-France. En 2013, 288 décès ont été répertoriés en Ile-de-France.



Nombre de tués par année de 2008 à 2013 (Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA)



Nombre d'accidents par année de 2008 à 2013 (Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA)[135].

[132] Schéma directeur de la région Ile-de-France horizon 2030 arrêté par le conseil régional le 25 octobre 2012 - http://www.iledefrance.fr/competence/schema-directeur-region

[133] Observatoire régional de santé de l'Ile-de-France, mars 2009, « Les perceptions du bruit en Ile-de-France, Exploitation régionale du Baromètre Santé Environnement 2007 », http://www.ors-idf.org/etudes/pdf/RapportPercepBruit.pdf, 16 mars 2009

[134] Bruitparif, « Réglementation nationale », http://www.bruitparif.fr/cms/index.php?id=44, 21 janvier 2010

[135] Édité par l'Observatoire régional et interdépartemental de Sécurité Routière IDF, http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/SecuriteRoutiere_Bilan_2009_cle28d288-1.pdf

Le nombre d'accidents est, quant à lui, en décroissance quasi-constante depuis 2008 en France comme en en Ile-de-France. Le nombre d'accidents en Ile-de-France s'élève à 18 304 cas en 2013.

Le nombre le plus élevé de victimes est celui des usagers des deux roues motorisées, avec un total de 8 039 en 2013. Viennent ensuite les véhicules légers puis les piétons et les cyclistes.

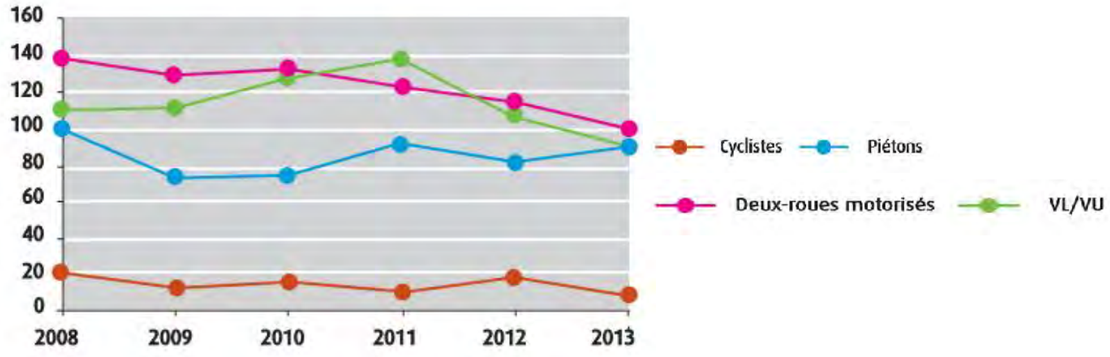
Les chiffres de 2013 sont bons. Ils sont en effet inférieurs à la moyenne des 5 dernières années, tous utilisateurs confondus. Tous les indicateurs sont à la baisse, excepté pour les blessés hospitalisés pour les véhicules légers. Le nombre de tués est relativement proportionnel au nombre de victimes.

Victimes par catégories d'usagers en 2013 (Source : Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA)

Victimes	Tués	Blessés hospitalisés	Blessés non hospitalisés	Total victimes
Piétons	89	1 129	3 211	4 429
Evolution*	↗	↘	↘	↘
Cyclistes	8	203	990	1 201
Cyclomotoristes	15	440	1 815	2 270
Motocyclistes	83	1 190	4 496	5 769
Total 2RM	98	1 630	6 311	8 039
Evolution*	↘	↘	↘	↘
Poids lourds	1	32	75	108
Autres usagers**	3	79	277	359
Véhicules légers	89	1 631	6 036	7 756
Evolution*	↘	↗	↘	↘

Total 2RM = cyclomotoristes + motocyclistes
* % d'évolution de l'année 2013 par rapport à la moyenne des 5 années précédentes (de 2008 à 2012)
** Transports en commun, motos-cross, engins agricoles...

La répartition du nombre de tués par mode de transport évolue selon l'année. Depuis cinq ans, une diminution marquée du nombre de tués en deux roux-motorisés et en véhicules légers contraste avec une relative stagnation pour les autres modes.

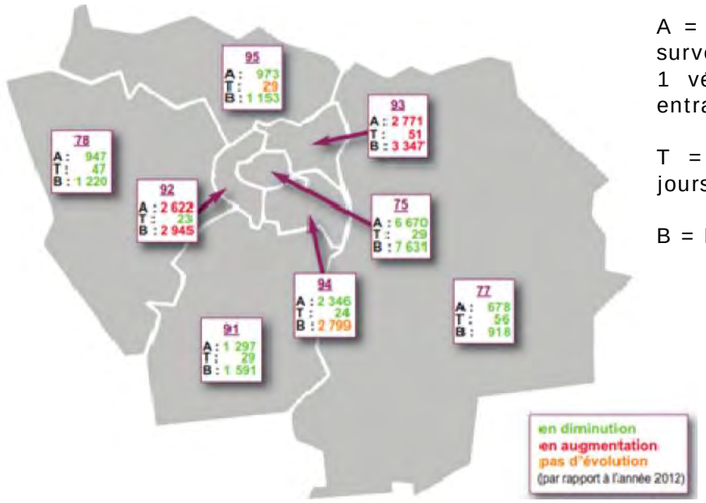


Nombre de tués en Ile-de-France par catégories d'usagers de 2008 à 2013 (Source : Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA)

Malgré tout, le nombre de tués pour les deux-roues et les piétons restent sensiblement élevé et montre qu'il faudra porter une attention particulière aux aménagements consacrés aux usagers « faibles » de la route lors de l'aménagement des alentours des gares.

Le nombre d'accidents n'est pas réparti uniformément sur le territoire. Paris intramuros compte le plus d'accidents, mais parmi le moins de tués. Parallèlement, si le nombre d'accidents est pratiquement deux fois plus faible en grande couronne qu'à Paris, leur gravité est plus lourde : cinq fois plus de tués y sont recensé, ce qui s'explique en partie par les différences de vitesses de circulation.

Les accidents sont en diminution dans tous les départements sauf dans les Hauts-de-Seine. Le nombre de tués régresse de manière importante, sauf en Seine-Saint-Denis où son augmentation est notable (+27, 5%). Le département le plus meurtrier est la Seine-et-Marne avec 56 tués pour l'année 2013.



A = Accidents corporels (accidents survenus sur la voie publique avec 1 véhicule en mouvement ayant entraîné au moins 1 victime)

T = Tués (décédés dans les 30 jours suivant l'accident)

B = Blessés hospitalisés ou non

Répartition des accidents, des tués et des blessés en Ile-de-France selon le lieu. 75 Paris, 77 Seine-et-Marne, 78 Yvelines, 91 Essonne, 92 Hauts-de-Seine, 93 Seine Saint Denis, 94 Val-de-Marne, 95 Val-d'Oise (Source : Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA)

2.24.4.1 Hauts-de-Seine

En 2013, 23 personnes ont trouvé la mort dans les Hauts-de-Seine à cause de la circulation routière.

Nombre de tués dans les Hauts-de-Seine en 2013 (Source : Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA) - Evolution entre 2008 et 2013

	Nombre	Evolution*
Accidents		
Accidents corporels	2 622	+1,8 % ↗
Victimes		
Tués	23	-12,2 % ↘
Blessés hospitalisés	340	-25,0 % ↘
Blessés non hospitalisés	2 605	+4,2 % ↗
Total victimes	2 968	+0,2 % ↗

* % d'évolution de l'année 2013 par rapport à la moyenne des 5 années précédentes (de 2008 à 2012)

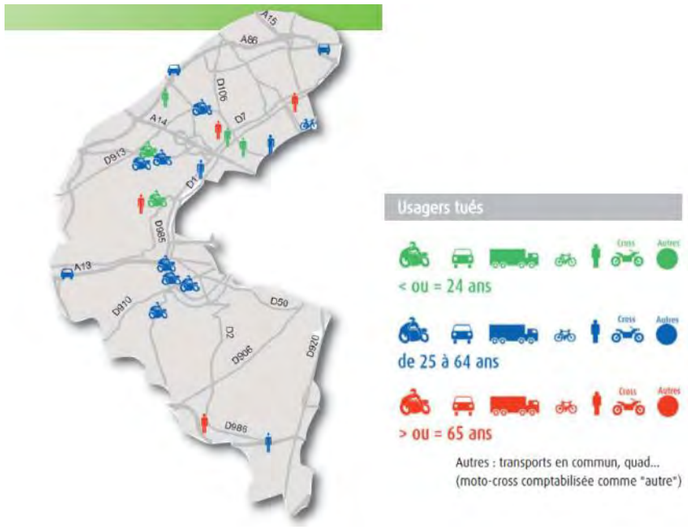
Dans les Hauts-de-Seine, les accidents mortels se produisent principalement sur les axes départementaux ou nationaux, voire sur les autoroutes. De façon globale, ces accidents sont géographiquement dispersés sur l'ensemble du territoire, mais restent majoritairement localisés à proximité des quais de Seine et des axes situés autour du quartier de La Défense.

La quasi-totalité des victimes d'accidents mortels en Hauts-de-Seine sont des piétons ou des conducteurs de deux-roues (20 sur 23).

Les accidents mortels impliquant des piétons sont plus fréquents dans la moitié Nord du département.

La quasi-totalité des conducteurs de deux-roues motorisés victimes d'accidents mortelle ont entre 25 et 64 ans (7 sur 9, les deux autres étant plus jeunes).

Notons enfin que le territoire des Hauts-de-Seine correspondant au périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud (le Sud-Est du département) ne présente pas de victimes mortelles en 2013, à l'exception des abords de la gare de Pont de Sèvres, où trois conducteurs de deux-roues sont décédés suite à des accidents de la route.



Cartographie des tués de la route de l'année 2013 dans le département des Hauts-de-Seine (DRIEA, Observatoire par département)

2.24.4.2 Val-de-Marne

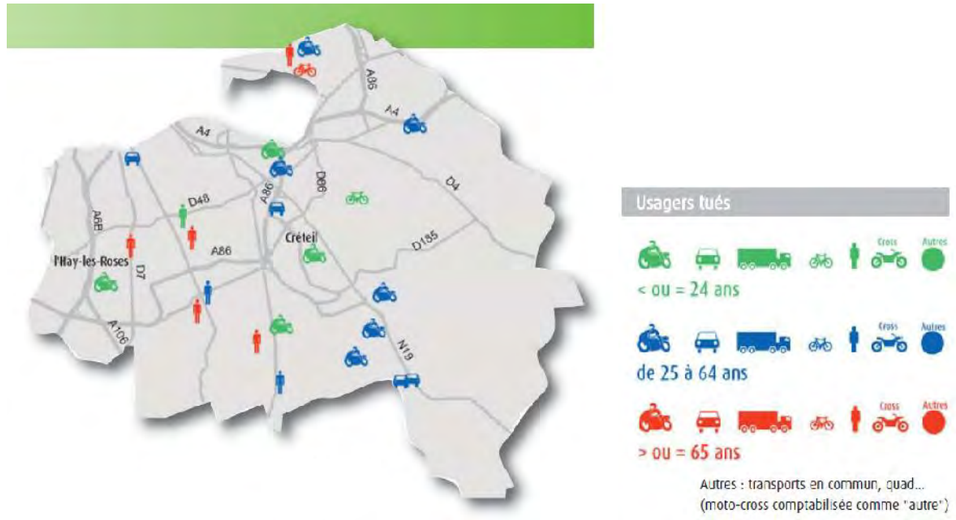
En 2013, 24 tués suite à un accident de la route sont recensés dans le département du Val-de-Marne (ce département est le deuxième moins meurtrier en Ile-de-France).

Le périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud est globalement localisé au Nord et au centre du département, entre les autoroutes A4 et A86. Il s'agit d'un périmètre touché par les accidents routiers mortels, puisque six décès y étant directement liés ont eu lieu dans cette zone : un automobiliste à hauteur de la gare Le Vert de Maison, un cycliste à hauteur de la gare de Saint-Maur Créteil, un deux-roues motorisés non loin de la future gare de Bry-Villiers-Champigny, un piéton à hauteur de la gare de Villejuif Louis Aragon et enfin deux autres piétons à proximité de la gare de Vitry Centre.

On remarque que les zones dangereuses se trouvent plus au centre du département : à proximité de Ivry-sur-Seine, de Créteil et de Bonneuil-sur-Marne.

Nombre de tués en Val-de-Marne en 2013 (Source : Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA) - Evolution entre 2008 et 2013

	Nombre	Evolution*
Accidents		
Accidents corporels	2 346	-4,3 % ↘
Victimes		
Tués	24	-21,1 % ↘
Blessés hospitalisés	624	+13,3 % ↗
Blessés non hospitalisés	2 175	-6,8 % ↘
Total victimes	2 823	-3,4 % ↘



Cartographie des tués de la route de l'année 2013 dans le département du Val-de-Marne (DRIEA, Observatoire par département)

2.24.4.3 Seine-Saint-Denis

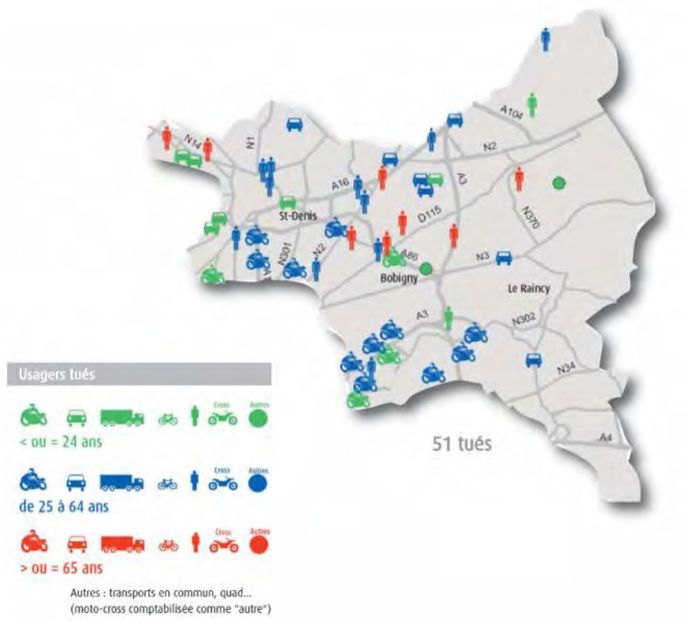
En 2013, 51 personnes ont trouvé la mort en Seine-Saint-Denis à cause de la circulation routière. Ce chiffre place le département en deuxième position du classement des départements franciliens les plus meurtriers.

Nombre de tués en Seine-Saint-Denis en 2013. Source (Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA) - Evolution entre 2008 et 2013

	Nombre	Evolution*
Accidents		
Accidents corporels	2 771	-0,3% ↘
Victimes		
Tués	51	+27,5 % ↗
Blessés hospitalisés	1 456	-9,2 % ↘
Blessés non hospitalisés	1 891	+7,3 % ↗
Total victimes	0	+1,4 % ↗

Les accidents mortels sont géographiquement répartis dans la moitié Ouest du département, à savoir la partie la plus urbaine de la Seine-Saint-Denis. Ils concernent majoritairement des décès de piétons, mais les accidents mortels d'usagers de deux-roues motorisés ou de voitures sont également importants conséquents. Les accidents mortels impliquant ces derniers sont plus fréquents aux abords des grands axes routiers.

En Seine-Saint-Denis, un piéton tué sur deux est âgé de 25 à 64 ans. De plus, trois conducteurs de deux-roues motorisés tués sur quatre appartiennent à cette même catégorie d'âge.



Cartographie des tués sur la route de l'année 2013 en Seine-Saint-Denis (DRIEA, Observatoire par département)

Le périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud concerne uniquement l'extrémité Sud-Est du département, où aucun décès n'est à déplorer des suites d'un accident de la route.

2.24.4.4 Seine-et-Marne

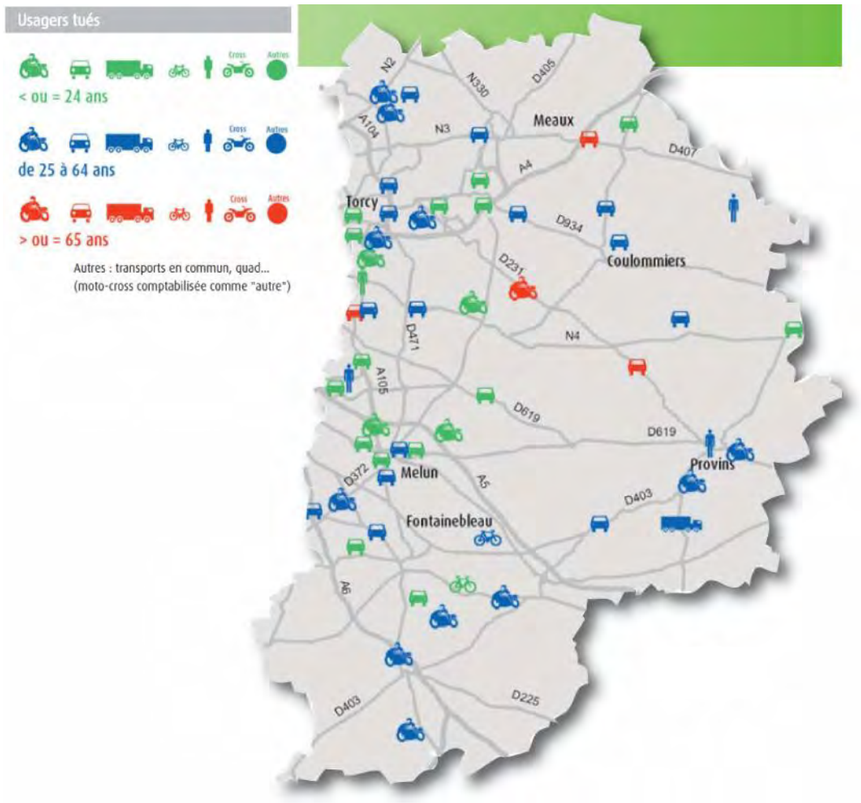
La Seine et Marne est en 2013 le département francilien où il y a le plus d'accidents mortels (56 tués). Ce chiffre reste toutefois en baisse de 9% par rapport à la moyenne des 5 années précédentes. De même, le nombre d'accidents corporels (678) présente une baisse de 26% par rapport à la moyenne de cette même période.

Nombre de tués en Seine-et-Marne en 2013 (Source : Sécurité Routière Bilan 2013 IDF, DRIEA) - Evolution entre 2008 et 2013

	Nombre	Evolution*
Accidents		
Accidents corporels	678	-26,1 % ↘
Victimes		
Tués	56	-9,4 % ↘
Blessés hospitalisés	444	-29,5 % ↘
Blessés non hospitalisés	474	-27,3 % ↘
Total victimes	974	-26,0 % ↘

Le périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud se restreint à une partie limitrophe de l'Ouest du territoire de la Seine-et Marne, à l'est de Torcy. Il s'agit d'un périmètre où le décès d'un conducteur de voiture a été constaté en 2013.

A l'échelle du département, les zones dangereuses sont localisées aux abords des grands axes routiers (autoroutes, routes nationales et routes départementales).

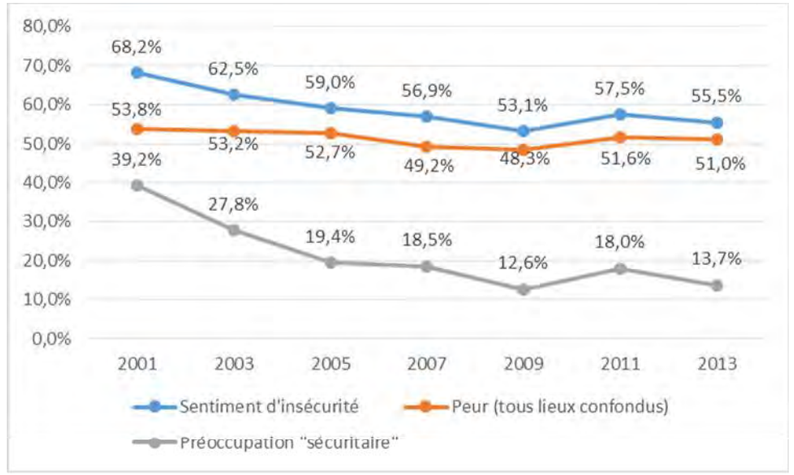


Cartographie des tués de la route de l'année 2013 dans le département de la Seine-et-Marne (DRIEA, Observatoire par département)

2.24.5 Sécurité des personnes et sureté des gares

2.24.5.1 Les Franciliens et la sécurité

En Ile-de-France, 8,5 % des habitants ont déjà été agressés selon l'enquête « Victimation et sentiment d'insécurité en Ile-de-France » de l'IAU-IDF (2013). De surcroit, l'un des éléments marquants de cette septième enquête concerne le changement de tendance s'agissant du sentiment d'insécurité des Franciliens : la préoccupation "sécuritaire" diminue en effet à 13,7 % en 2013 (contre 18 % en 2011) et tandis que les peurs personnelles restent stables avec 51 % (contre 51,6 %). Le sentiment d'insécurité touche ainsi, au total, 55,5 % des Franciliens interrogés, contre 57,5 % en 2011. Ce taux est néanmoins inférieur à celui observé en 2001, alors que les peurs étaient à leur plus haut niveau (53,8 %) et la délinquance figurait en tête des problèmes sociaux dont devait s'occuper en priorité le gouvernement (citée par 39,2 % des enquêtés).



Évolution du sentiment d'insécurité entre 2001 et 2013 (Sources : IAU îdF – enquêtes « Victimation & sentiment d'insécurité en Île-de-France » de 2001, 2003, 2005, 2007, 2009, 2011 et 2013.)

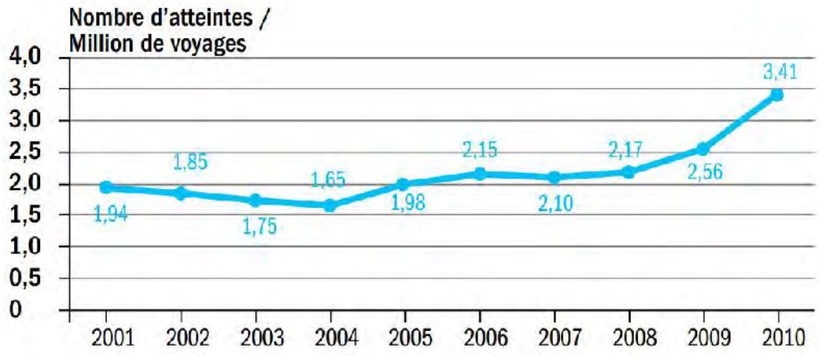
2.24.5.2 Les indicateurs de la criminalité en Ile-de-France et dans les départements concernés136

Dans l'ensemble de la région Ile-de-France, 143 130 faits d'atteintes volontaires à l'intégrité physique ont été recensés par les autorités en 2011. Ce chiffre présente une baisse de 2,3% par rapport à l'année 2010, après trois années consécutives de progression. Concernant la zone d'étude, le département de la Seine-Saint-Denis est celui où le plus grand nombre de faits a été constaté en 2011 (31 331 faits). Il est suivi par le Val-de-Marne (14 605 faits), les Hauts-de-Seine (13 704 faits) et enfin la Seine-et-Marne (11 798 faits). C'est à Paris que cet indicateur présente le plus grand chiffre de la région, avec 35 775 faits recensés en 2011.

[136] Source : Rapport annuel 2012 de l'ONDRP (L'Observatoire national de la délinquance et des réponses pénales)

2.24.5.3 Sureté des transports en commun et des Gares du tronçon

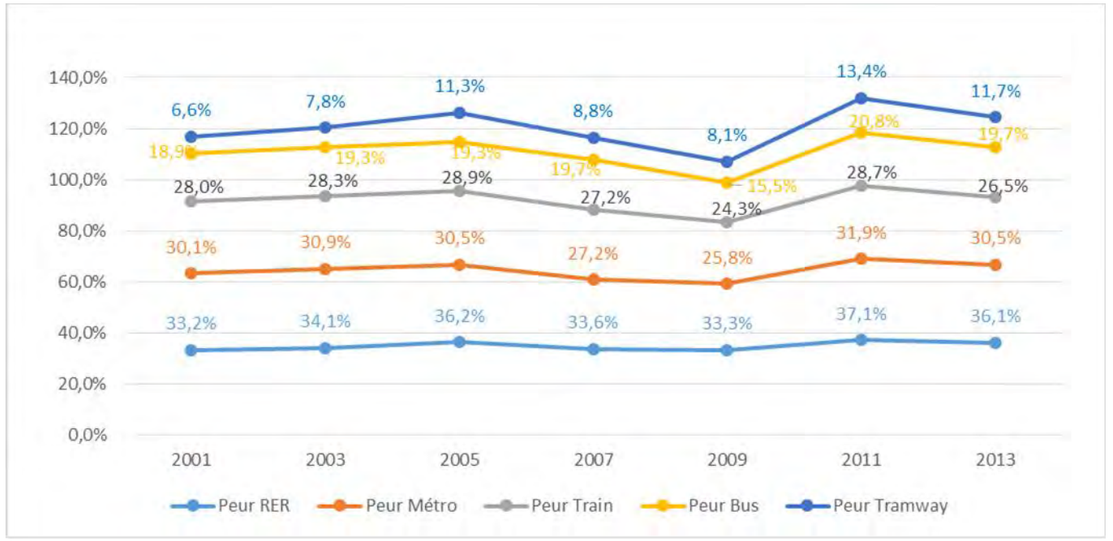
Près d'un Francilien sur deux ne voyage pas sereinement. Le sentiment d'insécurité en Ile-de-France dans les transports en commun est stable depuis plusieurs années mais reste relativement élevé, selon une enquête menée par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la région. 43,7% (enquête 2013) des personnes interrogées déclarent "avoir peur, au moins de temps en temps, d'être agressées ou volées dans les transports en commun", alors que seulement 3,4 % des sondés ont "été victimes de vols ou d'agressions au cours des trois dernières années" (enquête 2011). Le sentiment d'insécurité a même augmenté de cinq points entre 2009 et 2011, alors que la part des sondés victimes d'actes répréhensibles a baissé de 1,4 point entre 2005 et 2011.



Atteintes subies par les voyageurs en Ile-de-France sur les réseaux RATP et SNCF, par million de voyages (ONDT, base de données Cezar de la SNCF et base de données Safirs de la RATP)

La peur est plus ou moins forte en fonction du mode de transports en commun. Ce constat, que partagent les organismes de transports, se traduit dans les enquêtes régionales par le fait que, en 2013, le RER reste le transport où la peur est la plus répandue (36,1% des enquêtés déclarent redouter d'y être agressés ou volés). Viennent ensuite le métro (30,5%), le train (26,5%) puis le bus (19,7%). Le tramway reste le mode de transports le plus sécurisant (11,7%). De ce classement, il ressort que les peurs sont bien plus fréquentes dans les transports souterrains que sur les réseaux de surface. En particulier, la cote de popularité du tramway tient probablement au fait qu'il n'est pas souterrain, qu'il permet de voir le paysage urbain, mais aussi qu'il est ponctuel et en site propre.

Un des enjeux de la conception des gares sera donc de répondre à ce sentiment d'insécurité dans le métro (en 2ème position dans le classement) par une conception adéquate et sécuritaire.



Lien entre le pourcentage de peur et le type de transport en commun (Source : IAU-IDF – Enquêtes Victimation et sentiment d'insécurité en Ile-de-France de 2001, 2003, 2007,2009, 2011 et 2013)

2.24.5.4 Les moyens mis en œuvre

Ainsi, afin d'assurer la sécurité quotidienne de plus de 11 millions de voyageurs franciliens, la préfecture de Police dispose d'une sous-direction spécialisée des transports (SDRPT) intégrée à la direction de la sécurité de proximité de l'agglomération parisienne. Ainsi, 126 patrouilles sécurisent chaque jour 912 gares/stations, 813 rames de métro, RER, trains de banlieue, tramways et bus. La SDRPT travaille en étroite coordination avec les transporteurs RATP et SNCF. Il est également à noter que la SNCF participe au maximum aux Contrats Départementaux de Sécurité.

2.24.6 Synthèse des enjeux liés à la santé et la sécurité

Trois enjeux principaux sont identifiés dans le cadre de l'impact sur la santé des habitants de la région Ile-de-France, et plus particulièrement de la population vivant ou fréquentant le territoire localisé aux abords du fuseau d'étude la Ligne 15 Sud :

- Certaines zones de la région Ile-de-France présentent une qualité de l'air où les émissions et concentrations en polluants atmosphériques sont significatives. Celles-ci, globalement localisées à Paris et aux abords des grands axes de circulation, doivent faire l'objet d'une attention particulière en termes de surveillance et de limitation d'émissions supplémentaires ;

- Le grand nombre d'usagers sur le réseau routier francilien conduit à un nombre conséquent d'accidents de la route chaque année. Ce chiffre est d'ailleurs relativement significatif aux abords du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud et sa réduction doit représenter un objectif annuel constant ;

- Enfin, les agressions physiques et le sentiment d'insécurité des usagers au sein des gares et des infrastructures de transports en commun représentent un problème récurrent en Ile-de-France. La diminution de ces indicateurs représente un enjeu important sur le réseau francilien.

Les niveaux d'enjeux ont été définis selon le potentiel d'amélioration que peut apporter une infrastructure de transport telle que celle du Grand Paris aux différents postes.

Hiérarchisation des enjeux liés à la qualité de l'air, à la sécurité routière et à la sûreté des gares pour les usagers

Section	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Concentrations en polluants atmosphériques généralement en baisse mais dépassant toujours fréquemment les valeurs limite en particulier à proximité du trafic routier.
	Concentrations en particules fines pouvant être élevées dans les espaces confinés ferroviaires (gares, trains et métros).
	Nombre d'accidents de la route relativement faible aux abords du fuseau d'étude.
	Sentiment d'insécurité important dans les gares et infrastructures de transport en commun.

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu Faible	Enjeu Modéré	Enjeu Fort

3. Enjeux identifiés à l’issue de l’état initial

Les enjeux environnementaux sont susceptibles, suivant leurs caractéristiques, de ne concerner le territoire d'étude que ponctuellement. De cette manière, le niveau d'enjeu (fort, moyen, faible) est donc en partie fonction de la superficie de l'enjeu, mais également de la présence de zones/établissements sensibles, d'un patrimoine existant (naturel, historique,…), ou des caractéristiques du sous-sol.

Le tableau suivant fait état des principaux enjeux locaux du territoire, et propose une hiérarchisation de ces derniers selon le code couleur :

- Rouge = enjeu fort : l'enjeu est tel qu'il peut remettre en cause et bloquer le projet, sur le plan technique (solutions d'ingénierie particulières peu ou pas adaptées à la contrainte) ou sur le plan procédurier (procédure présentant un risque de blocage du projet) ;

- Orange = enjeu moyen : l'enjeu est tel qu'il peut remettre en cause un projet sur le plan technique ou sur le plan de la procédure sans présenter pour autant un risque de blocage (sur le plan technique par exemple, les solutions d'ingénierie particulières sont adaptées à la contrainte) ;

- Jaune = enjeu faible : l'enjeu a été pris en compte, mais ne représente pas un facteur de blocage ;

- Blanc = sans enjeu.

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu Faible	Enjeu Modéré	Enjeu Fort

Nota : Les thématiques environnementales où les enjeux sont négligeables ou nuls sur l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud ne sont pas présentés dans le tableau ci-dessous.

Hiérarchisation des principaux enjeux de la Ligne 15 Sud

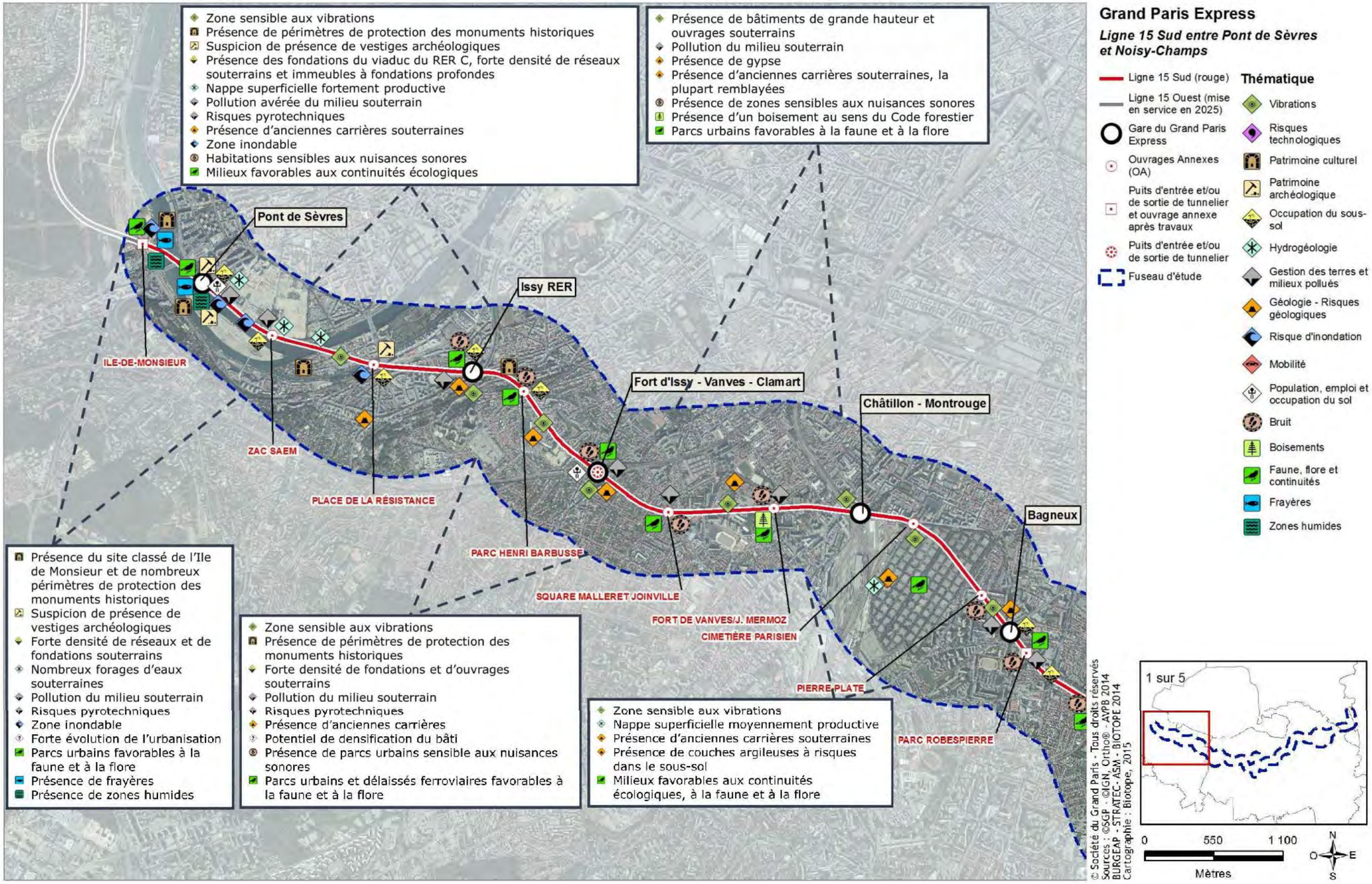
Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Issy RER à Arcueil-Cachan	Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Vitry Centre à Champigny Centre	Champigny Centre à Noisy-Champs
Relief - Topographie	Pas d'enjeu sur la section	Pente forte à très forte très localement, atteignant localement 20% au niveau d'Arcueil Cachan	Pente forte à très forte très localement, atteignant localement 20% au niveau de Villejuif et de Vitry	Pas d'enjeu sur la section	Pentes localement forte, atteignant 10 % au niveau de Champigny sur Marne et de Villiers sur Marne
		Pente faible, de quelques pourcents ailleurs	Pente faible, de quelques pourcents ailleurs		Pente faible ailleurs
Hydrographie et risque inondation	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur de l'Ile de Monsieur	Pas d'enjeu sur la section, fuseau principalement inscrit en dehors des zonages PPRI, des périmètres de protection de captage et des berges de Seine	Pas d'enjeu sur la section, fuseau principalement inscrit en dehors des zonages PPRI, des périmètres de protection de captage et des berges de Seine	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur des Ardoines à Créteil L'Echat	Pas d'enjeu sur la section, fuseau principalement inscrit en dehors des zonages PPRI, des périmètres de protection de captage Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente et des berges de Seine
	Fuseau d'étude inscrit au sein du périmètre de protection dans le secteur de l'Ile de Monsieur			Fuseau d'étude inscrit au sein du périmètre de protection dans le secteur de la Friche Arrighi Vitry	
	Fuseau d'étude en bordure de Seine ; Vigilance à avoir quant à la qualité des eaux du cours d'eau			Fuseau d'étude en bordure de Seine ; Vigilance à avoir quant à la qualité des eaux du cours d'eau	
Eaux superficielles	Pas d'enjeu sur la section	Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente	Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente	Pas d'enjeu sur la section	Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente
Géologie	Pas d'enjeu sur la section	Hétérogénéité des couches traversées par le tunnelier contraignantes pour le creusement au tunnelier	Hétérogénéité des couches traversées par le tunnelier contraignantes pour le creusement au tunnelier	Hétérogénéité des couches traversées par le tunnelier contraignantes pour le creusement au tunnelier	Hétérogénéité des couches géologiques présentes
Risques géologiques	Pas d'enjeu sur la section	Présence significative d'anciennes carrières, de gypse en imprégnation et d'argiles sur toute la section Existence de réglementation sur le risque carrières sur toute la section	Présence significative d'anciennes carrières, de gypse en imprégnation et d'argiles sur toute la section Présence de gypse cristallisé au niveau de Villejuif Existence de réglementation sur le risque carrières sur toute la section	Présence de gypse en faible imprégnation et d'argile Existence de réglementation sur le risque carrières sur toute la section	Pas d'enjeu sur la section
Hydrogéologie et risques associés	Nappe alluvions craie très productive, gradient faible. Tunnel parallèle à perpendiculaire au sens d'écoulement des nappes	Nappe Eocène inférieur et moyen profonde, très peu productive Pas d'usage	Nappe Eocène inférieur et moyen profonde, très peu productive Pas d'usage	Nappe alluvions Eocène très productive, gradient faible. Tunnel perpendiculaire au sens d'écoulement des nappes intersectées dans une zone très	Nappes superficielles peu étendues, peu productives, gradient fort Tunnel quasiment parallèle au sens d'écoulement des nappes

Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Issy RER à Arcueil-Cachan	Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Vitry Centre à Champigny Centre	Champigny Centre à Noisy-Champs
	intersectées dans une zone très densément urbanisée Usage géothermie développé. Risques associés aux pompages et aux rejets d'eaux pompées	Risque associé effet barrage	Risque associé effet barrage	densément urbanisée Pompages industriels au niveau des Ardoines Risques associés aux pompages et aux rejets d'eaux pompées	intersectées Risques associé Effet barrage
	Risque de remontée de nappe très fort en liaison avec la proximité de la Seine	Risque faible de remontée de nappe	Pas de risque de remontée de nappe	Trois Ouvrages inscrits dans des zones de nappes sub-affleurantes	Pas de risque de remontée de nappe
Occupation du sous-sol	Présence d'une canalisation GRT Gaz et d'un collecteur SEVESC de gros diamètre	Présence d'aqueducs au niveau d'Arcueil Cachan	Présence d'aqueducs au niveau d'Arcueil Cachan	Présence de canalisations GRT Gaz dans les secteurs des Ardoines et de Vert de Maisons Présence d'installations RTE au niveau des Ardoines	Présence localisée de réseau
Gestion des terres et milieux pollués	Forte densité de sites BASIAS au niveau de Pont de Sèvres et pollution des sols avérée	Présence avérée de pollution sur les secteurs de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et de Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées	Présence de remblais potentiellement pollués	Forte densité de sites industriels sur le secteur des Ardoines et pollution des sols avérée	Présence potentielle de pollution du fait d'activités industrielles et commerciales au niveau du secteur d'aménagement du SMR
NATURA 2000	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude Le site de la ZPS Seine Saint Denis le plus proche est la Haute Ile à moins d'un kilomètre de la gare de Noisy-Champs
Faune-Flore-Habitats Naturels	Présence de quelques sites à enjeux notamment l'Ile de Monsieur	Présence d'espèces protégées au niveau de la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart et sur quelques espaces verts	Présence d'espèces protégées et patrimoniales à dans la Parc des Hautes Bruyères à Villejuif Espaces verts alentours à enjeux plus faible	Présence d'espèces protégées et patrimoniales sur la Friche Arrighi Vitry Espaces verts alentours à enjeux plus faible	Présence d'espèces protégées et patrimoniales au niveau de la gare de Noisy-Champs, du SMR de Champigny, de la gare de Bry/Villiers/Champigny et de la 'entre deux ferroviairebase ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny Espaces verts alentours à enjeux plus faible
Continuités écologiques	Corridor de la sous-trame bleue (Seine) Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Corridor de la sous-trame arboré à fonctionnalité réduite au niveau de la gare de Noisy-Champs Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain
Boisements	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet	Présence du boisement du fort de Vanves	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier et en interaction avec le projet (boisement de la gare de Bry-Villiers-Champigny, Boisement du SMR de Champigny et

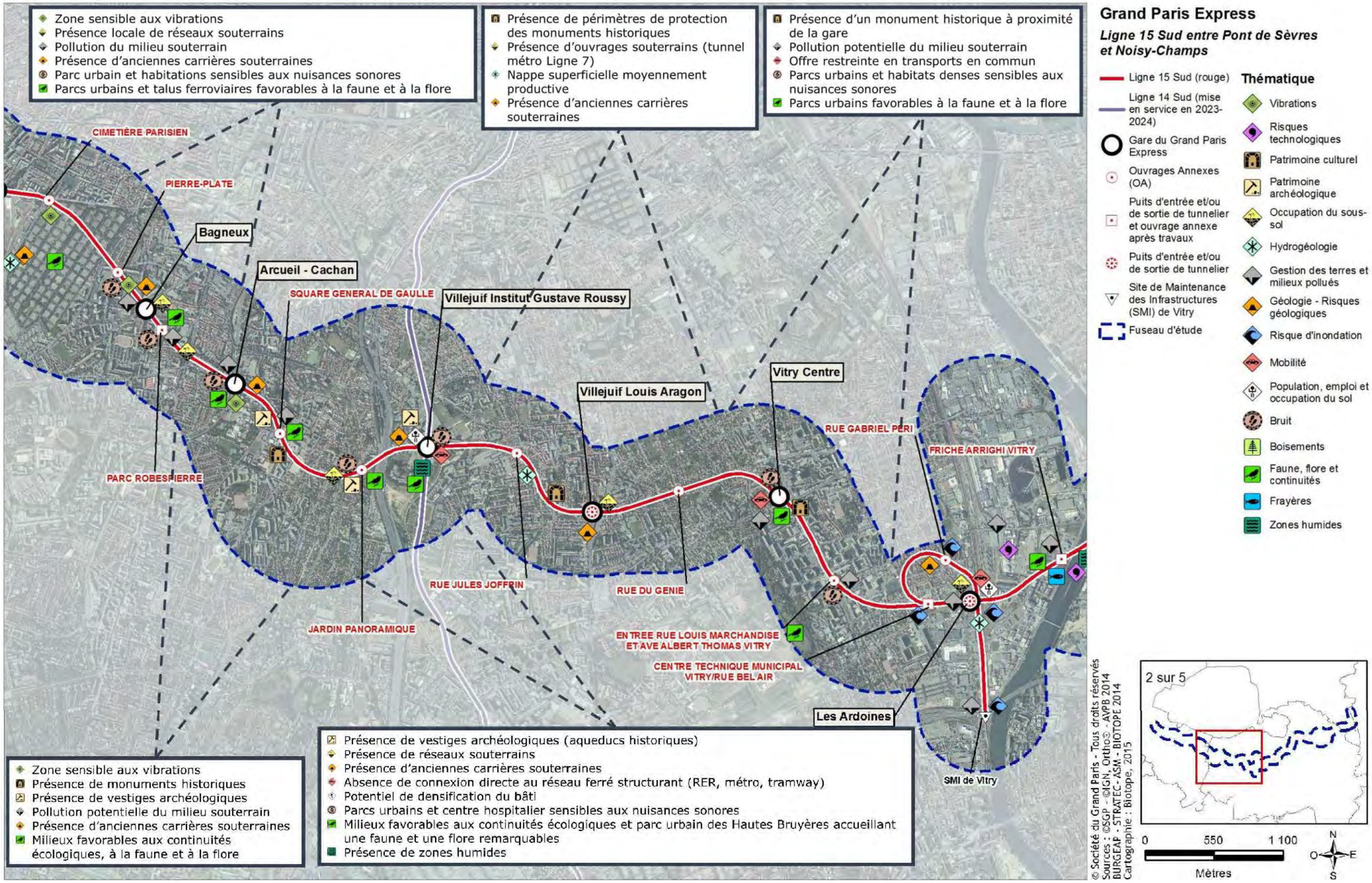
Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Issy RER à Arcueil-Cachan	Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Vitry Centre à Champigny Centre	Champigny Centre à Noisy-Champs
					boisement de Noisy-Champs)
Frayères	Berges de Seine anthropiques mais fond formé de blocs et graviers éparses combinés à la présence importante d'herbiers aquatiques - des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants.	Pas de berges sur cette section	Pas de berges sur cette section	Berges de Seine – Friche Arrighi Vitry : Capacité d'accueil limité pour la ponte de l'ichtyofaune. Principalement milieu de déplacement des espèces piscicoles.	Pas de berges sur cette section
Zones humides	Zones humides au niveau de l'Ile de Monsieur et Pont de Sèvres	Pas d'enjeu	Pas d'enjeu	Zone humides au niveau de la Friche Arrighi Vitry	Zone humide au niveau du SMR de Champigny et de Noisy-Champs
Continuités écologiques associées aux milieux humides	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents : Parc de Billancourt, Domaine National de Saint-Cloud. Continuités associée à la Seine	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents avec le Parc des Hautes Bruyères, les espaces associés au Fort de Vanves	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents avec le Parc des Hautes Bruyères, les espaces associés au Fort de Vanves	Continuités associée à la Seine et à la Marne.	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents avec les espaces verts naturels et artificialisés des secteurs de Bry-Villiers-Champigny et de Noisy-Champs
Agriculture et pédologie	Agriculture : présence de serres municipales Pédologie : pas d'enjeu sur cette section	Pas d'enjeu	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble Pédologie : pas d'enjeu sur cette section	Agriculture : Présence de cultures sous serres Pédologie : unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section hormis la présence de jardins familiaux Pédologie : unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible
Patrimoine culturel	Le fuseau s'inscrit au niveau des sites classés du Bois de Saint-Cloud et parc de Villeneuve-l'Etang et de l'Île de Monsieur et concentre un nombre important de monuments historiques	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés
Grand paysage	Sensibilité paysagère forte avec des sites à fortes valeurs patrimoniales (domaine de Saint Cloud) et nombreux belvédères et perspectives paysagères	Tissu résidentiel et urbain continu	Tissu résidentiel et urbain continu	Tissu résidentiel et urbain continu	Tissu résidentiel et urbain continu
Archéologie	Vestiges connus au niveau de Saint-Cloud	pas d'enjeu	Vestiges connus au niveau d'Arcueil Cachan et de Villejuif	Vestiges connus au niveau de Champigny	pas d'enjeu
Risques industriels	Pas d'enjeu	Pas d'enjeu	Pas d'enjeu	Sites SEVESO au niveau des Ardoines avec PPRT contraignant pour le projet Aucun PPRT à proximité ou au sein du fuseau d'étude	Pas d'enjeu

Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Issy RER à Arcueil-Cachan	Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Vitry Centre à Champigny Centre	Champigny Centre à Noisy-Champs
Environnement sonore	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles	Présence d'habitat dense sur la majorité de la section
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, en particulier à proximité des quais de Seine	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit	Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères	Présence d'habitat dense sur le reste de la section	Secteurs présentant des niveaux sonores élevés
			Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit	Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées	Présence de plusieurs zones vertes identifiées et d'un établissement scolaire
Vibrations	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes au niveau de Boulogne-Billancourt	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes sur la quasi-totalité de la section	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes sur la quasi-totalité de la section	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes au niveau de Créteil et de Saint Maur	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes au niveau de Noisy-Champs
	Pas de singularité du sous-sol	Présence de gypse et d'anciennes carrières souterraines de calcaires grossiers entre Issy RER et Arcueil Cachan	Présence de gypse et d'anciennes carrières souterraines de calcaires grossiers entre Issy RER et Arcueil Cachan	Présence de gypse partout en imprégnation et d'anciennes carrières souterraines de calcaires grossiers au niveau de Créteil	Absence de carrières souterraines
Ondes électromagnétiques	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section

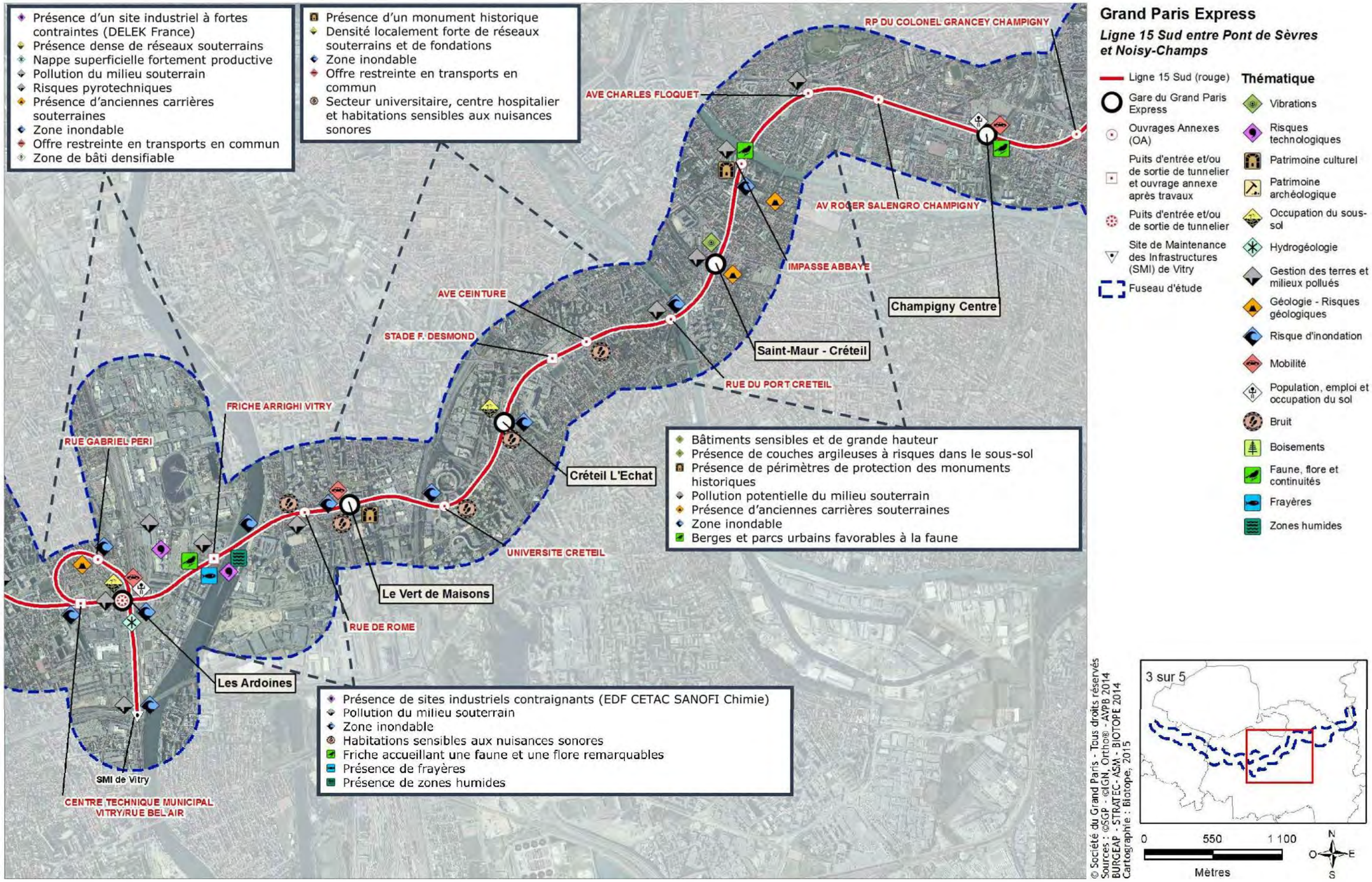
Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Ile de Monsieur / Pont de Sèvres - Bagneux



Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Bagneux - Les Ardoines

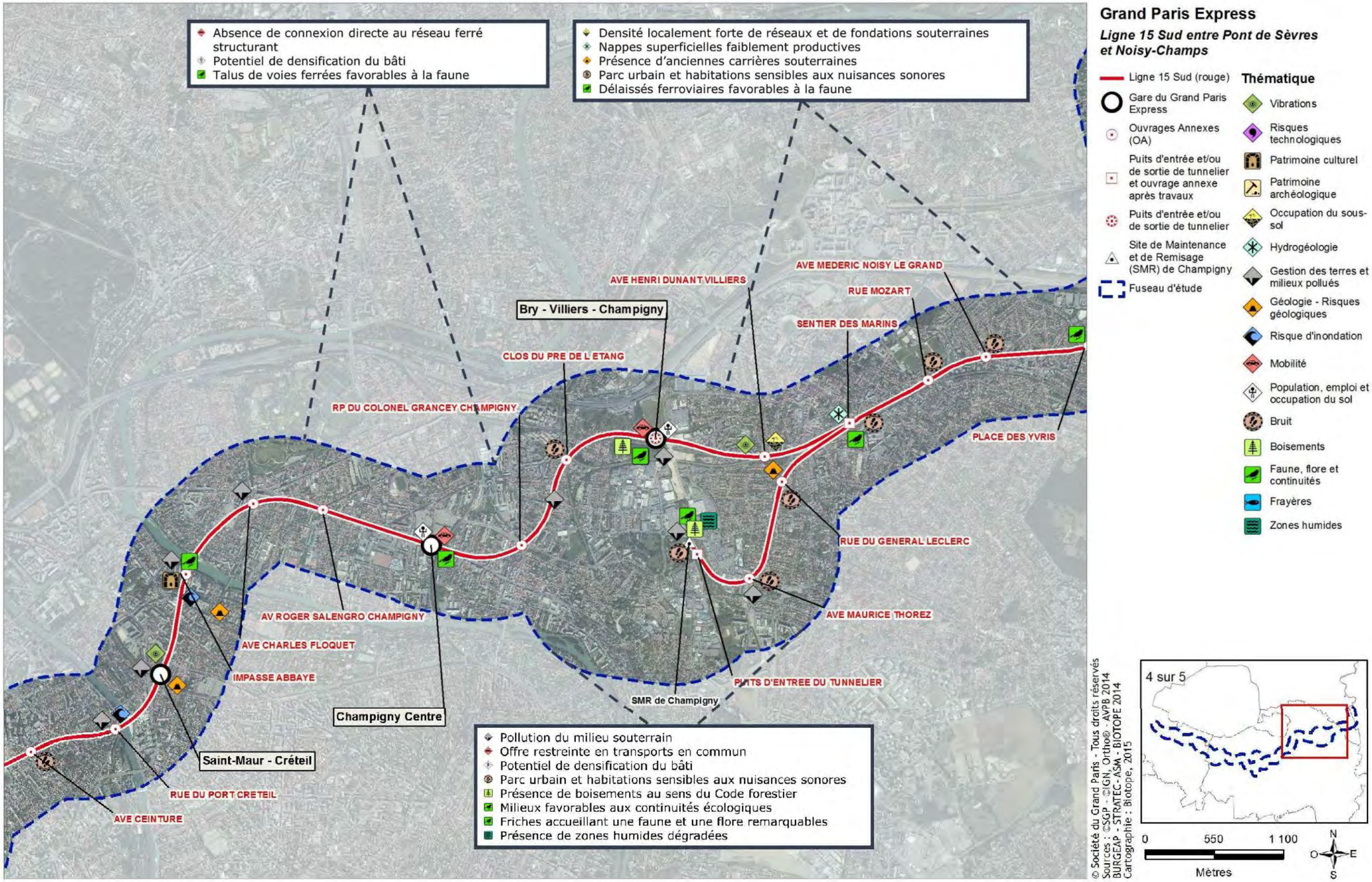


Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Les Ardoines - Champigny Centre



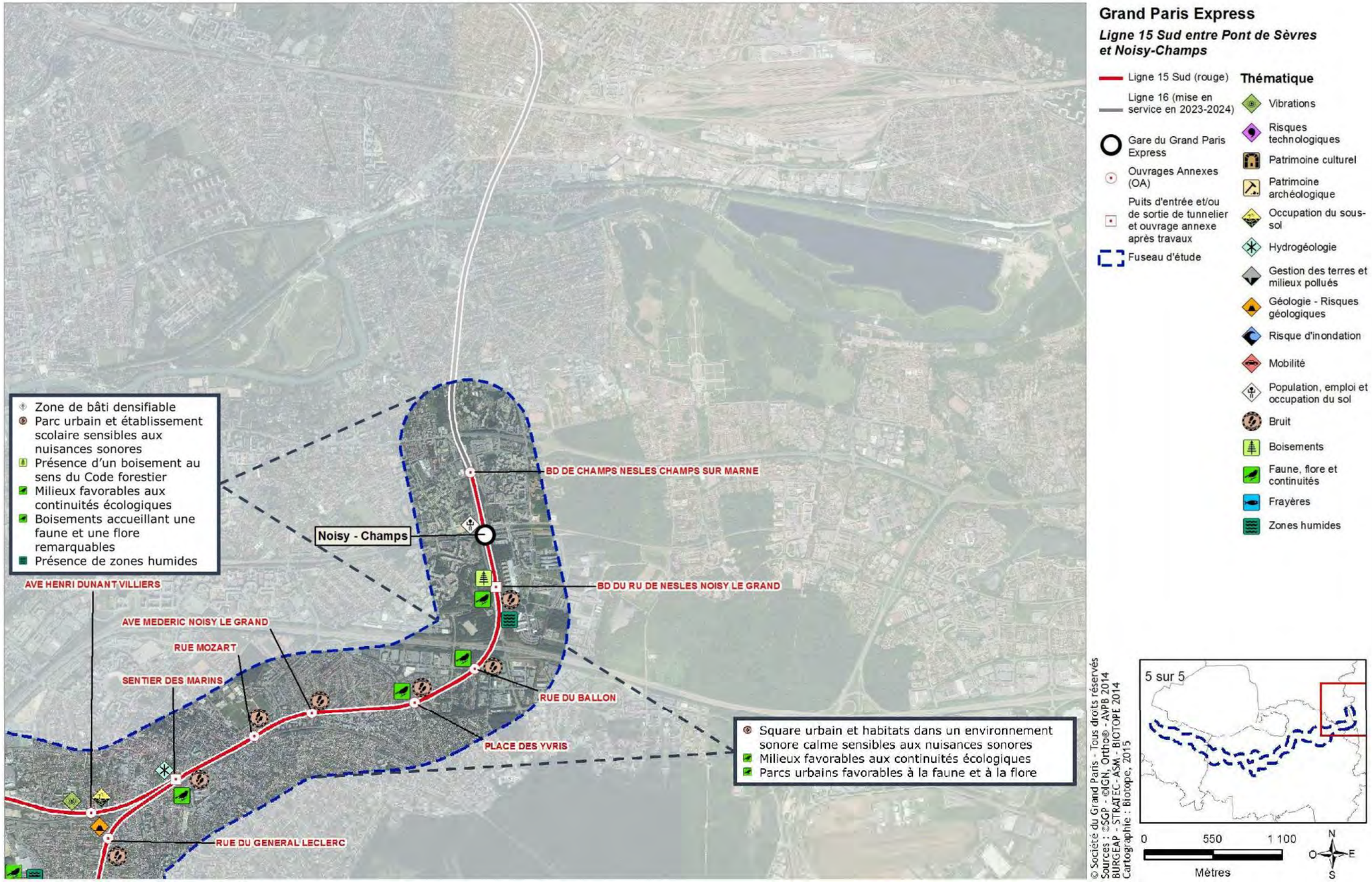
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Bry Villiers Champigny - Noisy-Champs



4. Évaluation des enjeux à l'échelle du programme du Grand Paris Express

4.1 Répartition territoriale et étalement urbain à l'échelle Francilienne

Le projet du réseau de transport du Grand Paris présente en enjeu fort comme catalyseur potentiel de l'aménagement du territoire francilien, levier d'un développement urbain plus durable en proche et lointaine couronne.

En effet, une certaine inégalité de répartition entre emplois et poches d'habitats est identifiable à l'échelle de l'aire urbaine parisienne. L'enjeu lié à la lutte contre le déséquilibre habitat/emplois et donc particulièrement fort. En effet, un programme d'infrastructure de transport de l'ampleur du réseau du Grand Paris représente un réel outil de réduction des inégalités sociales et territoriales en favorisant l'égalité de traitement dans l'accès au transport.

Par ailleurs, l'étalement urbain représente l'un des grands enjeux de la Région Ile-de-France. Le cœur très urbanisé de l'agglomération parisienne déborde de plus en plus loin dans les départements de grande couronne que sont les Yvelines, le Val-d'Oise et la Seine-et-Marne.

L'un des objectifs du projet du Grand Paris Express est de limiter l'étalement urbain en améliorant l'offre de transports dans la zone urbaine dense de manière à faciliter les trajets banlieue-banlieue. La densification du bâti permettant une augmentation de l'offre de logements et de bâtiments à usage économique complète cette approche.

L'évolution réelle de l'étalement urbain ne dépend pas seulement du réseau de transport du Grand Paris Express. Elle résulte également de politiques publiques, en particulier urbaines, que la mise en œuvre du projet peut cependant accompagner.

4.2 Mobilité

De la volonté d'étendre l'emprise de la métropole sur son territoire environnant et de développer harmonieusement les pôles urbains de la périphérie découle naturellement le besoin de relier ces pôles entre eux ainsi qu'aux réseaux de transport existants. L'augmentation de la population et du nombre d'emplois en périphérie va conduire à une croissance constante de la demande en transport sur ces territoires d'ici 2020. Pour que cette augmentation ne profite pas uniquement à l'automobile, l'offre de transport public doit être renforcée afin d'apparaître d'emblée comme une solution attractive et efficace.

Les réseaux de transports publics actuels en Ile-de-France ont longtemps souffert de sous-investissement. La dégradation de la qualité de service, en particulier sur les axes structurants, s'est accentuée pendant la dernière décennie, du fait à la fois d'un déficit de renouvellement des infrastructures et des matériels, et d'un développement du réseau insuffisant au regard de la croissance des déplacements.

Un des enjeux globaux principaux est donc de développer le réseau de transports en commun et de renforcer l'offre par de nouvelles dessertes, en particulier par des liaisons de rocade nécessaires pour exploiter pleinement le réseau actuel.

Le développement du réseau de transport public devra s'accompagner d'une réflexion sur la ville et la densité : concentration des emplois et de l'habitat autour des gares, desserte locale performante, intermodalité avec les modes doux et les systèmes partagés, fret en zone urbaine, etc.

Le réseau routier est quant à lui globalement saturé à l'heure de pointe, ce qui accentue les nuisances résultant des émissions de polluants, de la consommation énergétique, du bruit et des pertes de temps des usagers. Les mesures prises pour réduire la congestion ont toutefois freiné l'accélération du processus et même inversé la tendance sur Paris, qui a vu son trafic diminuer de 20% entre 2000 et 2005 (à l'intérieur du périphérique). Pour atteindre les objectifs régionaux de réduction de la circulation, il convient de continuer dans cette voie de la promotion des modes alternatifs à la voiture et de la réduction des déplacements.

4.3 Environnement sonore

Compte tenu que la quasi-totalité du projet est prévu en souterrain, les enjeux relatifs au bruit à l'échelle de l'ensemble du métro Grand Paris express sont similaires à ceux de la Ligne 15 Sud, à savoir : les chantiers, les équipements techniques, les impacts sonores liés variations de trafic et densification de la population aux alentours des gares et la préservation des zones de calme (et plus généralement les espaces verts situés dans le fuseau de 500m de part et d'autre du projet).

Seules les rares portions en aérien du projet feront l'objet d'un enjeu supplémentaire : la réduction de l'impact sonore du bruit généré par la circulation du métro à ciel ouvert. Il s'agira de certaines sections de linéaire des Lignes 17 et 18.

4.4 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

La Région Ile-de-France est le principal consommateur d'énergie en France : 23,7 millions de tonnes équivalents pétrole ont été consommés en 2008. Un francilien consomme cependant en moyenne moins d'énergie que les habitants du reste du pays : 2.03 tep contre 2.6 tep. Cette différence s'explique principalement par un tissu urbain plus dense et une plus grande proportion d'habitat collectif. L'enjeu principal vis-à-vis des consommations énergétiques est de parvenir à se libérer de la dépendance face aux énergies fossiles en réduisant les consommations et en se tournant vers les énergies renouvelables. Depuis le Grenelle de l'environnement, l'objectif est, au niveau national, de diminuer de 2% par an les consommations en énergie1 dès 2015 et de 2,5% par an dès 2030. En Ile-de-France, le transport, le résidentiel et le tertiaire constituent les postes énergétiques majeurs (respectivement 40%, 52%). Ce sont également des postes pour lesquels les acteurs publics ne sont pas encore parvenus à diminuer significativement les émissions. Ils sont donc au cœur des objectifs actuels de réduction et constituent des enjeux majeurs pour le projet du Grand Paris Express. La mise en œuvre du projet interagit à plusieurs niveaux :

- Restructuration du bâti : la densification et la construction de certains ouvrages vont conduire à une restructuration du bâti pouvant être significative localement. Ce type d'opération passe par la destruction de bâtiments anciens non performants sur le plan énergétique et la construction de bâtiments nouveaux avec les réglementations actuelles, dont la RT2012 (réglementation thermique).

- Réduction potentielle de l'usage de la voiture individuelle : le report modal est l'un des objectifs de la mise en œuvre du Grand Paris Express. La réduction de cet usage doit permettre une amélioration des conditions de circulation, au moins dans certaines zones, donc d'économiser de la consommation d'énergie fossile. De plus, les transports en commun consomment moins d'énergie par personne transportée à trajet équivalent.

L'importance de la population et des activités en Ile-de-France font également de cette région un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre. Selon un Bilan carbone® expérimental

réalisé en 2006, l'empreinte carbone de la région s'élève à 38,5 millions de tonnes équivalent carbone par an. De manière similaire à ce qui a été observé pour les consommations énergétiques, les trois postes d'émissions les plus importants sont le secteur des transports, le résidentiel et le tertiaire. Globalement les émissions directes de gaz à effet de serre n'ont que très peu évolué entre 2000 et 2007. Entre 2005 et 2007 la tendance évolutive semble néanmoins être légèrement à la baisse (les émissions ayant diminué de 6 %). Les enjeux pour le projet du Grand Paris Express et de la Ligne 15 Sud sont importants, la France s'étant engagée sur la scène internationale et la Région Ile de France ayant entériné des plans d'action ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Le Grenelle de l'environnement a notamment rappelé l'objectif de diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050 en accélérant les progrès d'efficacité énergétique dans le bâtiment, en supportant les modes de transports peu émetteurs, en favorisant un urbanisme plus efficace et en développant une politique énergétique de réduction des consommations et du contenu carbone de la production. L'Ile de France a également pris des engagements forts contre les changements climatiques notamment grâce à son plan régional pour le climat adopté en juin 2011. Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE), prévoit, quant à lui, une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020.

4.5 Qualité de l'air

Comme mentionné ci-avant, la qualité de l'air en Ile-de-France reste globalement insatisfaisante, en particulier à proximité du trafic. Le trafic routier étant responsable d'une part importante des émissions de polluants atmosphériques, un des enjeux principaux à l'échelle du Grand Paris Express sera de réduire l'utilisation de la voiture particulière au profit des transports en commun afin d'améliorer la qualité de l'air en Ile-de-France.

Le projet représente donc un enjeu important vis-à-vis des concentrations en polluants atmosphériques et des dépassements des valeurs limite observés dans la zone desservie ainsi que plus localement, à proximité des futures gares.

4.6 Archéologie

Sur les sections en aérien et de manière ponctuelle au niveau des ouvrages et gares sur les sections en souterrain, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentielles notamment à hauteur de Villejuif où le tracé traverse un secteur particulièrement riche en vestiges et au niveau de Paris XIIIème.

Toutefois, de manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront a priori faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains de l'aire d'étude sur les sections en souterrain et la profondeur du tunnel. Le risque d'impact le plus fort concerne principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour, que les travaux pourront mettre à jour.

4.7 Milieux naturels, faune, flore, Natura 2000 et continuités écologiques

L'analyse de l'occupation du sol à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris met clairement en avant l'environnement urbain dominant qui représentent 73% et les milieux semi-naturels et naturels à hauteur de 20%. Les milieux agricoles sont bien représentés sur certains secteurs (Aéroport d'Orly, plateau de Saclay, Plaine de France, Plateau de Nozay, Aulnay, Montesson, Corneilles Argenteuil).

Les milieux urbains et agricoles intensifs restent généralement peu favorables à l'accueil de la faune ou de la flore. Les milieux naturels et semi-naturels (parcs et jardins notamment) accueillent principalement une biodiversité dite « ordinaire ». Toutefois, certains sites moins étendus de type 'parcs et jardins' peuvent également présenter des enjeux écologiques comme le parc départemental des Hautes Bruyères, le parc des Lilas, les milieux ouverts près de l'aéroport Charles de Gaulle, etc. Enfin, quelques espaces « remarquables » accueillent une faune et une flore patrimoniale, principalement au niveau des zonages du patrimoine naturel.

L'analyse de l'occupation du sol, de la fonctionnalité du territoire et des sites à enjeux pour la faune et la flore permettent d'identifier de grands secteurs présentant des enjeux écologiques :

- Les sites de la ZPS Seine-Saint-Denis,
- La Côte de Beauzet et la carrière Saint-Pierre,
- La Traversée de la Marne,
- La Vallée de la Bièvre,
- La Forêt domaniale de Versailles,
- La Forêt domaniale de la Malmaison,
- Les îles de Chelles,
- Les traversées de la Seine,
- Les Canaux de Seine-Saint-Denis et de l'Ourcq,
- La Forêt de Rambouillet et zones humides proches,
- Le plateau de Saclay,
- Le parc de Saint-Cloud,
- Les mares de la Butte verte,
- Le parc des Hautes Bruyères.

S'agissant de Natura 2000, la biodiversité francilienne est reconnue au niveau régional, national et européen à travers la désignation de sites Natura 2000 au titre des directives « Oiseaux » et « Habitats-Faune-Flore ».

Le réseau de transport du Grand Paris Express intercepte deux sites Natura 2000 : les Zones de Protection Spéciale (ZPS) « les Sites de Seine-Saint-Denis » et le « Massif de Rambouillet et zones humides proches ».

S'agissant des continuités écologiques, le SRCE d'Ile-de-France permet d'établir la trame écologique dans un contexte plus global. À l'échelle du réseau de transport du Grand Paris, les éléments suivants sont à retenir :

- Le réseau intersecte plusieurs réservoirs de biodiversité :

- Les sites Natura 2000 identifiés ci-dessus,
- La vallée de la Seine au niveau de Choisy-le-Roi, Boulogne-Billancourt, Neuilly-sur-Seine, Saint-Ouen,
- La vallée de la Marne au niveau de Gournay-sur-Marne et Chennevières–sur-Marne et la vallée de la Bièvre,
- Le Mont Guichet,
- La rigole de Saint Aubin,
- Le réseau de mares du Golf national de Guyancourt
- La Butte Verte.

- Le réseau d'étude intersecte plusieurs corridors écologiques :
  - De la sous-trame aquatique : ensemble des cours d'eau,
  - De la sous-trame boisée : Entre la forêt de Bondy et la Fosse Maussoin, entre les boisements de Sempin et Mont Guichet, entre la forêt de Vaires et les boisements de bord de Marne (Seine-Saint-Denis), entre les boisements de Célie, au niveau de la forêt Domaniale de Palaiseau, au niveau de Versailles, entre le parc de Saint Cloud et le bois de Boulogne,
  - De la sous-trame ouverte : des corridors sont identifiés dans le fuseau d'étude au niveau des aéroports d'Orly, de Charles de Gaulle et du Bourget, au sud de Port Royal, au niveau de Guyancourt, au niveau de la côte de Beauzet.

Par ailleurs, l'étude des continuités écologiques permet d'identifier et de localiser deux grandes zones à enjeux pour la fonctionnalité à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris : à l'est avec les derniers boisements du département de Seine-Saint-Denis et au sud avec les nombreuses forêts domaniales des Hauts-de-Seine et des Yvelines et la plaine de Saclay. En plus de cette trame forestière, des zones humides permettent les connexions entre des milieux humides plus relictuels : au niveau de Chelles et Vaires-sur-Marne, au niveau de la plaine de Saclay et à proximité des deux cours d'eau majeurs de la zone d'étude : la Marne et la Seine.

S'agissant du milieu agricole, l'échelle du programme du Grand Paris Express, les fuseaux recoupent deux secteurs agricoles importants : le plateau de Saclay (ligne 18) et le début de la Plaine de France (au niveau de l'aéroport Charles-de-Gaulle, ligne 17). Les plus forts enjeux se localisent au niveau du plateau de Saclay (Ligne 18), vaste plaine agricole dont plus de 2 300 hectares sont incluses dans la Zone de protection naturelle, agricole et forestière (ZPNAF) du plateau de Saclay, et qui va faire l'objet de nombreux projets d'aménagements, en lien direct avec l'OIN.

4.8 Eaux superficielles et souterraines

A l'échelle du Grand Paris, les enjeux liés au réseau hydrographique se concentrent principalement aux zones de traversées de la Seine, de la Marne, de la Bièvre et des canaux de Saint-Denis et de l'Ourcq.

Les enjeux concernent principalement :

- La prise en compte du risque inondation, notamment pour certaines gares qui sont placées en zone inondable telles que celles de Pont de Sèvres, les Grésillons, les Ardoines, le Vert-de-Maison et les Agnettes...

  Le risque inondation est une problématique importante de la région Ile-de-France liée à la Seine et à la Marne. La crue de 1910, pendant laquelle l'eau est restée pendant 40 jours dans les rues de Paris, a servi de base a une politique de prévention qui s'est traduite par des documents réglementaires, les Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) et par un certain nombre d'actions des pouvoirs publics.

  Les enjeux au niveau global sont importants mais localisés. Il s'agit en effet de respecter la réglementation afin de maintenir le volume accessible à leur dans les emprises du projet.
- Le respect des ouvrages de production d'eau potable, qui sont présents en plusieurs points du réseau hydrographique (sur la Marne et sur la Seine en amont de Paris).

  L'enjeu consiste principalement à maintenir de la qualité des eaux prélevées.
- La prise en compte de l'imperméabilisation nouvelle, rendant l'infiltration moins efficace et amplifiant les ruissellements en milieu urbain.

  De fait, l'enjeu est significatif puisqu'il consiste à évaluer le bilan avant-après programme sur les surfaces imperméabilisées, déterminer les volumes nouveaux d'eau pluviale à gérer et définir les modes de gestions et les exutoires à ces effluents.

Par ailleurs, les enjeux relatifs aux eaux souterraines ne sont pas ponctuels mais plutôt diffus sur le territoire Francilien.

En effet, le sous-sol de la région est fortement imprégné d'eau sous forme de nappes souterraines situées dans différents réservoirs aquifères. Les principaux aquifères sont :

- Les alluvions en bordure des grands cours d'eau (Seine et Marne) : ce réservoir est important localement en volume et produit des débits importants.
- La craie au niveau de Boulogne Billancourt : ce réservoir est important localement en volume et produit des débits importants.
- Les terrains tertiaires, situés géologiquement entre les précédents, qui constituent plusieurs aquifères séparés par des niveaux argileux (argile plastique et argiles vertes principalement.

L'essentiel du métro souterrain sera situé dans l'eau, du fait de la présence de nappes souterraines au droit des différentes lignes. La mise en place de l'infrastructure présente donc des enjeux importants en termes d'effets barrage et de rabattement des nappes.

De plus, la présence de nappes souterraines induits des usages spécifiques et notamment concernant l'alimentation en eau potable ou en eau de secours. Les enjeux sont alors plus locaux car directement recentrés au niveau des champs captant ou captages ponctuels, comme :

- Le champ captant de Villeneuve-la-Garenne,
- Le champ captant d'Aulnay-sous-Bois.

L'enjeu principal concerne surtout la phase travaux avec :

- Le rabattement éventuel des nappes captées,
- L'apport de polluants lié aux activités de chantiers et déversements accidentels.

4.9 Gestion des déblais

Les déblais et leur gestion constituent une problématique importante du projet et une composante à part entière.

Les quelques 170 km de réseau souterrain et les ouvrages associés vont engendrer plus de 20 millions de mètres-cubes de déblais, ce qui représente un volume extrêmement important, malgré une répartition sur plusieurs années de chantier.

La valorisation économique sous forme de granulats sera probablement difficile pour les déblais produits par les tunneliers. Elle le sera beaucoup moins pour les déblais issus de travaux en tranchée couverte et techniques associées. Leurs caractéristiques sont en effet beaucoup mieux préservées.

Une bonne gestion des déblais constitue ainsi, à l'échelle francilienne, un enjeu important (lieu de stockage définitif, mode d'acheminement, traitement préalable,…).

De manière générale, il semble dès lors qu'une bonne partie des déblais servira de remblai en tout-venant, soit dans des opérations d'aménagement déficitaires, soit dans des Installations de Stockage des Déchets Inertes (ISDI) dument autorisées. Par contre, les déblais pollués devront préalablement être traités dans des filières adaptées.

Les zones connues comme présentant des sols pollués en raison du passé industriel du territoire sont :

- Le Nord de Paris entre les gares des Agnettes et de Sevran-Beaudottes, incluant le secteur de la gare du Bourget aéroport ;
- Le Sud-Est de Paris, avec le secteur des Ardoines où des études ont déjà été menées ;
- Le secteur de Satory.

Sur ces zones, les enjeux apparaissent plus importants.

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION (CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

PIÈCE **B.2**

Étude d'impact de la ligne 15 Sud (rouge)

Description du projet

Sommaire

1. Introduction 5

1.1 Objet de la pièce B.2 de l'étude d'impact 7

1.2 Du dossier de DUP aux dossiers de demande d'autorisation au titre du code de l'environnement 7

2. Description du projet 9

2.1 Présentation générale de la Ligne 15 Sud 11

2.1.1 Caractéristiques de la Ligne 15 Sud 11

2.1.2 Plan général de la Ligne 15 Sud 12

2.1.3 Plan détaillé de la Ligne 15 Sud 13

2.2 Planning général des travaux de la ligne 15 Sud 18

2.3 Démarche environnementale pour le projet 19

2.4 Présentation générale de chaque type d'ouvrages 21

2.4.1 Le tunnel et les puits de tunnelier 22

2.4.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle 24

2.4.3 Les gares 25

2.4.4 Les ouvrages annexes 27

2.4.5 Les sites industriels 28

2.4.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires 29

2.4.7 Les ouvrages spéciaux 31

2.4.8 Les ouvrages d'interconnexion 32

2.4.9 Les projets connexes 33

2.4.10 Caractéristiques d'exploitation de la ligne 34

2.5 Déroulement général de la phase chantier 35

2.5.1 Principes généraux 35

2.5.2 Mise en œuvre du tunnel en tunnelier 35

2.5.3 Réalisation des gares par méthode dite de « Parois Moulées » 39

3. Présentation détaillée des ouvrages 43

3.1 Présentation des gares de la Ligne 15 Sud 45

3.1.1 Gare de Pont de Sèvres 45

3.1.2 Gare d'Issy RER 52

3.1.3 Gare de Fort d'Issy – Vanves – Clamart 57

3.1.4 Gare de Châtillon-Montrouge 61

3.1.5 Gare de Bagneux 67

3.1.6 Gare d'Arcueil - Cachan 71

3.1.7 Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy 76

3.1.8 Gare de Villejuif Louis Aragon 82

3.1.9 Gare de Vitry Centre 87

3.1.10 Gare Les Ardoines 91

3.1.11 Gare Le Vert de Maisons 95

3.1.12 Gare de Créteil l'Echât 100

3.1.13 Gare de Saint-Maur Créteil 105

3.1.14 Gare de Champigny Centre 110

3.1.15 Gare de Bry-Villiers-Champigny 115

3.1.16 Gare de Noisy-Champs 119

3.2 Interconnexions des gares avec les ouvrages SNCF et RATP 124

3.2.1 Les interconnexions SGP - RATP 124

3.2.2 Les interconnexions SGP - SNCF 133

3.3 Présentation des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud 138

3.3.1 Ouvrages annexes : généralités 138

3.3.2 OA Ile de Monsieur / Puits 2301P 144

3.3.3 OA ZAC SAEM / Puits 2203P 145

3.3.4 OA place de la Résistance / Puits 2201P 146

3.3.5 OA parc Henri Barbusse / Puits 2101P 147

3.3.6 OA Square Malleret Joinville/ Puits 2002P 148

3.3.7 OA Fort de Vanves / Puits 2001P 149

3.3.8 OA Cimetière parisien de Bagneux / Puits 1902P 150

3.3.9 OA Pierre Plate / Puits 1901P 151

3.3.10 OA Parc Robespierre / Puits 1801P 152

3.3.11 OA Square du Général de Gaulle / Puits 1702P 153

3.3.12 OA Jardin panoramique / Puits 1701P 154

3.3.13 OA rue Jules Joffrin / Puits 1601P 155

3.3.14 OA rue du Génie / Puits 1501P 156
3.3.15 OA rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas / Puits 1402P 157
3.3.16 OA Centre technique municipal / Puits 1401P 158
3.3.17 OA Rue Gabriel Péri / Puits 1404P 159
3.3.18 OA Friche Arrighi / Puits 1302P 160
3.3.19 OA rue de Rome / Puits 1301P 161
3.3.20 OA Université de Créteil / Puits 1201P 162
3.3.21 OA Stade F. Desmond / Puits 1103P 163
3.3.22 OA avenue de Ceinture / Puits 1102P 164
3.3.23 OA rue du Port / Puits 1101P 165
3.3.24 OA Impasse de l'Abbaye / Puits 1003P 166
3.3.25 OA rue Charles Floquet / Puits 1002P 167
3.3.26 OA avenue Roger Salengro / Puits 1001P 168
3.3.27 OA Rond-point du colonel Grancey / Puits 0902P 169
3.3.28 OA Clos du Pré de l'Etang / Puits 0901P 170
3.3.29 OA de tunnelier SMR / Puits 0813P 171
3.3.30 OA avenue Maurice Thorez / Puits 0811P 172
3.3.31 OA rue du Général Leclerc / Puits 0810P 173
3.3.32 OA Avenue Henri Dunant / Puits 0808P 174
3.3.33 OA Sentier des Marins / Puits 0807P 175
3.3.34 OA rue Mozart / Puits 0806P 176
3.3.35 OA avenue Médéric / Puits 0805P 177
3.3.36 OA place des Yvris / Puits 0804P 178
3.3.37 OA rue du Ballon / Puits 0803P 179
3.3.38 Avant gare de Noisy-Champs/ Puits 0802P 180
3.3.39 Arrière gare de Noisy-Champs/ Puits 0801P 181
3.4 Présentation des plates-formes fluviales et ferroviaires 182
3.4.1 Plate-forme fluviale sur l'Ile de Monsieur 182
3.4.2 Plate-forme fluviale à Pont de Sèvres 183
3.4.3 Plate-forme fluviale sur la friche Arrighi 184
3.4.4 Base ferroviaire à Fort d'Issy-Vanves-Clamart 185
3.4.5 Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny 185
3.5 Présentation des ouvrages spéciaux 187
3.5.1 L'ouvrage de liaison avec la Ligne 15 Est 187
3.5.2 Les ouvrages de débranchement vers les sites de maintenance 187
3.6 Présentation des sites de maintenance de la Ligne 15 Sud 189
3.6.1 Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry 189
3.6.2 Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny-sur-Marne 191

4. Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu 195
4.1 Processus de choix du projet 197
4.2 Choix du tracé 199
4.3 Choix de localisation des ouvrages annexes 205
4.4 Choix de localisation des puits de départ de tunnelier 205
4.5 Choix de localisation des gares 207
4.5.1 Gare de Pont de Sèvres 207
4.5.2 Gare d'Issy RER 208
4.5.3 Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart 208
4.5.4 Gare de Châtillon-Montrouge 209
4.5.5 Gare de Bagneux 209
4.5.6 Gare d'Arcueil-Cachan 209
4.5.7 Gare de Villejuif IGR 210
4.5.8 Gare de Villejuif Louis Aragon 210
4.5.9 Gare de Vitry Centre 211
4.5.10 Gare Les Ardoines 212
4.5.11 Gare Le Vert de Maisons 212
4.5.12 Gare de Créteil l'Echat 213
4.5.13 Gare de Saint-Maur Créteil 214
4.5.14 Gare de Champigny-Centre 215
4.5.15 Gare de Bry-Villiers-Champigny 217
4.5.16 Gare de Noisy-Champs 217
4.6 Choix de localisation des sites de maintenance 219

1. Introduction

1.1 Objet de la pièce B.2 de l'étude d'impact

Le présent document correspond à la pièce B.2 du dossier d'étude d'impact, portant sur la description du projet de Ligne de métro automatique dite « ligne rouge - 15 Sud » comprenant notamment 16 gares.

Ce document présente notamment les éléments suivants :

- Description du projet :
  - Présentation générale de la Ligne 15 Sud
  - Présentation générale de chaque type d'ouvrages
  - Déroulement général des travaux
- Présentation détaillée de chaque ouvrage :
  - Présentation des gares de la Ligne 15 Sud
  - Présentation des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud
  - Présentation des sites de maintenance de la Ligne 15 Sud
- Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu :
  - Processus du choix du projet
  - Variantes de tracé
  - Présentation des différentes variantes de gare de la Ligne 15 Sud

Le lecteur est invité à s'appuyer sur cette pièce pour comprendre les caractéristiques des ouvrages prévus sur la Ligne 15 Sud.

L'analyse de l'état initial de l'environnement réalisé sur le territoire concerné par la Ligne 15 Sud est présenté dans la pièce B1 : « Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : État initial ».

L'analyse des impacts du projet et de ses ouvrages sur l'environnement est présentée dans la pièce B.3 « Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Analyse des impacts et présentation des mesures associées ».

La présentation de manière synthétique de l'ensemble des éléments de l'étude d'impact réalisée pour la Ligne 15 Sud est présentée dans la pièce B4 : « Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Résumé non technique ».

Enfin, certains éléments techniques approfondis, notamment sur les modélisations hydrauliques et hydrogéologiques réalisées dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, sont présentés dans la pièce B5 : « Étude d'impact valant dossier d'incidences Loi sur l'Eau : Annexes ».

Cette étude d'impact sera présentée dans le cadre de différentes procédures administratives nécessaires au démarrage des travaux :

- Dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau au titre du code de l'environnement (présent dossier) ;
- Dossier de demande de permis de construire au titre du code de l'urbanisme pour les gares de la Ligne 15 Sud ;
- Dossier de demande d'autorisation de défrichement pour les ouvrages situés en zones boisées au titre du code forestier.

Point de vigilance :

Le Site de Maintenance et de Remisage des trains (SMR) prévu au niveau de la commune de Champigny est soumis, en application des dispositions liées la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), à une procédure d'autorisation d'exploiter.

Par suite, et en application des dispositions de l'article L. 214-1 du code de l'environnement, cet ouvrage n'est pas inclus dans le périmètre de la présente demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau. Le SMR, qui fera l'objet d'une demande d'autorisation au titre des ICPE dans le courant de l'année 2015, sera soumis à enquête publique dédiée sur le territoire concerné.

1.2 Du dossier de DUP aux dossiers de demande d'autorisation au titre du code de l'environnement

La procédure préalable à la Déclaration d'Utilité Publique a déjà eu lieu pour la Ligne 15 Sud. L'enquête publique s'est déroulée du 7 octobre au 18 novembre 2013.

Les travaux de la « ligne rouge – 15 sud » ont été déclarés « d'utilité public et urgents » par le décret n°2014-1607 du 24 décembre 2014.

2. Description du projet

2.1 Présentation générale de la Ligne 15 Sud

2.1.1 Caractéristiques de la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une partie de la rocade prévue dans le cadre du Grand Paris Express.

La rocade est constituée de 3 projets dont les mises en service s'échelonnement dans le temps :

- La Ligne 15 Sud (environ 33km) qui relie Pont de Sèvres et Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022),
- La Ligne 15 Ouest (environ 21km) qui relie Pont de Sèvres à Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027),
- La ligne 15 Est (environ 24km), qui relie Saint-Denis Pleyel à Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030)

La Ligne 15 Sud, objet du présent dossier, correspond à la première section mise en service de la rocade. Son ouverture est prévue à l'horizon 2022.

La Ligne 15 Sud reliera les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs sur un linéaire de 33 kilomètres, parcouru en 35 minutes.

Elle desservira 16 gares, la plupart en correspondance avec le transport en commun existant, que ce soit RER, Transilien, Métro, tramway, bus en site propre. Les réseaux de bus actuels seront réorganisés pour assurer la bonne desserte des nouvelles gares.

La Ligne 15 Sud comporte également deux sites de maintenances, pour les trains et pour les infrastructures, de la ligne mais également d'autres lignes du Grand Paris Express. Pour assurer la sécurité des usagers, et en application de la réglementation, la Ligne 15 Sud comporte également 38 ouvrages de sécurité.

La Ligne 15 Sud et traverse le territoire de 22 communes en souterrain, minimisant ainsi l'impact sur les territoires traversés.

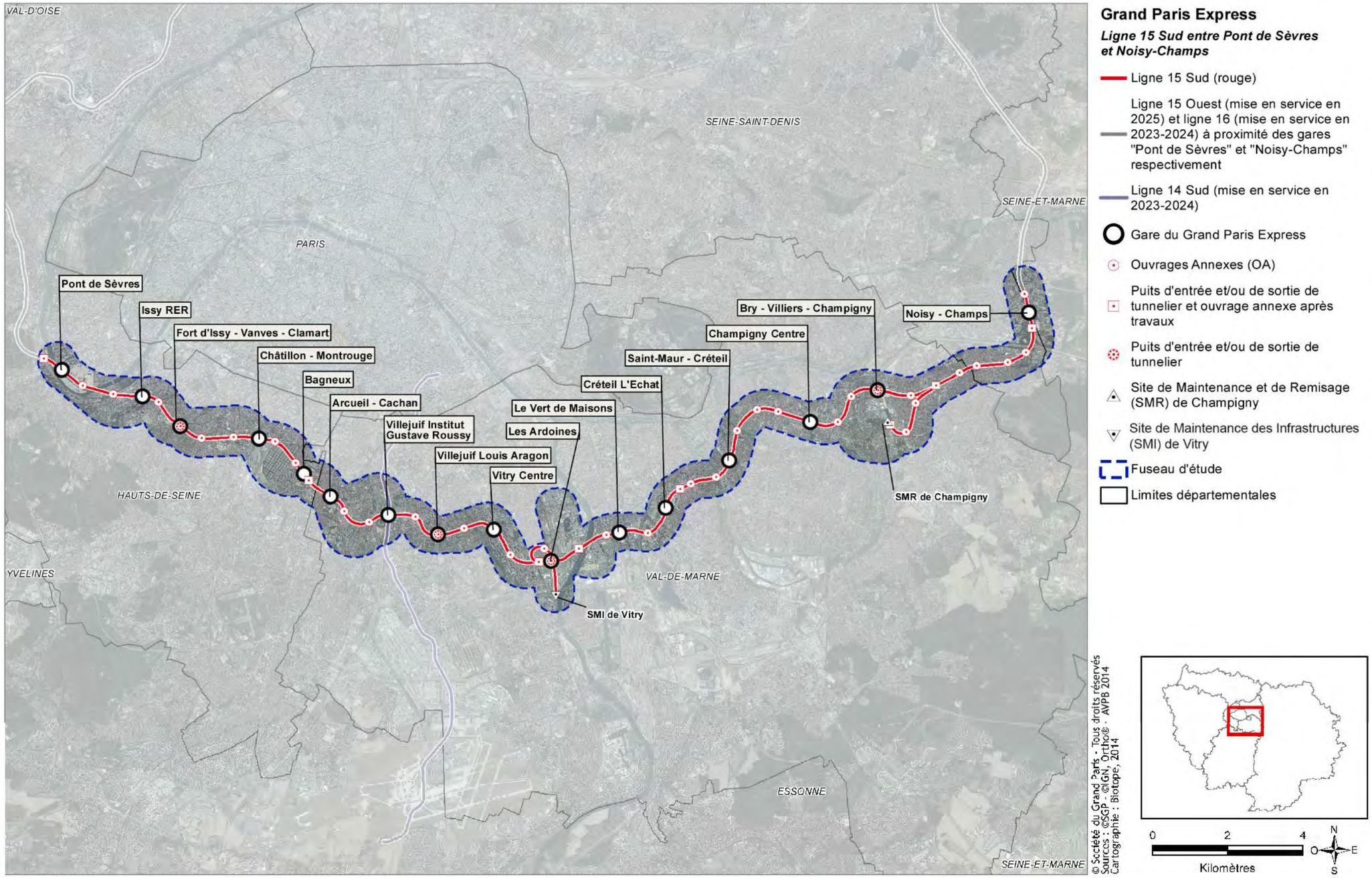
La réalisation de la Ligne 15 Sud permettra notamment de:

- Relier des territoires stratégiques connaissant une forte dynamique d'aménagement (futur pôle culturel international de l'île Seguin, projet de ZAC « Campus Grand Parc » autour de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, Opération d'Intérêt National Orly-Rungis / Seine Amont (intégrant notamment la reconversion de la zone industrielle des Ardoines à Vitry-sur-Seine)
- Desservir des secteurs d'enseignement, de recherche et d'innovation de pointe, à l'image de la Vallée Scientifique de la Bièvre et de la Cité Descartes. La plupart de ces « territoires de projet » font l'objet de réflexions en vue de l'élaboration de contrats ou de schémas de développement territorial, associant l'Etat et les collectivités locales.
- Desservir le secteur de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux dont la densité d'emploi et d'habitat est particulièrement élevée.
- Présenter une alternative à la voiture particulière pour les déplacements de banlieue à banlieue;
- Contribuer à l'allègement des lignes de transport en commun traversant la zone centrale de l'agglomération;
- Améliorer la desserte de secteurs denses de proche couronne ne bénéficiant pas d'une offre de transport en commun structurante et favoriser l'égalité des territoires ;
- Faire bénéficier d'une amélioration du réseau de transport les territoires plus éloignés, par le biais d'un maillage systématique avec l'ensemble des lignes interceptées ;
- Contribuer à répondre aux enjeux environnementaux, en favorisant un report de l'utilisation de la voiture particulière vers les transports en commun et en limitant l'étalement urbain.



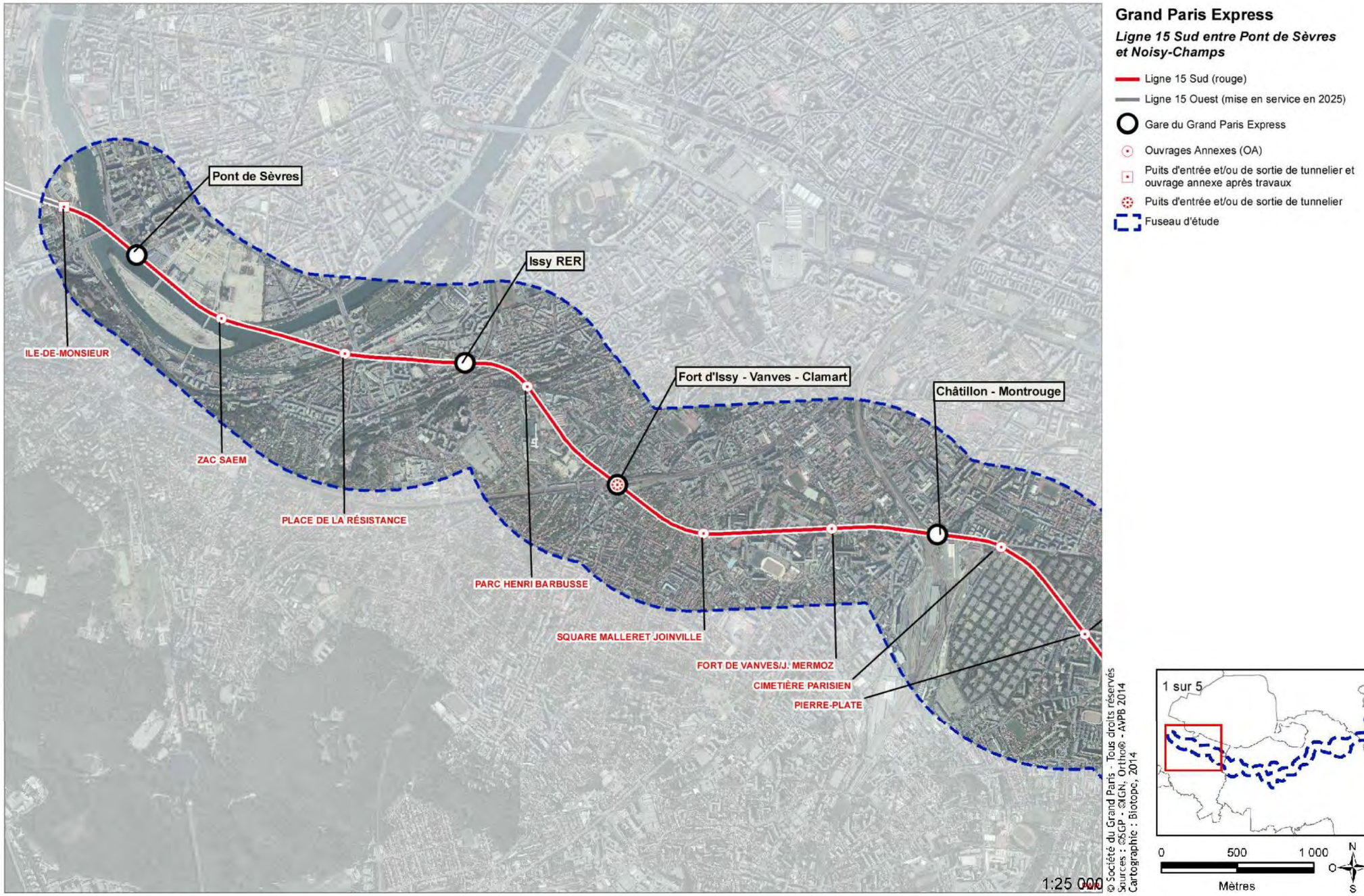
Réseau de Transport Public du Grand Paris / Ligne 15 Sud (rouge)

2.1.2 Plan général de la Ligne 15 Sud

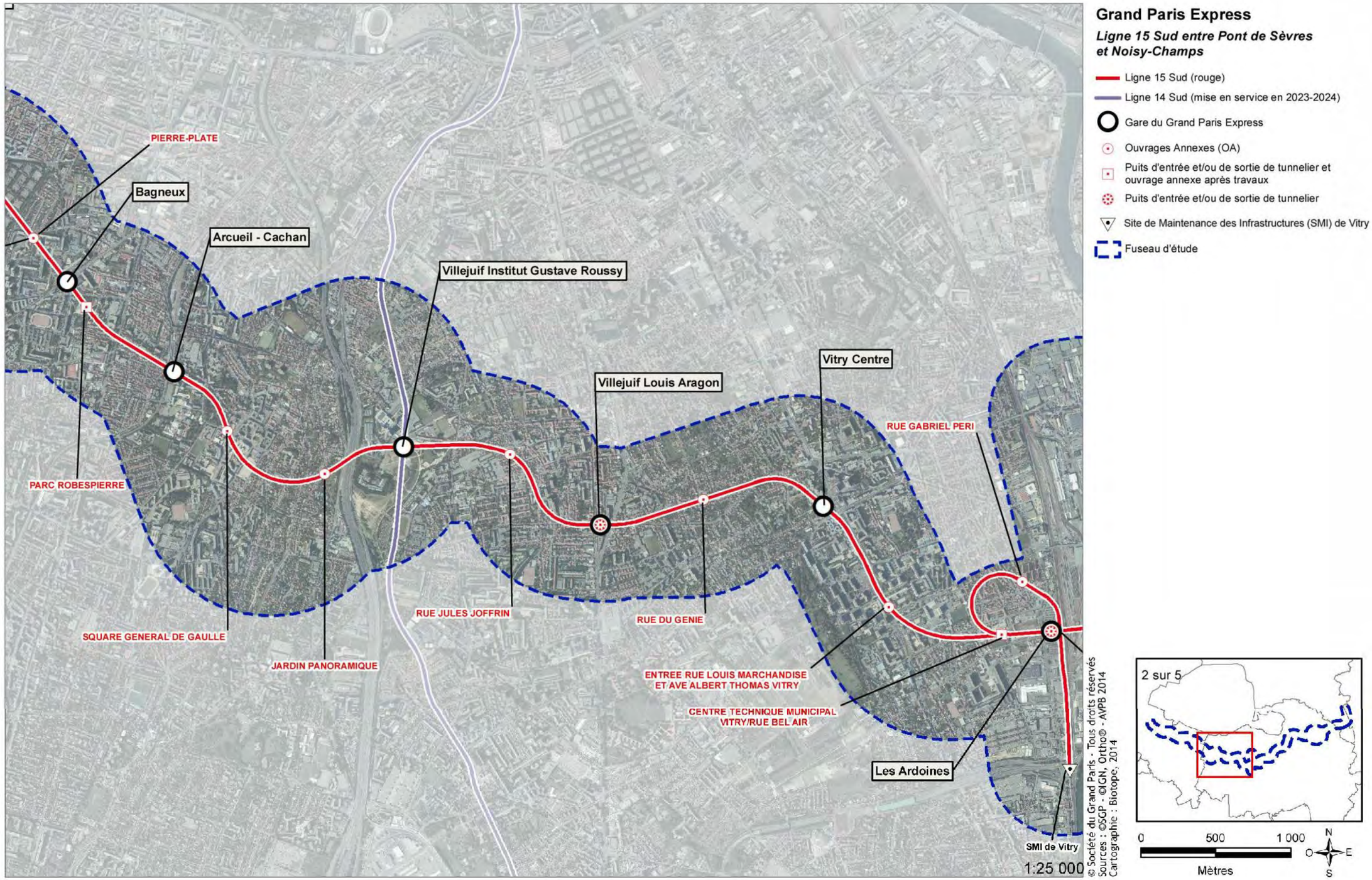


2.1.3 Plan détaillé de la Ligne 15 Sud

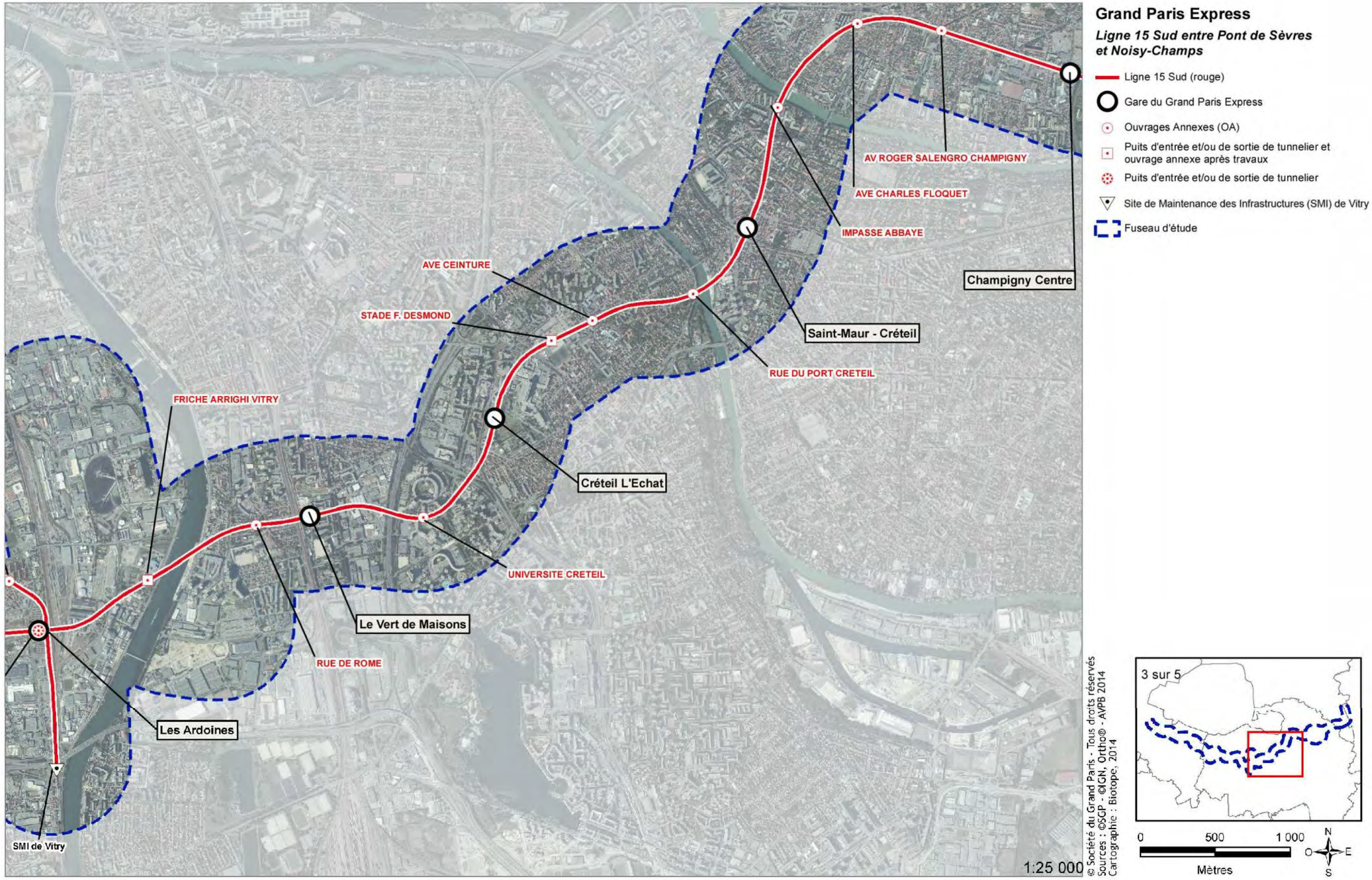
Présentation de la section Ile de Monsieur – Châtillon-Montrouge de la Ligne 15 Sud



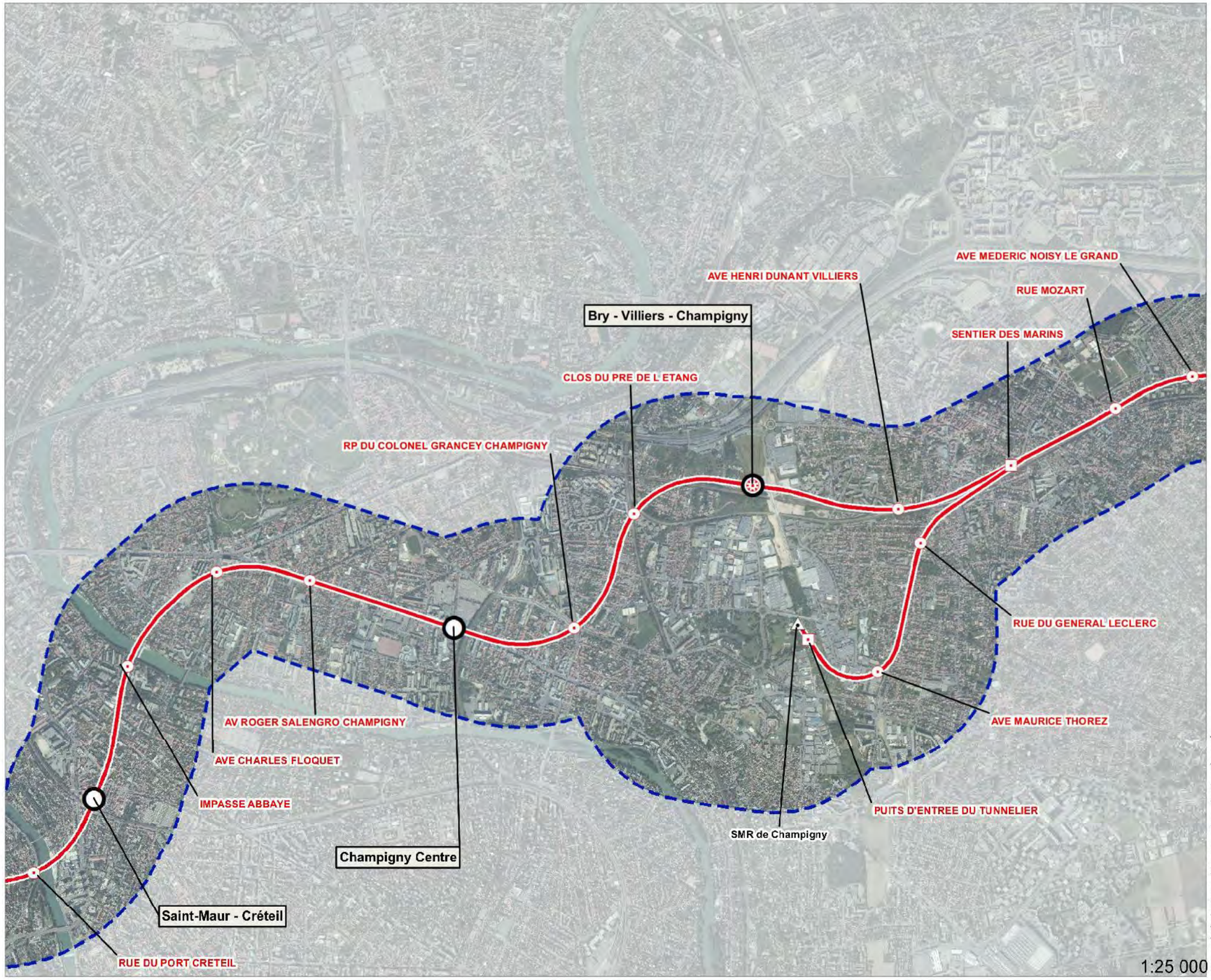
Présentation de la section Bagneux – Les Ardoines de la Ligne 15 Sud



Présentation de la section Les Ardoines – Champigny Centre de la Ligne 15 Sud



Présentation de la section Saint-Maur Créteil – Bry-Villiers-Champigny de la Ligne 15 Sud

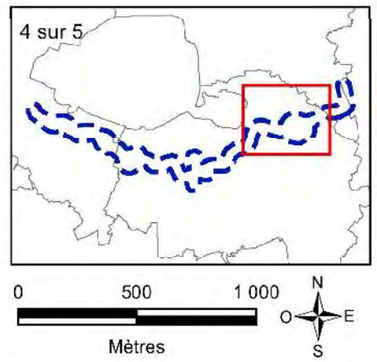


Grand Paris Express

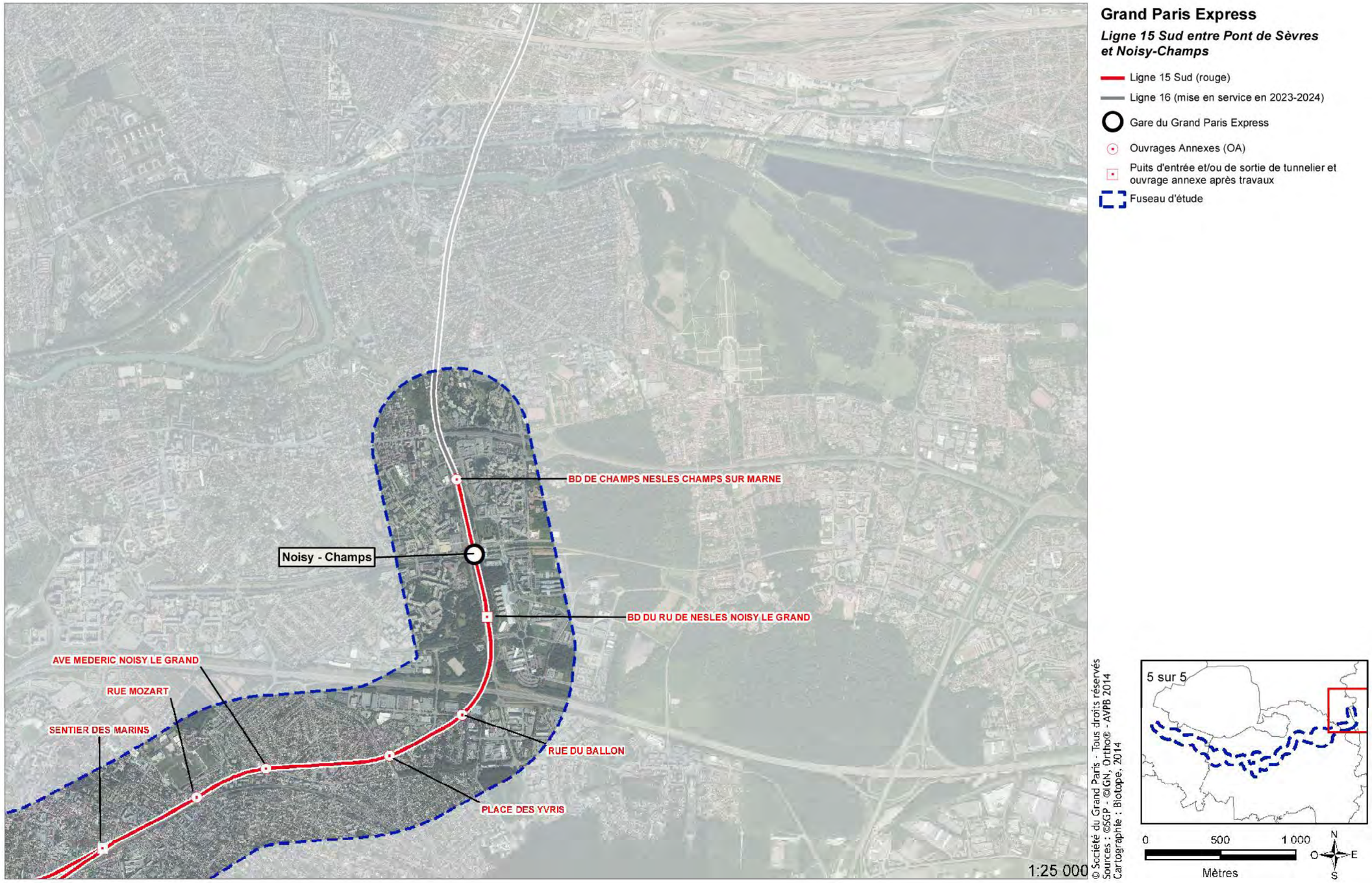
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Cartographie : Biotope, 2014



Présentation de la section Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs de la Ligne 15 Sud



Grand Paris Express

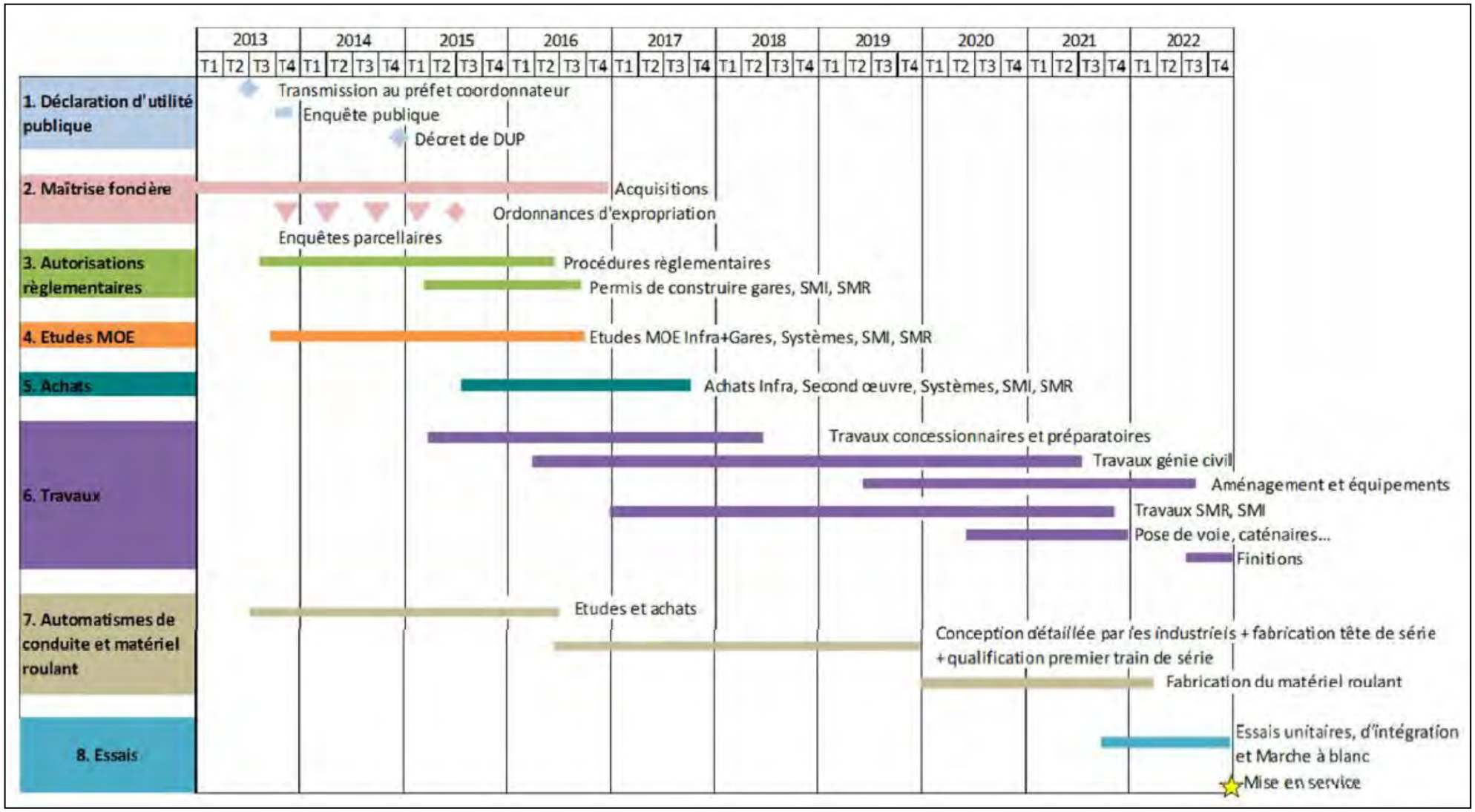
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Fuseau d'étude

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho© - AVPB 2014
Cartographie : Biotope, 2014

2.2 Planning général des travaux de la ligne 15 Sud

Le planning ci-dessous présente les différentes étapes de l'élaboration du projet, le déroulement des procédures administratives, les opérations de génie civil, d'installation des équipements et des dispositifs systèmes,enfin les différentes phases d'essai avant la mise en service de la ligne. Il s'agit de dates et de délais prévisionnels, susceptibles d'évoluer.



Planning à titre indicatif des opérations à conduire pour la mise en service de la ligne 15 Sud (rouge) en 2022
(Source : Société du Grand Paris)

2.3 Démarche environnementale pour le projet

Les enjeux environnementaux sont en relation avec l'importance du projet. Du fait de sa nature, de son envergure, et de son objectif de transport public, le projet présente intrinsèquement des avantages environnementaux en permettant de renforcer l'usage des transports en commun. Par ailleurs, de par sa programmation, le projet permettra des déplacements circulaires autour de Paris qui aujourd'hui sont susceptibles de faire défaut. Cette propriété intrinsèque renforce la capacité de report modal de la voiture vers les transports en commun en réduisant fortement certains temps de trajets par rapport à la situation actuelle.

Il convient de noter que les enjeux environnementaux concernent d'une part la phase de travaux avec un enjeu fort de maîtrise des nuisances pour les riverains et de réduction des impacts environnementaux des chantiers. D'autre part, les enjeux environnementaux concernent les installations en fonctionnement.

Ainsi, la hiérarchisation des enjeux peut être différente pour ces deux phases. La prise en compte et l'organisation de la gestion environnementale du projet couvrent l'ensemble des phases de la programmation à l'exploitation. Elle repose sur les étapes et outils suivants qui visent notamment à mettre en œuvre la démarche « Eviter – Réduire – Compenser » :

- Une programmation portée par la SGP incluant l'environnement (nature du projet, concertation amont sur le tracé les gares, …),

- Une démarche d'écoconception portée par les Maîtres d'œuvre pendant les études (Avant-Projet, Projet) dont l'objet est d'améliorer la performance environnementale des ouvrages. Elle repose sur la prise en compte de thématiques clés par les Maîtres d'œuvre comme critères participants à la conception et vise essentiellement à éviter des impacts par une réflexion méthodologique et l'étude d'opportunités d'évitement ou de réduction des impacts. Un document de synthèse intitulé rapport d'écoconception permet de mettre en lumière les opportunités étudiées, les impacts évités ou réduits,

- Une démarche d'anticipation, d'évitement et de réduction des impacts des chantiers qui repose à la fois sur :

    - o des mesures génériques applicables à tous les chantiers SGP qui font l'objet d'une « Charte Environnement des chantiers »,
    - o des mesures spécifiques à chaque site en fonction de la nature des travaux et de la sensibilité environnementale des milieux naturels et des activités humaines environnantes. A cette fin un registre des nuisances est établi dès la phase étude pour identifier les sensibilités particulières et les mesures spécifiques de chacun des sites,

- Parallèlement l'instruction des dossiers réglementaires au titre du Code de l'Environnement (avec notamment l'actualisation de l'étude d'impact précédemment réalisée pour le dossier d'enquête préalable à la DUP) et du Code Forestier déboucheront sur des arrêtés prescripteurs qui seront bien entendu une donnée d'entrée incontournable de la démarche environnementale, notamment en phase travaux.

Il y a donc de nombreuses mesures environnementales prévues, issues de plusieurs démarches et sur des chantiers multiples. Il convient donc de garantir le suivi de mise en œuvre de ces mesures ainsi que leur efficacité. A cette fin, d'une part l'ensemble de la démarche environnementale est inscrite dans le système Qualité Sécurité Environnement de la SGP et plusieurs outils sont mis en place :

- Un Plan de Management de l'Environnement (PME) générique qui synthétise l'ensemble des mesures environnementales prévues qu'elles soient issues de la programmation, de l'écoconception des Maîtres d'œuvre, de la Charte Environnement des chantiers ou des mesures environnementales spécifiques à chaque site en phase travaux selon la sensibilité de l'environnement proche. Cet outil permet donc un suivi fin et adapté de l'ensemble des mesures par les différents Maîtres d'œuvre et la SGP. Le PME permet d'assurer le suivi des mesures, en enregistrant les données suivantes :

    - o Engagements SGP,
    - o Objet concerné (ouvrage unique ou ensemble d'ouvrages),
    - o Phase concernée (conception de l'ouvrage, conception du management de chantier),
    - o Mesures,
    - o Responsable de l'action,
    - o Date cible de réalisation de l'étude puis de la mesure ou de l'action,
    - o Date de réalisation effective de l'étude puis de la mesure ou de l'action,
    - o Nature de la mesure : mesure d'évitement, de réduction, de compensation de l'impact sur l'environnement,
    - o Indicateur de suivi, en phase chantier,

- Des plans de management de l'environnement spécifiques encore plus précis et réalisés site par site seront mis en place par les entreprises de travaux dans le cadre de leur Plan de Respect de l'Environnement exigé dans les appels d'offres pour préciser le PME cadre en fonction de leur organisation propre,

- Un système de reporting générique applicable à tous les chantiers SGP cohérent avec les thèmes de la Charte environnement des chantiers et qui pourra être complété par un reporting particulier propre à un ou plusieurs sites en fonction des arrêtés prescripteurs ou des exigences de suivi renforcé issus de l'analyse de sensibilité des sites (exigences particulières de reporting).

Ces éléments permettront un suivi fin des engagements pris et un reporting adapté aussi bien vers les services de l'Etat pour répondre aux exigences en la matière des arrêtés prescripteurs comme au besoin de communication locale et globale prévu par la SGP.

Ainsi un bilan environnemental pourra être établi à l'échelle de chaque site (suivi des actions du PME et synthèse des indicateurs) mais aussi de la ligne en tant que telle et même du Grand Paris Express. Ce bilan environnemental correspondra à des bilans environnementaux pour répondre aux attentes en la matière des différentes parties prenantes :

- Reporting aux services de l'Etat selon les exigences des arrêtés prescripteurs,

- Reporting environnemental local aux parties prenantes des chantiers via les comités de suivi de chantier qui traiteront entre autre de ces sujets,

- Reporting et communication institutionnelle globale de la SGP relative à l'environnement notamment envisagés sous forme de rapport de développement durable incluant le bilan des indicateurs génériques.

Le schéma ci-dessous met en perspective les étapes et outils de la démarche dans son ensemble :

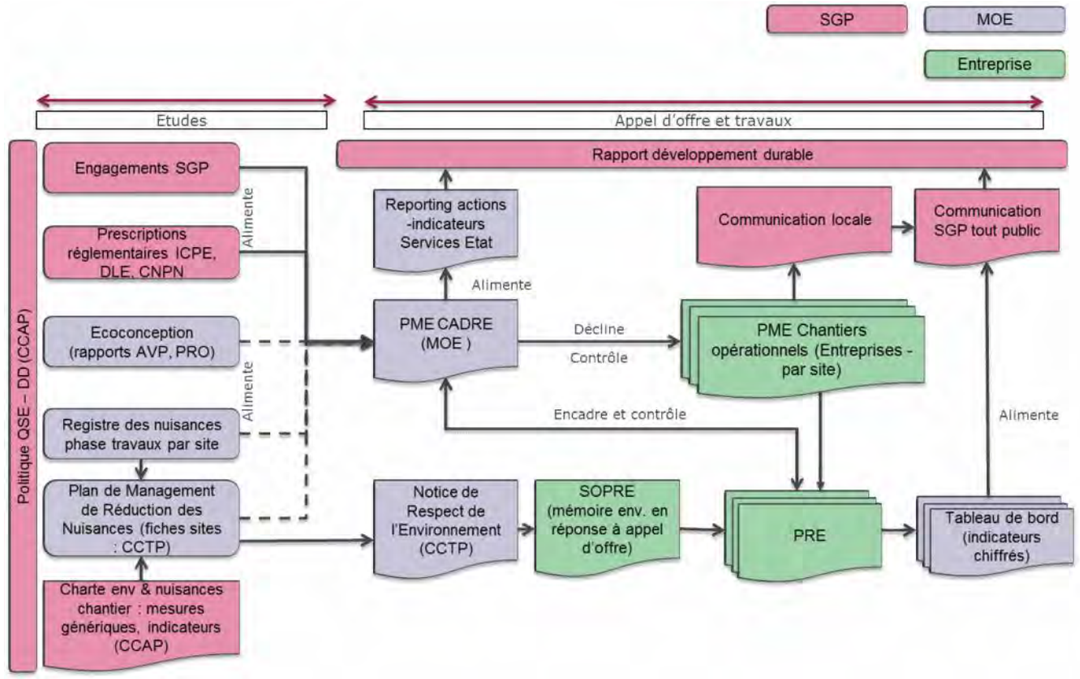


Schéma général de gestion de l'environnement du projet

L'implication des acteurs intervient donc de la manière suivante :

- la Société du Grand Paris pour initier et porter la démarche, définir les objectifs de programmation,
- la Maîtrise d'œuvre pour intégrer les intentions dans la conception et garantir leur faisabilité,
- les entreprises pour réaliser les intentions précisées,
- les exploitants pour s'assurer de l'efficience des solutions mises en place et mesurer l'empreinte de l'exploitation et du renouvellement des ouvrages sur l'environnement.

2.4 Présentation générale de chaque type d'ouvrages

Une ligne de métro souterrain nécessite plusieurs types d'ouvrages pour assurer son bon fonctionnement.

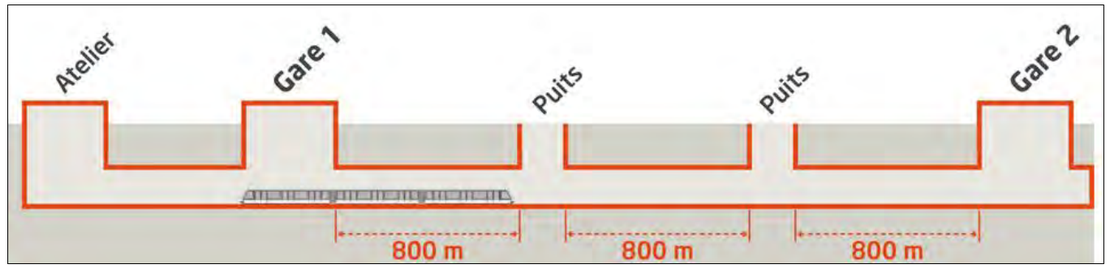


Schéma de principe d'une ligne de métro souterrain

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit la construction et l'exploitation des ouvrages suivants :

- 33 kilomètres de tunnel. Du fait du recours à la méthode de creusement au tunnelier, des puits d'entrée et de sortie de ces équipements sont nécessaires.
- 16 gares qui permettent d'assurer l'entrée et la sortie des usagers entre l'infrastructure souterraine. Ces gares comprennent des services pour assurer le confort des usagers.
- 38 ouvrages annexes qui permettent d'assurer la sécurité du dispositif. En application de la réglementation, ces ouvrages sont nécessaires tous les 800 mètres le long de la ligne. 3 d'entre d'eux sont considérés comme spéciaux (entonnement, débranchement…).
- 2 sites de maintenance, ces installations industrielles permettent d'assurer la maintenance de l'infrastructure et des trains.
- 3 plates-formes fluviales. Au vu de la quantité de déblais liés aux phases de creusement du tunnel, des plates-formes fluviales sont prévues à proximité de la Seine pour assurer une évacuation des déblais par barges, et ainsi limiter le recours aux camions.
- 2 plates-formes ferroviaires. Elles permettent l'évacuation des déblais au niveau de Bry-Villiers-Champigny et de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.



Vue de principe d'un tunnel de métro

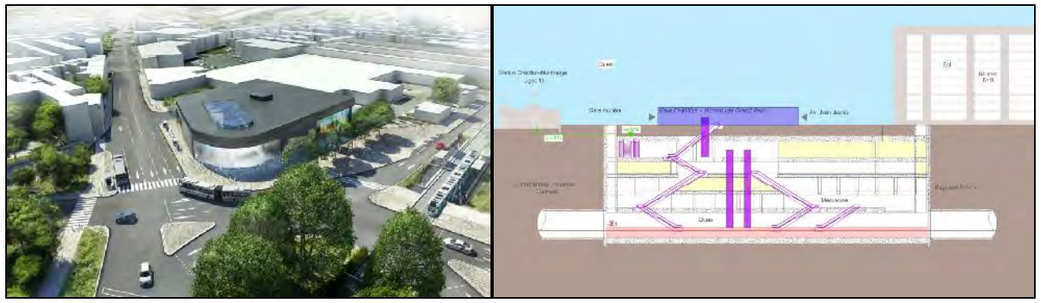


Schéma et vues de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud



Vues de principe d'un ouvrage annexe



Vue de principe d'un site de maintenance

2.4.1 Le tunnel et les puits de tunnelier

La section courante du tunnel ferroviaire réalisé dans le cadre du projet permet l'installation de deux voies de circulation. Le tunnel a un diamètre extérieur de 10 mètres environ.

La géométrie du tunnel est limitée par différentes contraintes :

- les possibilités techniques de déplacement du tunnelier (la majorité du tracé souterrain étant creusée au tunnelier),
- les contraintes de tracé imposées par la circulation du matériel roulant,
- les contraintes imposées par la recherche du confort des usagers.

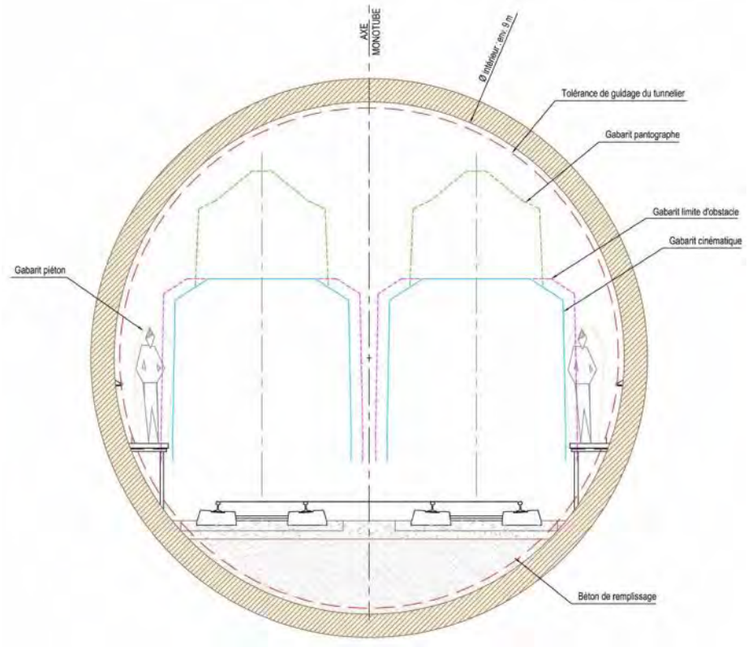
Les grands principes de conception retenus sur le projet sont présentés ci-après :

- Afin de maximiser les sections de tracé sur lesquelles les trains pourront circuler à vitesse maximale (objectif de vitesse maximale d'au moins 110 km/h), le tracé nominal en plan est généralement conçu avec des courbes d'un rayon minimal de 600 mètres. Une réduction de la valeur de ce rayon impose en effet une diminution de la vitesse de circulation des trains.
- En section courante, les pentes du tunnel ne doivent pas dépasser 4%.
- Le dévers maximum en profil en travers est fixé à 160 mm.
- Au droit des gares, le tracé est en alignement droit, et la pente est nulle.

Localement et à titre exceptionnel, il peut être envisagé de déroger à ces valeurs de référence pour résoudre des contraintes d'insertion particulière du tracé ou du profil en long.



Photo d'un tunnelier



Coupe type du tunnel bivoie en alignement droit

Afin notamment de minimiser la durée des travaux, la partie courante du tunnel est réalisée sur l'intégralité de sa longueur au tunnelier. Celui-ci peut être à pression de boue ou à pression de terre selon la nature des terrains rencontrés.

Le tunnelier est un engin de forage permettant de creuser au moyen d'une tête rotative les terrains tout en les maintenant sous pression afin d'assurer la stabilité des sols et des ouvrages environnants lors du creusement. Cet engin, dont la longueur totale avec tous les équipements auxiliaires peut atteindre 100 mètres, présente un diamètre extérieur de l'ordre de 10 mètres.

Il assure plusieurs fonctions :

- creusement du terrain,
- mise en pression du front d'attaque,
- montage du revêtement définitif du tunnel,
- évacuation des déblais.

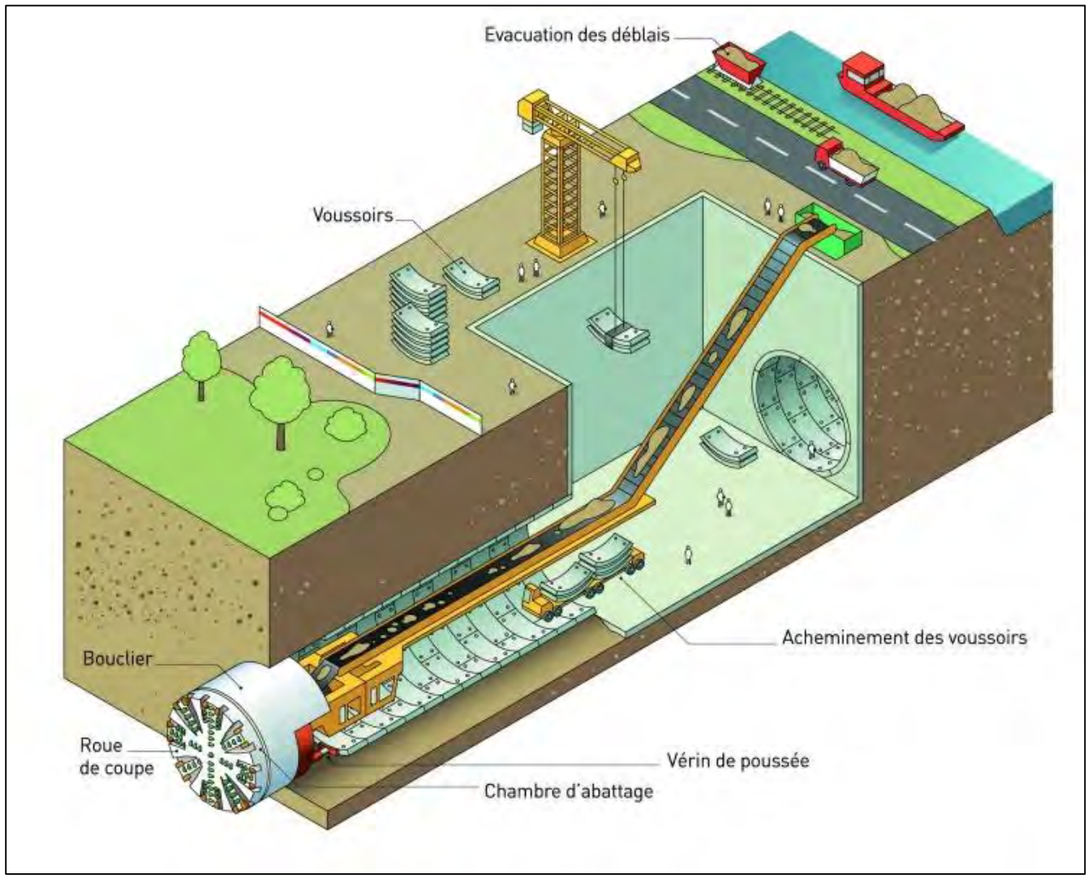
Le tunnelier est constitué de différentes parties aux fonctionnalités bien définies :

- La roue de coupe (ou tête d'abattage) fixée à l'avant du bouclier est une pièce rotative équipée de multiples molettes de coupes, de pics et de couteaux, permettant une excavation efficace des sols dans les terrains de toute nature.
- La chambre d'abattage, cavité située entre la roue de coupe et le bouclier, reçoit les terres excavées par la roue de coupe tout en les maintenant à une pression suffisante pour résister à la pression exercée par le terrain et l'eau de la nappe, assurant ainsi la stabilité du front d'attaque.
- Le bouclier, pièce maîtresse de la structure du tunnelier, est la cloison étanche et résistante qui sépare la chambre d'abattage, sous pression, de la partie arrière du tunnelier et du tunnel déjà réalisé, qui sont à la pression atmosphérique. Il regroupe les systèmes

permettant d'extraire les déblais, de faire tourner la roue de coupe et de faire avancer le tunnelier. En particulier, les vérins de poussée s'appuient sur le dernier anneau posé du tunnel pour faire avancer le tunnelier.

- La jupe est placée derrière le bouclier. Elle a pour fonction de contenir les terres et, sous sa protection, de poser à l'avancement le revêtement définitif du tunnel (voussoirs) de façon semi-automatisée au moyen de l'anneau érecteur.
- Le train suiveur, composé d'un certain nombre d'éléments (ou remorques) accrochés au tunnelier, assure toutes les fonctions vitales nécessaires au bon fonctionnement du tunnelier, en particulier la distribution d'énergie. Il est l'interface entre le tunnelier et toute sa logistique arrière, assurée par les véhicules d'approvisionnement.
- Le train suiveur possède une cabine de pilotage, un poste de transformation et de distribution électrique, des pompes hydrauliques et cuves à huile pour alimenter les vérins, des cuves et pompes de transfert du mortier de bourrage, des installations de ventilation afin de garantir la qualité de l'air dans le tunnel, et l'ensemble des équipements permettant d'assurer la sécurité du personnel et des installations.

Schéma de fonctionnement d'un tunnelier et d'un puits de départ



Les puits d'entrée et de sortie des tunneliers sont des ouvrages de génie civil permettant le montage des tunneliers en vue du creusement du tunnel, puis leur démontage. Ces puits sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 25 à 30 mètres selon l'altimétrie du tunnel.

Les puits peuvent utiliser les emprises d'une future gare ou d'un futur ouvrage annexe et bénéficier d'installations de chantiers communes aux deux ouvrages. Cependant, il s'avère parfois nécessaire d'implanter ces puits sur des emprises spécifiques. Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce et par convoi exceptionnel jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage.

Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation des terres du tunnel sur une section prédéfinie. Le puits d'entrée sert, durant cette phase, à l'approvisionnement du tunnelier ainsi qu'à l'évacuation des terres excavées. A l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite évacué par convoi exceptionnel et peut, le cas échéant, être remonté dans un nouveau puits d'entrée.

Liste des puits d'entrée et de sortie de tunneliers

Puits d'entrée	Puits de sortie	Linéaire de tunnel
Ile de Monsieur (OA 2301P)	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	3 970 ml
Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	Parc Robespierre (OA 1801P)	3 704 ml
Parc Robespierre (OA 1801P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 976 ml
Friche Arrighi (OA 1302P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 974 ml
Friche Arrighi (OA 1302P)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	4 486 ml
Bry-Villiers-Champigny (gare)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	6 891 ml
Noisy-Champs (OA 0802P)[1]	Bry-Villiers-Champigny (gare)	4 679 ml
	SMR Champigny (OA 0813P)	2 139 ml
Les Ardoines (gare)	Débranchement SMI (OA 1401P)	1 136 ml

[1] Après avoir réalisé le tunnel allant de la gare de Noisy-Champs (OA 0802P) à la gare de Bry-Villers-Champigny, le tunnelier repart en arrière pour permettre la réalisation du tunnel d'embranchement vers le SMR de Champigny. Le puits d'entrée du tunnelier reste localisé au niveau de l'OA 0802P (site d'excavation des déblais).

2.4.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle

Certaines parties ponctuelles des gares de la Ligne 15 Sud seront construites avec des méthodes dites traditionnelles ou conventionnelles.

Cette méthode traditionnelle présente de très nombreuses déclinaisons sur le terrain en fonction non seulement des sols mais aussi du savoir-faire et des matériels spécifiques de mineur développés par chaque entreprise spécialisée qui la met en œuvre. Elle permet du « sur-mesure » pour s'adapter au contexte effectivement rencontré (largeur des passes, profondeur de décousu, stabilisation du front, soutènement provisoires et définitifs, etc.), contrairement aux parois moulées, tunneliers, pieux sécants, jet grouting, etc. qui sont très standardisées.

Ces méthodes sont notamment nécessaires pour la réalisation de certaines boites souterraines de gares pour lesquelles un creusement depuis la surface n'est pas possible (présence de bâtiments, d'infrastructures…), ou lorsque le tunnelier ne peut pas être utilisé du fait de la présence de réseaux ou de sous-sols complexes.

Exemple de la méthode traditionnelle - Tunnel voûté :

Il s'agit de réaliser la demi-voûte supérieure sur une longueur de 1,50m environ, après le terrassement, est projetté du béton afin d'éviter de laisser le terrain au contact de l'air. Le coulage du béton définitif se fait à 25 mètres du front de taille. Une fois cette opération terminée, il s'agit de recommencer à l'identique avec les demi-voutes inférieures en réalisant le radier (dalle inférieure support des voies).

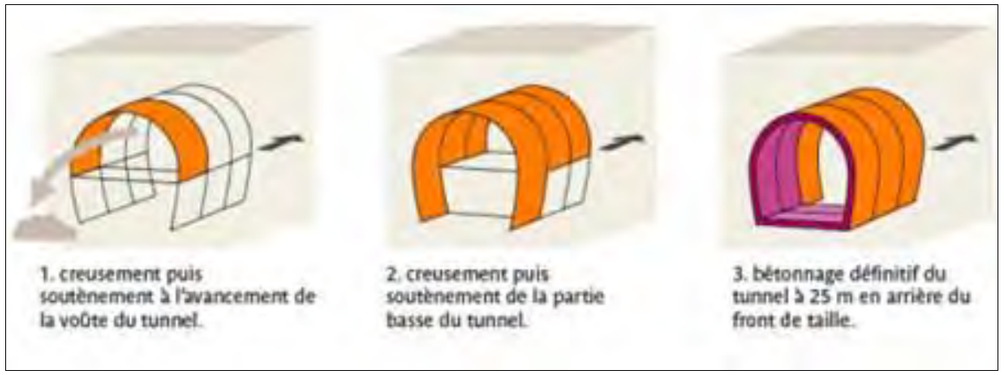


Schéma de la méthode traditionnelle du tunnel voûté

Les différentes parties de gares prévues avec ces méthodes traditionnelles sont identifiées dans la partie de description détaillée de chaque ouvrage du présent document.

2.4.3 Les gares

Les gares de la Ligne 15 Sud sont toutes constituées d'ouvrages souterrains. Les quais permettent d'accueillir des trains d'une longueur de 108 mètres.

Chacune des gares a été positionnée de façon à établir la meilleure correspondance possible avec les réseaux de transport en commun existants, tout en permettant une desserte optimale des quartiers dans lesquels elle s'insère. En outre, les enjeux environnementaux ont été pris en considération afin d'ajuster le positionnement des gares et d'en limiter les éventuels impacts.

Les gares sont dotées d'émergences qui assurent l'accès des voyageurs et peuvent également accueillir des locaux d'exploitation. La forme de ces émergences, conçues en lien avec l'environnement urbain, peut varier : il s'agit le plus souvent de bâtiments (ou d'édicules) jouant un rôle de signal et portant l'identité du réseau. Les espaces publics aux abords des gares font par ailleurs l'objet d'aménagements de qualité, assurant de bonnes conditions d'intermodalité et d'irrigation de la ville.

Les gares bénéficient toutes d'un hall d'accueil, en surface ou en souterrain. Il s'agit d'un espace adapté à une mixité d'activités et capable d'évoluer avec les usages. Celui-ci organise à la fois l'accueil, l'information des voyageurs, la vente des titres de transport ainsi qu'une offre de commerces et de services adaptée à chaque territoire.

Les gares sont conçues pour faciliter les parcours de tous les voyageurs entre la ville et les trains. Les services, les quais et les trains sont en particulier entièrement accessibles aux personnes à mobilité réduite (PMR). En outre, il est prévu que les cheminements d'accès et de correspondance soient systématiquement mécanisés : la mécanisation est alors assurée par des ascenseurs et/ou par des escaliers mécaniques. De plus, les espaces sont conçus afin de faciliter leur usage par des personnes souffrant d'un handicap sensoriel ou cognitif.

Le dimensionnement des espaces (quais, salles d'accueil…) comme des équipements (escaliers mécaniques, ascenseurs…) est étudié afin de garantir un usage fluide du réseau, y compris aux périodes de pointe.

Les aménagements des gares devront créer une ambiance accueillante et apaisante. Ils seront avant tout solides, sobres, facilement nettoyables et maintenables, participant ainsi au confort d'accès des usagers. Des interventions culturelles et artistiques pourront également venir enrichir le parcours des voyageurs.



Visuel à titre indicatif de la gare de Villejuif Louis Aragon

Les gares proposeront par ailleurs une offre de services et de commerces définie en fonction des besoins des voyageurs, mais aussi des habitants et des personnes qui travaillent sur les territoires desservis. Les objectifs poursuivis sont de faciliter le quotidien des voyageurs, ainsi que de renforcer la vie commerciale, en favorisant au mieux les effets de complémentarité entre l'offre proposée dans la gare et l'offre existante ou envisagée à ses abords. L'offre de services et de commerces en gare est structurée en trois composantes, qui chercheront à être partagées par l'ensemble des gares et calibrées en fonction de leur potentiel :

- Les services essentiels répondent à quatre fonctions principales, liées à la mobilité :
  - une fonction d'accueil, assurée en toutes circonstances, y compris en situation de perturbations : cette fonction garantit une présence humaine dans toutes les gares ;
  - une fonction de vente de tout titre de transport urbain ;
  - une fonction d'information sur le transport, les services de la gare et ceux de la ville ;
  - une fonction de commerce de dépannage, avec une offre repère, présente sur l'ensemble du réseau (presse, retrait-colis, etc.).
- Les services complémentaires de facilitation, liés étroitement aux flux de la gare, offrent des services et commerces pratiques, situés sur les parcours des voyageurs et leur permettant de gagner du temps dans les tâches du quotidien (par exemple : offre de restauration rapide, pharmacie, vente d'accessoires, cordonnerie, pressing, etc.).
- Les services complémentaires de destination répondent aux besoins de chaque territoire desservi en proposant des commerces et des activités adaptés aux attentes des habitants, de la ville et des entreprises. Il pourra s'agir, au sein des espaces de la gare, de commerces de grande destination ou d'activités spécifiques telles qu'offres médicales (laboratoires, cabinets, etc.), crèches, centres de télétravail, espaces de sport et de loisirs, etc.

Ces orientations renvoient aux recommandations formulées par le comité stratégique de la Société du Grand Paris[2]. Les espaces de commerces et de services respecteront par ailleurs les exigences visant à garantir la sécurité du public dans les gares ; chaque local ou activité qui s'implantera aura obtenu au préalable les autorisations réglementaires nécessaires. Des autorisations d'exploitation commerciale seront également, le cas échéant, obtenues.

[2] Le comité stratégique de la Société du Grand Paris, institué auprès de son conseil de surveillance, constitue un laboratoire d'idées et d'échanges entre les élus des collectivités d'Ile-de-France et les partenaires de la Société du Grand Paris. Il est actuellement composé de 139 membres : représentants des communes et des établissements publics de coopération intercommunale traversés par le réseau, parlementaires, représentants de la chambre de commerce et d'industrie Paris - Ile-de-France ainsi que de la chambre régionale des métiers et de l'artisanat, membres du conseil économique, social et environnemental d'Ile-de-France.

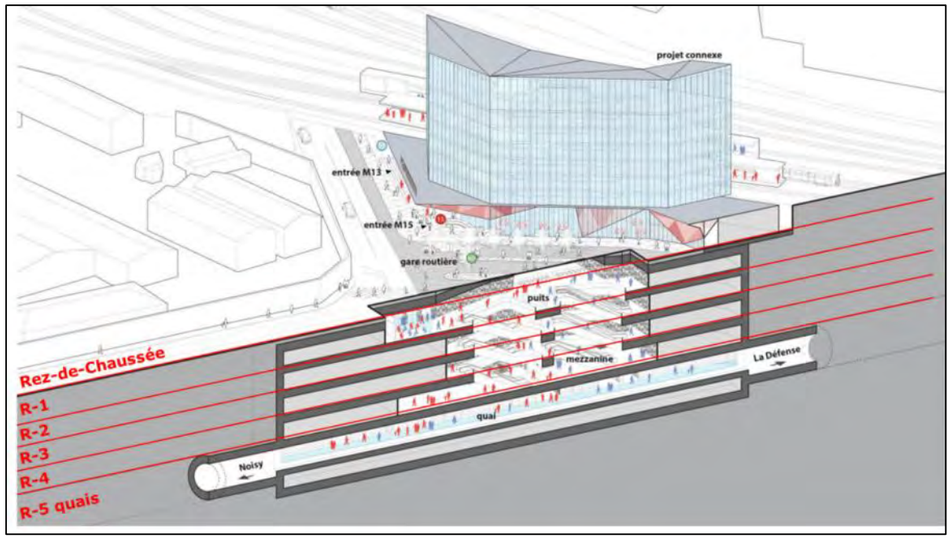


Schéma de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud

La figure ci-dessus présente une coupe longitudinale de la gare de Châtillon-Montrouge. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud sont construites sur la même base, sauf exception :

- Une partie souterraine reliant la surface du sol au tunnel de forme rectangulaire de 108 m de long sur 30 à 50 m de large et comportant un nombre d'étages intermédiaires en rapport avec la profondeur du tunnel. Il existe quelques exceptions à cette règle : la gare de Villejuif IGR a une section circulaire. La profondeur des gares varie de 20 à 51 m,

- La partie souterraine comporte également les ouvrages de connexions avec les gares existantes assurant les correspondances,

- Une partie émergée, au-dessus de la surface du sol, permettant l'entrée et la sortie des voyageurs : cette partie émergée est, sauf exception (Villejuif IGR et Noisy-Champs) peu importante car elle est intégrée à un bâti existant ou futur.

2.4.4 Les ouvrages annexes

Définition

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après. Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et, par exemple, être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Accès de secours

Les accès de secours doivent permettre une intervention rapide et efficace des pompiers et services de secours, en n'importe quel endroit, en cas de sinistre. Pour les tunnels, des puits d'accès de secours sont disposés avec un intervalle maximum de 800 mètres, et à moins de 800 mètres d'une gare, conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport publics guidés urbains de personnes. Compte tenu des contraintes de tracé, plusieurs de ces puits ont une profondeur supérieure à 30 m, ce qui impose de les équiper d'ascenseurs permettant le transport d'un brancard.

Ventilation / désenfumage

La ventilation du tunnel assure plusieurs fonctions essentielles :

- d'une part, elle permet de maintenir une température de confort dans l'ouvrage en évacuant l'air chaud issu de l'échauffement du tunnel ;
- d'autre part, elle permet le renouvellement de l'air ;
- enfin, elle permet le balayage et l'évacuation de la fumée en cas d'incendie dans le tunnel, cette dernière fonction s'avérant dimensionnante.

Les caractéristiques des ouvrages et performances des équipements sont conformes à la réglementation, en particulier l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes. Les ouvrages de ventilation / désenfumage sont équipés de ventilateurs permettant l'extraction ou l'insufflation d'air dans le tunnel. L'air est extrait vers la surface via des gaines de ventilation et des grilles de rejet. Celles-ci ont une surface de l'ordre de 30 à 40 m2 en cas de circulation possible, 20 m2 lorsqu'elles sont protégées et inaccessibles au public.

Généralement, les ouvrages de ventilation / désenfumage sont mutualisés avec les ouvrages d'accès pompiers. Ces ouvrages, généralement souterrains, seront mutualisés et implantés en fonction du programme technique de la ligne, mais aussi en fonction du contexte urbain dans lequel ils s'insèrent, afin de limiter toute nuisance sur leur environnement immédiat.

Décompression

Pour réduire les phénomènes liés aux effets de pression dus à la circulation des trains en tunnel à des vitesses élevées, des ouvrages de décompression sont prévus dans l'ensemble des gares du projet.

Sous cette configuration :

- les pressions ressenties dans les trains par les passagers lors de l'entrée en tunnel et lors du croisement des trains sont acceptables ;
- les pressions sur les équipements en tunnel sont également à des niveaux acceptables.

Épuisement

Les ouvrages d'épuisement sont destinés à recevoir les eaux d'infiltration et de ruissellement du tunnel, en vue de les recueillir à un point bas du tunnel puis les rejeter au moyen d'une pompe dans le réseau d'assainissement local.

Ils sont autant que possible mutualisés avec les puits d'accès des secours. Ces derniers sont alors implantés aux points bas du tracé.

Postes de redressement et postes éclairage force

Les postes de redressement permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en courant continu de 1 500 volts, utilisé par les trains de la ligne 15. En règle générale, ils sont intégrés dans les espaces des gares. Lorsque les espaces en gare ne le permettent pas, ils sont localisés à des emplacements mutualisés avec des puits d'accès de secours, dans des locaux d'environ 150 m² préférentiellement situés en surface au niveau rez-de-chaussée.

Les postes éclairage force permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en énergie électrique basse tension alternative (230/400 V), destinée à alimenter les installations électriques dans les gares et dans les ouvrages annexes. Ils sont intégrés aux emprises souterraines de ces ouvrages.

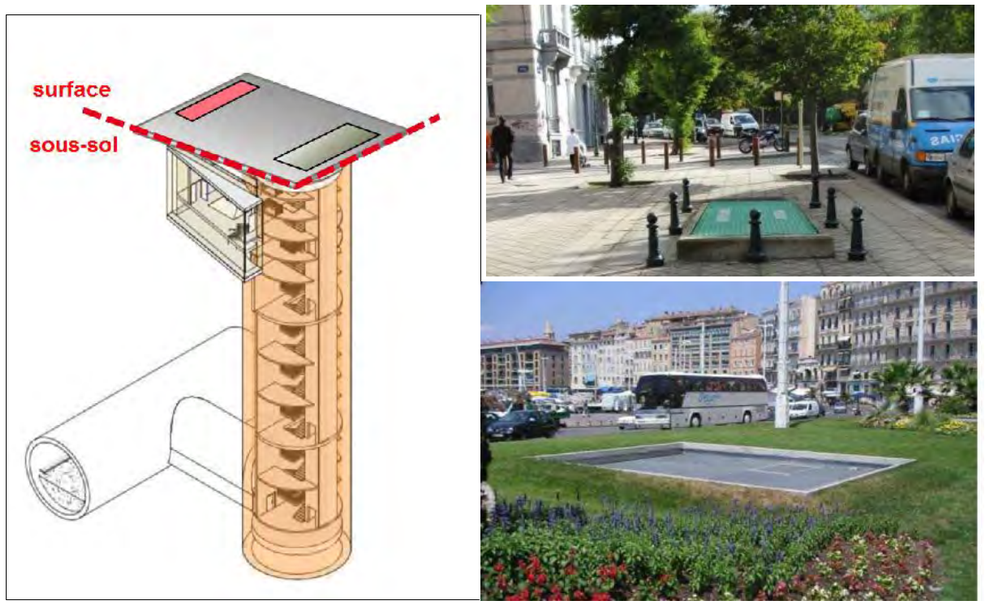


Schéma type d'un ouvrage annexe et visuels en surface (illustration donnée à titre indicatif)

2.4.5 Les sites industriels

La Ligne 15 Sud comprend l'implantation de deux sites de maintenance, un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) au niveau de Champigny-sur-Marne, et un site de maintenance des infrastructures (SMI) au niveau de Vitry-sur-Seine.

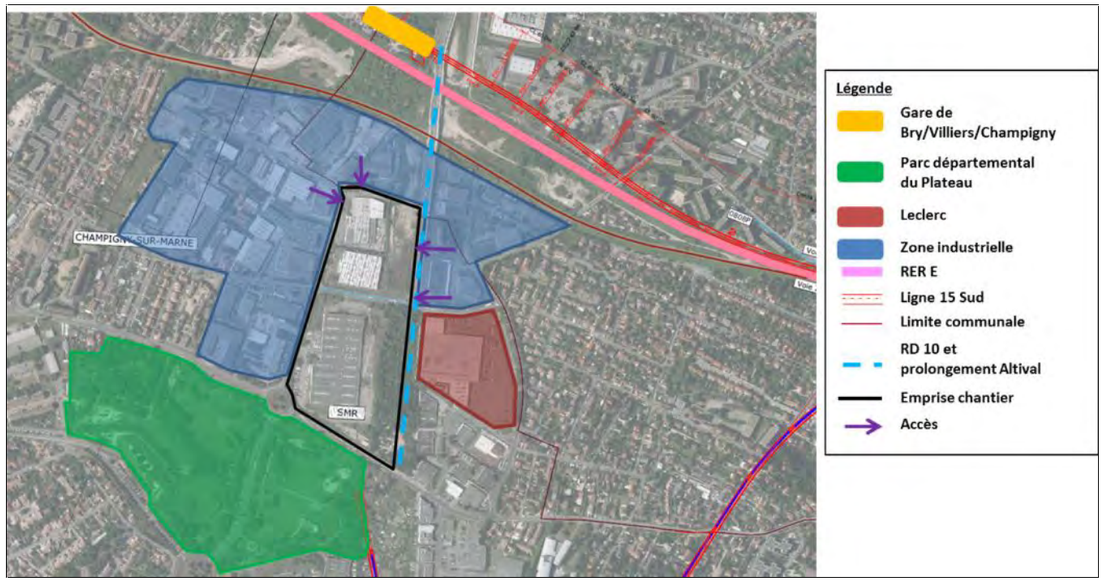
2.4.5.1 Site de Maintenance et de Remisage (SMR)

Le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) assure la maintenance en atelier du matériel roulant (dépannage, entretien, remplacement) ainsi que le lavage et le remisage des trains. Il accueille également des fonctions d'exploitation des lignes (poste de commandement centralisé, encadrement opérationnel de la ligne…).

L'emprise du projet se situe à l'est de Paris, au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, en limite de Villiers-sur-Marne, au sud de Bry-sur-Marne et de la future gare de Bry–Villiers–Champigny du réseau du Grand Paris. La superficie du site est d'environ 7,5 hectares.

Le SMR de Champigny accueillera à terme 60% du parc de matériel roulant de la ligne qui pourra être réparé, entretenu et remisé. Il comprend également le Poste de Commandement Centralisé (PCC), véritable centre névralgique du système, par lequel transitent toutes les informations relatives à l'exploitation et à la supervision de la ligne. Le site de Champigny commande ainsi la circulation de l'ensemble des trains de la ligne ; il centralise par ailleurs toutes les remontées d'information ayant trait aux gares, aux systèmes d'exploitation et à l'énergie.
Le site de Champigny joue également un rôle crucial dans la mise en service de la ligne, puisqu'il accueille la livraison des rames de matériel roulant.

Le SMR de Champigny-sur-Marne est relié à la ligne par un tunnel de raccordement d'une longueur de 2,4 km, composé de deux voies.



Insertion du SMR de Champigny

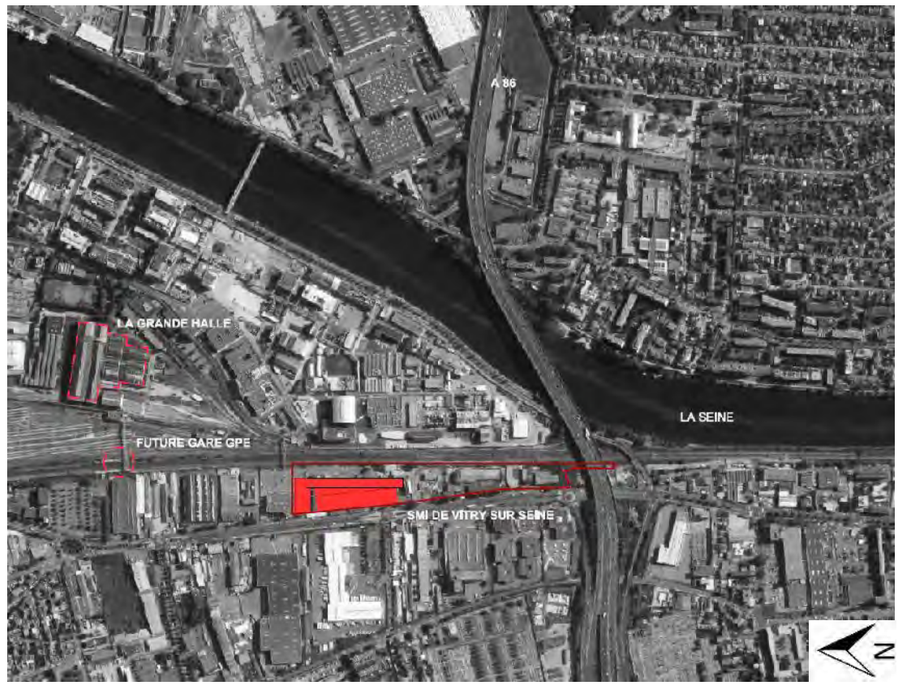
2.4.5.2 Site de Maintenance des Infrastructures (SMI)

Le site de maintenance des infrastructures (SMI) assure la maintenance des voies et des équipements fixes du système de transport : traction, basse tension, signalisation, automatismes de conduite, courants faibles, équipements électromécaniques.

Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry est situé au sud de la gare Grand Paris Les Ardoines, sur le territoire de la commune de Vitry-sur-Seine. La superficie du site est d'environ 4,9 hectares.

Le SMI de Vitry a pour fonction de garantir l'ensemble des conditions de maintenance industrielle des infrastructures, des systèmes et des équipements de la liaison en métro automatique entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs. A terme, il permettra d'assurer les mêmes fonctionnalités pour toute la moitié sud de la ligne rouge du réseau de transport public du Grand Paris. Les équipements associés au SMI permettent de garantir la maintenance des voies, caténaires, ouvrages d'art et équipements liés à l'énergie, la signalisation et les télécommunications.

Le Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry-sur-Seine est relié à la ligne 15Sud par un tunnel d'une longueur de 1,3 km. La voie de raccordement effectue une boucle au nord du tunnel principal avant de se connecter au SMI, de façon à avoir assez de longueur pour pouvoir remonter les 25 mètres qui la séparent de la surface.



Insertion du SMI de Vitry

2.4.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport.

La stratégie de gestion s'articule autour de cinq orientations principales :

- Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré) et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais en limitant le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- Développer la synergie entre les acteurs et le territoire afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes, notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;
- Organiser le suivi opérationnel des chantiers en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

2.4.6.1 Le recours au fleuve

En application de cette stratégie, et du fait de la présence de voies d'eau à proximité du projet, la Société du Grand Paris prévoit l'implantation de plates-formes fluviales pour assurer l'apport de matériaux de construction, et l'évacuation des déblais liés aux phases de creusement du tunnel. Ce choix permet ainsi de réduire de manière très importante les déplacements de camions sur le territoire.

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit l'implantation de 3 plates-formes fluviales :

- Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur l'Ile de Monsieur : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais du creusement ;
- Au niveau de la gare de Pont de Sèvres située à Boulogne-Billancourt : apport de matériaux de construction de la gare, et évacuation des déblais liés au creusement de la gare ;
- Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur la friche Arrighi dans le secteur des Ardoines : évacuation des déblais de creusement.

L'implantation des plates-formes fluviales de la Société du Grand Paris s'appuie sur les ouvrages déjà existants, notamment des Ducs d'Albe au niveau de l'Ile de Monsieur, et de la friche Arrighi. Ces ouvrages pourront faire l'objet d'opération de renforcement pour assurer la rotation fréquente de barges fluviales pour les chantiers.



Duc d'Albe au niveau de la friche Arrighi (Source : Google Maps)

Au niveau du secteur d'implantation de la gare de Pont de Sèvres, la mise en place temporaire d'une estacade chantier permettra d'assurer le stationnement de barges fluviales, leur chargement et leur déchargement. La mise en place de cette estacade nécessite une légère modification du chenal de navigation sur ce bras de la Seine. Cette opération fait l'objet d'une procédure spécifique avec Voies Navigables de France (VNF).

Pour éviter et réduire les impacts potentiels liés au fonctionnement de ces plates-formes fluviales, des mesures sont retenues et présentées dans l'étude d'impact jointe à ce document. Il s'agit notamment de dispositifs de chargement des barges qui permettent d'éviter toute chute de matériaux dans la Seine, ou la prise en compte des enjeux écologiques présents au niveau des berges.

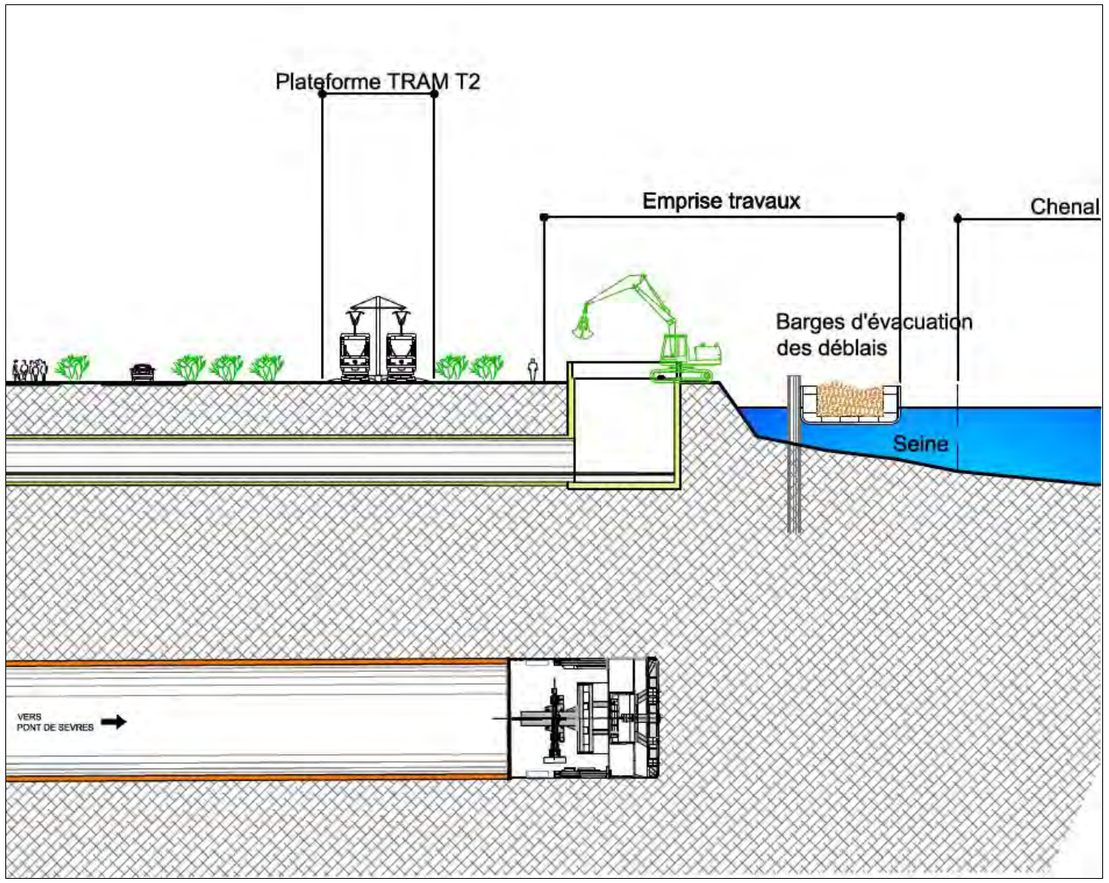


Schéma de principe de la plate-forme fluviale prévue au niveau de l'Ile de Monsieur pour l'évacuation des déblais issus du creusement du tunnel (Source : Société du Grand Paris)

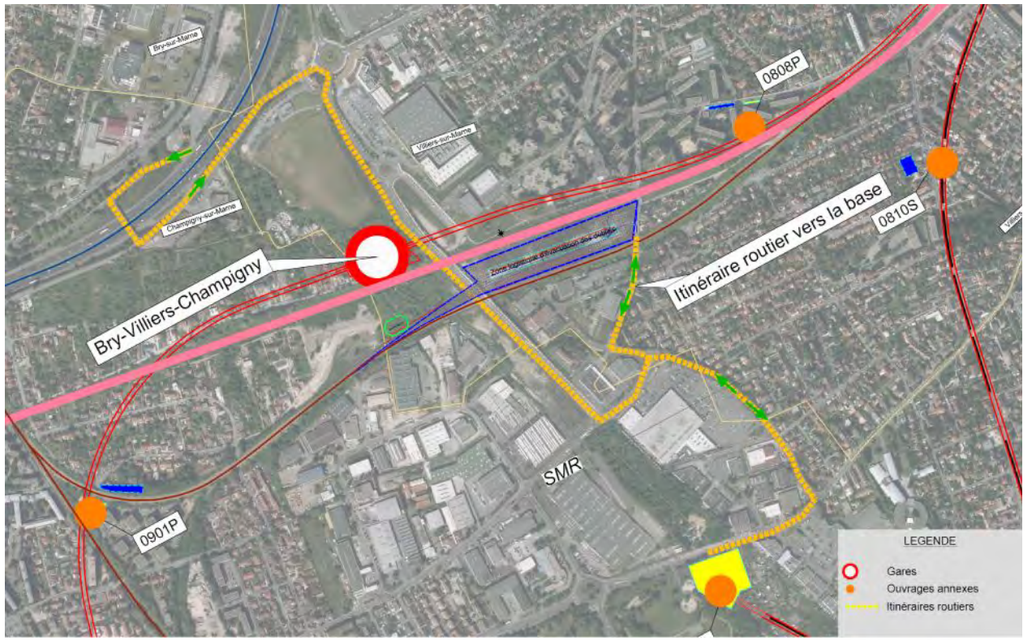
S'il s'agit bien d'ouvrages temporaires, au vu des délais de chantier nécessaires pour réaliser les ouvrages prévus (gares, tunnel…), il n'est pas sollicité pour les plates-formes fluviales d'autorisations temporaires (durée limitée à un an pour une autorisation temporaire).

2.4.6.2 L'utilisation de la voie ferrée

Au vu contexte concerné par la Ligne 15 Sud, une évacuation des déblais par la voie ferrée est possible au niveau Bry-Villiers-Champigny. La gestion des matériaux excavés et leur chargement sur des trains nécessite l'implantation d'un base ferroviaire.

Elle a pour fonction l'évacuation des déblais sur la période allant de mi-2016 à mi-2019, en alternative au mode routier dans le but d'éviter la saturation du secteur. La base ferroviaire est implantée dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny, secteur qui offre des dispositions ferroviaires particulièrement favorables de par sa mitoyenneté directe au Sud avec l'infrastructure de Grande Ceinture, axe de fret ferroviaire majeur par lequel il est possible de rejoindre l'ensemble des lignes principales au réseau ferré national.

L'emprise mise à disposition est donc positionnée au droit de la future gare d'interconnexion Bry-Villiers-Champigny sur des terrains en friche enclavés entre les voies du réseau SNCF Francilien (lignes RER E et P) et celles de la ligne de Grande Ceinture.



Base ferroviaire (encadré bleu) (Source : Société du Grand Paris)

La base logistique ferroviaire est constituée d'un faisceau de voies (pour le stockage des rames et le chargement), d'une voie de desserte et de manœuvre (liaison à la grande Ceinture) et d'une zone de stockage de déblais. Ces 2 dernières zones sont séparées par une aire de circulation des engins de chargement. La zone de stockage des déblais à prévoir sur cette base devra permettre d'accueillir les besoins correspondants à 5 jours de production journalière.

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée depuis la base chantier de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, localisée au niveau de la gare de fret de Clamart. Cette logistique d'évacuation par voie ferroviaire étant intégrée sur le site de la base chantier de la gare, elle ne nécessite pas la mise en œuvre d'une base ferroviaire spécifique.

2.4.7 Les ouvrages spéciaux

La Ligne 15 Sud nécessite quelques ouvrages spécifiques pour assurer son bon fonctionnement. Il s'agit notamment d'ouvrages de raccordement aux sites de maintenance, ou d'ouvrages permettant d'assurer la connexion avec la ligne 15 Est du Grand Paris Express. Ces ouvrages sont mutualisés avec des ouvrages annexes. Ces ouvrages sont présentés de manière fine dans la présentation détaillée des ouvrages annexes – chapitre 3.2 du présent document.

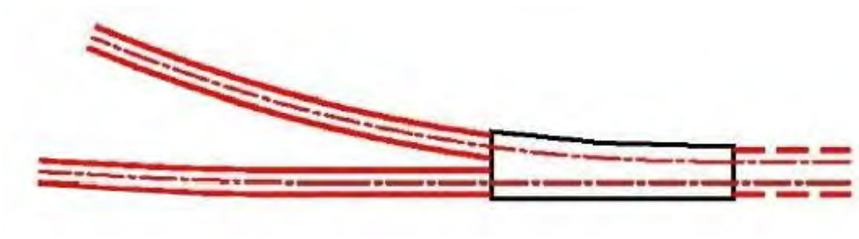
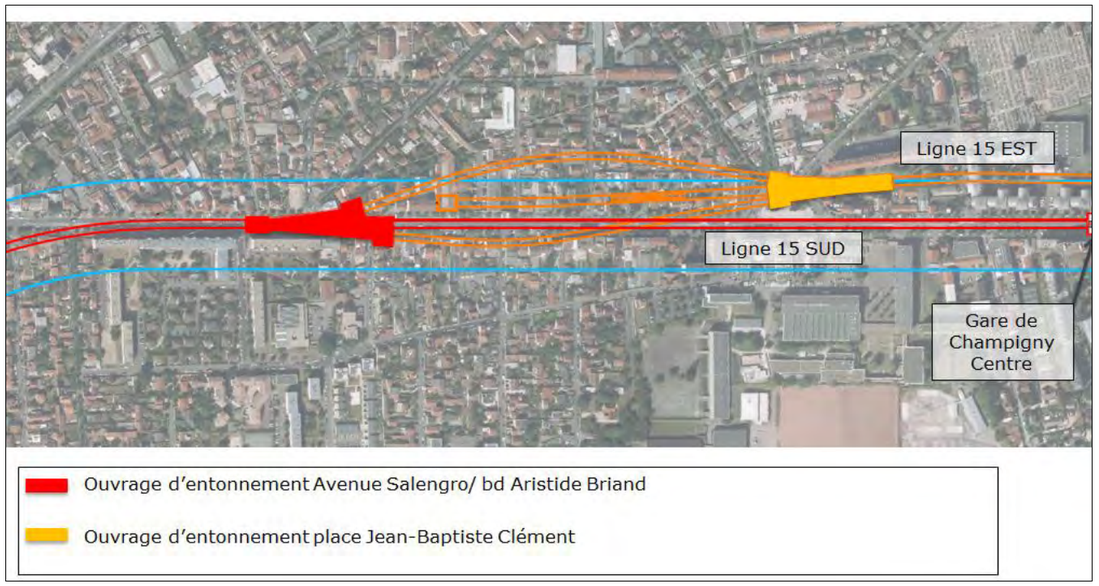


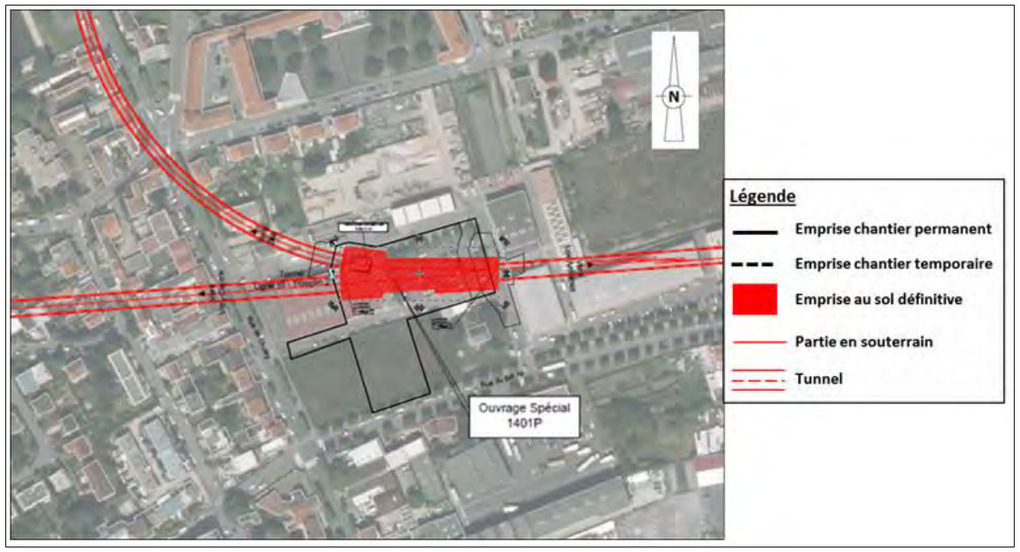
Schéma de principe d'un ouvrage de débranchement ou d'entonnement

Comme le prévoit le Schéma d'ensemble du Grand Paris, une interconnexion est prévue avec la ligne 15 Est (Orange) au niveau de la gare de Champigny Centre. Pour assurer la liaison entre le tunnel de la Ligne 15 Sud et celui de la 15 Est, un ouvrage construit depuis la surface est nécessaire.



Présentation de l'ouvrage d'entonnement pour assurer la connexion entre la Ligne 15 Sud et la Ligne 15 Est (OA 1001P - Avenue Roger Salengro)

De la même manière, des ouvrages de débranchement sont nécessaires pour assurer la liaison avec les deux sites de maintenance prévus sur la Ligne 15 Sud, le site de maintenance des infrastructures (SMI) situé à Vitry-sur-Seine, et le site de maintenance et de remisage (SMR) situé à Champigny-sur-Marne.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMI au niveau de l'ouvrage annexe OA 1401P - Centre technique municipal



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMR au niveau de l'ouvrage annexe OA 0807P - Sentier des Marins

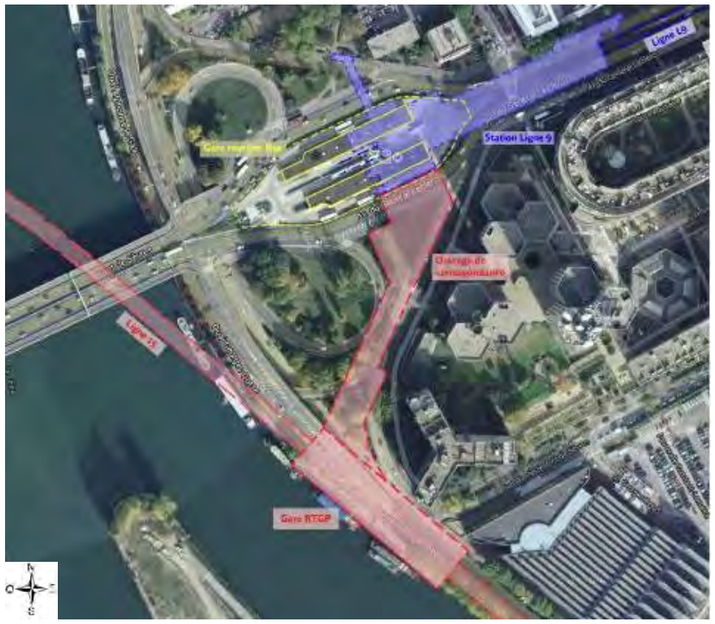
2.4.8 Les ouvrages d'interconnexion

Le réseau du Grand Paris Express vise notamment à proposer une offre de transport en commun pour les déplacements de banlieue à banlieue. Il vient renforcer le maillage du réseau existant.

A ce titre, la Ligne 15 Sud propose pour 80% des gares, une correspondance avec les lignes existantes, du Transilien, du métro et du RER.

Pour assurer les correspondances, le projet nécessite la réalisation d'ouvrages d'interconnexions avec les gares existantes. Il peut s'agir de couloirs de correspondance, de la réalisation de nouveaux espaces publics ou de réaménagement des quais existants pour accueillir les nouveaux usagers.

Ces ouvrages d'interconnexions sont portés le plus souvent avec les maîtres d'ouvrages concernés, la RATP en ce qui concerne les correspondances avec le métro et certains RER, et la SNCF pour les lignes de Transilien, et les autres RER. Ces ouvrages font l'objet d'une présentation détaillée dans le cadre du présent document, à la rubrique 3.2 relative aux ouvrages d'interconnexions.



Exemple de la gare de Pont de Sèvres
Insertion de la nouvelle gare (en rouge) et gare existante L9 (en bleu) (Source : RATP)

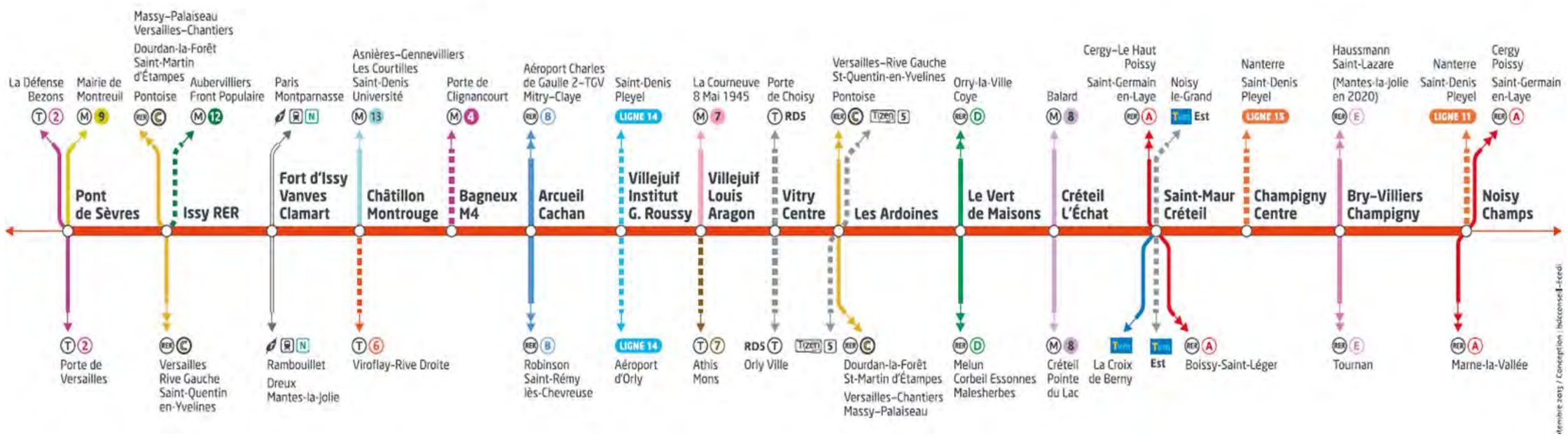


Schéma des interconnexions avec les lignes de transport existantes

2.4.9 Les projets connexes

Parallèlement à la conception du réseau de transport public du Grand Paris, la SGP a conduit en lien avec les collectivités, des études sur les conditions techniques permettant le développement futur de projets immobiliers à proximité des gares du Grand Paris.

En effet, la SGP souhaite contribuer à la dynamique urbaine rendue possible par l'implantation des gares, en mettant son patrimoine foncier au service des projets urbains envisagés par les collectivités. Ainsi, sur les parcelles directement concernées par l'implantation de l'infrastructure de transport, à proximité immédiate ou en surplomb des gares, ont été étudiées dans le cadre des études de maitrise d'œuvre de la Ligne 15 Sud, les conditions permettant la réalisation future de ces projets.

Les objectifs de réalisation de ces projets immobiliers, dit « projets connexes » car situés en surplomb ou à proximité immédiate des gares du Grand Paris, sont multiples et visent notamment à accompagner ou renforcer le processus de renouvellement urbain des quartiers riverains ; à assurer l'insertion urbaine de la gare dans un contexte futur plus ou moins dense ; et à contribuer à l'échelle des parcelles concernées par ces projets immobiliers, à la création de logements en Ile-de-France.

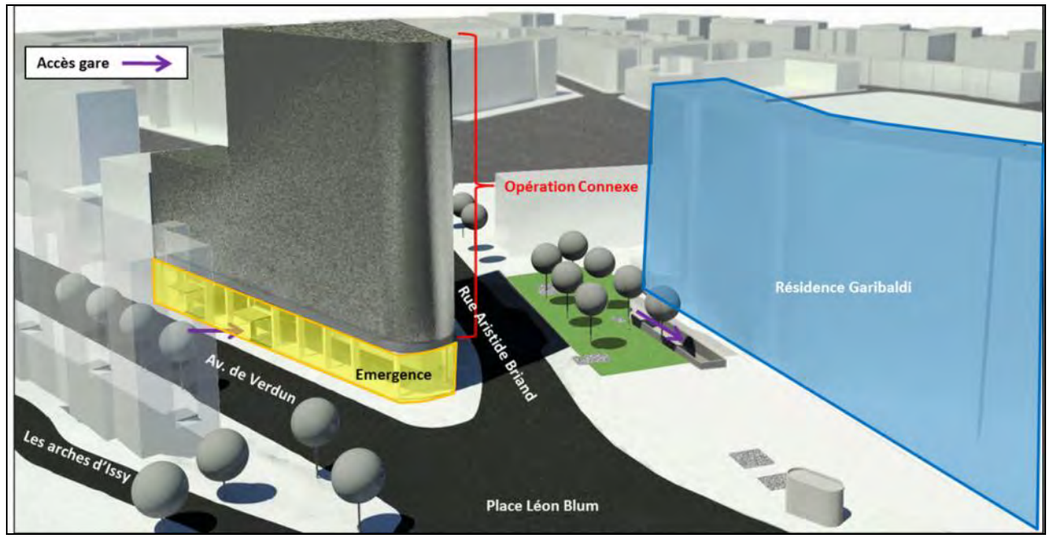
Dans tous les cas, la réalisation des projets immobiliers connexes aux gares ne pourra intervenir qu'après la réalisation de l'infrastructure de transport, celle-ci constituant le plus souvent le socle de ces projets immobiliers futurs.

La définition de ces projets immobiliers potentiels dépend de chaque contexte urbain, et s'effectue en application des dispositions des plans locaux d'urbanisme en vigueur. Ainsi, la programmation comme la volumétrie de ces projets immobiliers est définie au regard de chaque site, en cohérence avec les orientations urbaines souhaitées par la collectivité.

Ces projets connexes ne constituent pas des projets sous maitrise d'ouvrage de la SGP, et leur réalisation relève d'opérateurs économiques tiers, qui auront à leur charge l'ensemble des demandes d'autorisations nécessaires à ces projets immobiliers. A ce titre, les projets connexes potentiels ne sont pas concernés par la présente procédure de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau.

Pour assurer une bonne information du public, l'étude d'impact présente toutefois :

- Les intentions urbaines prévisionnelles des projets connexes, afin de pouvoir visualiser l'insertion urbaine indicative des gares dans leur environnement à terme ;
- Les différents scénarios de gares étudiés, présentant les scénarios de gare avec et sans projets connexes : scénarios qui ont été étudiés afin d'établir les conditions permettant la mise en œuvre éventuelle de ces projets sans remettre en cause le bon fonctionnement du réseau de transport sous maitrise d'ouvrage de la SGP ;
- L'analyse des effets cumulés avec ces projets immobiliers connexes potentiels, et le cas échéant, les interfaces avec les ouvrages du réseau de transport objet de l'étude d'impact au tire de la Loi sur l'eau.



Vue à titre indicatif du projet connexe possible au niveau de la gare d'Issy RER (Source : Société du Grand Paris)

2.4.10 Caractéristiques d'exploitation de la ligne

2.4.10.1 Système de transport et matériel roulant

La ligne sera équipée d'un matériel roulant à conduite automatique sans conducteur. Ce type de métro présente de nombreux avantages : adaptabilité à la demande, régularité et optimisation des coûts de fonctionnement.

Pour assurer la sécurité des voyageurs en gare et contribuer à la régularité du service, des « façades de quai » toute hauteur (portes vitrées en bordure de quai) seront installées dans toutes les gares.

Les principales caractéristiques du matériel roulant de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- Conformément aux objectifs de capacités souhaités, le gabarit du matériel roulant sera de 2,80 ;
- La longueur des rames sera au maximum de 108 mètres, le train étant alors composé soit d'une rame unique, soit d'un ou deux éléments de 54 mètres. Des études approfondies sur le matériel roulant permettront d'en préciser les caractéristiques exactes (largeur, longueur, organisation intérieure…) ;
- Les trains seront accessibles aux personnes à mobilité réduite et aux UFR (Usagers en Fauteuil Roulant). L'accessibilité sera optimale, grâce au plancher du train au même niveau que les quais et à l'absence de lacune entre le quai et le train. Le matériel roulant intègrera une intercirculation entre les voitures d'un même élément et l'ouverture automatique des portes à chaque arrêt ;
- Ce matériel roulant est prévu pour rouler à 120 km/h. Cette vitesse, combinée avec des distances intergares assez longues, impose le roulement et le guidage sur voie ferrée ;
- L'écartement de voie sera l'écartement standard de 1435 mm ;
- L'alimentation en énergie électrique de traction des trains sera réalisée par une ligne aérienne de contact alimentée en 1500V en courant continu. La conception des trains et des automatismes de conduite devra permettre d'optimiser la consommation en énergie électrique.

Récapitulatif des caractéristiques principales du système de transport

Pont de Sèvres – Noisy-Champs	
Roulement	fer
Largeur du matériel roulant	2.80m
Longueur du train	108 m
Composition des trains	3 ou 6 voitures
Longueur des voitures	18 m
Vitesse de pointe	120km/h
Capacité à 4 voyageurs/m^2	>1000 (pour un train de 108m)

2.4.10.2 Offre de transport et service proposé

La ligne sera exploitée avec des missions de type omnibus. La vitesse commerciale envisagée est de l'ordre de 55 km/h.

Dans sa première période de mise en service, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs pourra être exploité, à l'heure de pointe, avec un intervalle de l'ordre de 3 à 4 minutes entre deux trains. Cette fréquence permet d'assurer une offre de transport répondant à la demande initiale prévue sur la ligne et de garantir un bon niveau de service aux futurs voyageurs. A terme, avec la mise en service progressive du reste du réseau Grand Paris Express, la ligne pourra être exploitée en heure de pointe avec un intervalle réduit à 120 secondes (2 minutes), ce qui permet une capacité de transport de 30 000 voyageurs à l'heure de pointe.

L'exploitation de la ligne sera supervisée à partir du Poste de Commandement Centralisé situé au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny. Des dispositifs de vidéo-protection seront déployés dans les gares et dans les trains, et la communication avec un poste central sera possible en tout point de la ligne.

L'amplitude de service n'est pas encore fixée. Afin de préserver la bonne réalisation des opérations de maintenance fréquentes et régulières (voies, équipements en ligne, systèmes d'exploitation…), le trafic voyageur devra habituellement être interrompu la nuit pendant quelques heures. Cependant, le service pourra être maintenu en continu toute la nuit à certaines occasions (événement exceptionnel ou politique de service définie par le Syndicat des Transports d'Ile-de-France).

Des dispositions sont prises pour pouvoir exploiter la section Pont de Sèvres – Noisy-Champs de manière autonome :

- Les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs sont des terminus ;
- L'exploitation est assurée à partir du Poste de Commandement Centralisé situé sur le site Champigny ;
- La maintenance des trains est assurée au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny;
- Le remisage des trains est assuré dans les terminus et au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny ;
- La maintenance des infrastructures est assurée au Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry.

Ces dispositions ne préjugent pas des orientations qui seront retenues sur la ligne orange (Ligne 15 Est) à l'issue de la phase de concertation ayant eu lieu sur ce projet, notamment des choix ultérieurs qui pourraient être faits en perspective d'une interopérabilité entre ligne rouge et ligne orange à Champigny Centre.

2.5 Déroulement général de la phase chantier

2.5.1 Principes généraux

Pour l'heure, les éléments présentés ci-dessous restent des éléments de principes successifs de réalisation. Les études concernant ces différents travaux sont en cours.

2.5.1.1 Réalisation des travaux préparatoires

Préalablement à tous travaux de génie civil, le terrain doit être préparé de façon à éliminer un maximum d'obstacles susceptibles de retarder les phases suivantes.

Plusieurs opérations sont à mener :

- Repérage de l'implantation des réseaux existants (gaz, électricité, télécoms, etc.),
- Diagnostics archéologiques éventuels,
- Dépollution des sols éventuelle,
- Démolitions éventuelles d'ouvrages ou de bâtiments existants,
- Dévoiements de réseaux,
- Mise en place des installations de chantier, réalisation des puits de chantier pour le tunnel et les gares,
- Dans les zones sensibles, référés préventifs (constat par un expert désigné par un juge de l'état des ouvrages avoisinants).

2.5.1.2 Réalisation des travaux de génie civil

Les travaux de génie civil sont des opérations lourdes nécessitant la mise en œuvre de moyens matériels et humains importants. Ils consistent en la réalisation de travaux de gros œuvre pour:

- Le tunnel en partie courante (réalisation au tunnelier),
- Les seize gares Grand Paris,
- Le site de Maintenance des Infrastructures, son tunnel de raccordement à la ligne de métro,
- Le Site de Maintenance et de Remisage et son tunnel de raccordement à la ligne de métro,
- Les ouvrages de service en ligne (accès secours, ventilation/désenfumage).

Pour la réalisation des travaux de génie civil, la plage horaire maximum 6h/22h sera respectée. Des réductions pourront être prévues pour les sites les plus sensibles, en cohérence avec le plan de management environnemental des chantiers.

2.5.1.3 Réalisation des travaux d'équipement

Cette étape consiste à mettre en place l'ensemble des équipements nécessaires au fonctionnement et à la sécurité de la ligne.

Elle comprend les travaux :

- De pose de voie,
- De signalisation,
- D'installations électriques d'alimentation de la ligne : Poste Eclairage Force (PEF), Poste de redressement (PR),
- D'installations de ventilation et de désenfumage,
- D'installations de sécurité,
- D'aménagement des gares.

2.5.1.4 Horaires de chantier

Les horaires de chantier ont été définis selon les types de travaux. S'agissant de la construction des gares et des ouvrages sécurité, il est prévu de retenir une plage horaire maximum 6h/22h pendant les jours de semaine. Pour certains ouvrages, au vu des contraintes techniques, des travaux pourront être réalisés 6 jours sur 7. Une attention particulière sera prise en compte pour réduire les nuisances éventuelles, en cohérence avec le plan de management de chantiers.

S'agissant des tunneliers, leur fonctionnement est prévu 24h/24 et 6 jours sur 7. Leur fonctionnement est en souterrain et ne nécessite pas d'activité en surface la nuit. Pour les travaux souterrains prévus avec les méthodes traditionnelles, les travaux sont prévus 24h/24 et 5 jours sur 7.

2.5.2 Mise en œuvre du tunnel en tunnelier

2.5.2.1 Creusement du tunnel

Les tunneliers mis en œuvre pour la réalisation de la Ligne 15 Sud produisent à l'avancement un tube de béton étanche et ancré dans les terrains. Une fois le tunnelier ressorti, le tunnel est terminé et les gares et ouvrages annexes peuvent y être raccordés.

En pratique, les opérations de réalisation du tunnel sont les suivantes :

- Creusement du puits d'entrée et du puits de sortie :
  - Mise en place de la paroi moulée : cette opération nécessite l'injection de béton dans des excavations dont l'ensemble forme la paroi d'une boîte. Les excavations sont descendues à un niveau géologique peu perméable, variable selon la géologie locale. Si la paroi moulée a un rôle structurel, la méthode de construction est adaptée à ce rôle,
  - La boîte est vidée de ce qu'elle contient, la perméabilité de la paroi étant ajustée à la baisse si nécessaire. Elle est également vidée de son eau par pompage si une nappe souterraine y est présente,

- Si nécessaire, la perméabilité du fond de la boîte est abaissée par la mise en place d'un bouchon injecté ou une technique équivalente en fonction des débits résiduels observés,
- Les matériels et ouvrages pour la construction du tunnel peuvent alors être mis en place, en particulier pour la construction du tunnelier.

- Construction du tunnelier au fond du puits d'attaque (45j de réalisation en moyenne). Le tunnelier est assemblé en place. Sa longueur moyenne est d'environ 100 m entre :
  - la tête portant l'organe de coupe (la roue tournante), le poste de pilotage et les éléments permettant son fonctionnement,
  - et la partie postérieure de « l'usine » permettant la gestion des flux de matériaux arrivant et partant de la zone de coupe.

- Creusement du tunnel par le tunnelier :
  - L'amorce du tunnel nécessite un appareillage spécial permettant l'appui du tunnelier. Cet appui est fourni par le tunnel en place une fois la vitesse de croisière atteinte,
  - La vitesse d'avancement est de 10 à 12m par jour selon la géologie rencontrée,
  - Sauf imprévu de parcours, le tunnelier creuse le tunnel d'une traite. Les ruptures dans l'avancement peuvent être dues à :
    - La rencontre d'irrégularités géologiques non identifiées au préalable, en particulier des cavités,
    - Une variation significative des paramètres géotechniques du sol susceptibles d'engendrer des désordres et non gérable directement au niveau de la machine.
- Démontage du tunnelier (45j de réalisation en moyenne) : il se fait au niveau du puits de sortie ;
- Adaptations des puits, utilisés pour des ouvrages annexes ou gare.

2.5.2.2 Puits d'entrée et de sortie associés à la mise en œuvre du tunnel

Ces puits particuliers sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 20 à 40 mètres selon l'altimétrie du tunnel. Leur section en travers est de taille variable. En effet, certains de ces puits ont vocation à devenir à termes (en phase d'exploitation) des gares ou des ouvrages annexes d'accès et de ventilation.

Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce, par convoi spécial jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage. Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation du tunnel sur une section prédéfinie.

Le puits d'entrée sert, durant la phase de creusement du tunnel :

- A l'approvisionnement du tunnelier, notamment des voussoirs qui constituent le tunnel ;
- A l'évacuation des terres excavées.

A l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite déplacé par convoi spécial et peut être remonté dans un nouveau puits d'attaque si nécessaire.

2.5.2.3 Séquencement de la mise en œuvre des tuneliers

Tableau de séquencement du creusement du tunnel

Tunnelier n°	Puits d'entrée	Puits de sortie	Linéaire de tunnel
1	Ile de Monsieur (OA 2301P)	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	3 970 ml
2	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	Parc Robespierre (OA 1801P)	3 704 ml
3	Parc Robespierre (OA 1801P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 976 ml
4	Friche Arrighi (OA 1302P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 974 ml
5	Friche Arrighi (OA 1302P)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	4 486 ml
6	Bry-Villiers-Champigny (gare)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	6 891 ml
7	Noisy-Champs (OA 0802P)	Bry-Villiers-Champigny (gare)	4 679 ml
		SMR Champigny (OA 0813P)	2 139 ml
8	Les Ardoines (gare)	Débranchement SMI (OA 1401P)	1 136 ml

Huit tunneliers sont prévus pour la réalisation du tunnel de la Ligne 15 Sud. Onze puits sont aménagés sur l'ensemble de la ligne afin de permettre les entrées et les sorties de chacun des tunneliers.

Tunnelier n°1

Un puits d'entrée est créé au niveau de l'arrière gare, sur l'île de Monsieur. Il permet le montage d'un premier tunnelier. Cet emplacement pourrait bénéficier d'une logistique de chantier par voie fluviale, permettant de réduire considérablement les nuisances associées à l'approvisionnement du chantier et à l'évacuation des déblais.

Ce tunnelier est chargé de l'excavation du tunnel jusqu'à la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart.

Le projet prévoit la réalisation d'un puits d'entrée/sortie de tunnelier sur les emprises de l'ancienne gare de marchandises, à proximité de la gare de Clamart. Il permet la sortie du premier tunnelier et l'assemblage d'un deuxième tunnelier. Cet emplacement pourrait bénéficier, au moins en partie, d'une logistique de chantier par voie ferrée, ce qui permettrait également de réduire les nuisances.

Tunnelier n°2

Ce tunnelier est en charge de l'excavation du tunnel depuis le puits situé sur l'ancienne gare de marchandises de Clamart jusqu'au puits suivant, situé sur un emplacement spécifique, au niveau du parc Robespierre, à Bagneux.

Ce puits sert également de puits d'entrée pour le troisième tunnelier.

Tunnelier n°3

Ce tunnelier poursuit l'excavation du tunnel jusqu'au puits de sortie suivant, situé sur l'emplacement de la gare de Villejuif Louis Aragon.

Tunneliers n°4 et 5

Le puits d'entrée de la friche Arrighi, située dans le secteur des Ardoines, sert de double puits d'entrée. Il accueillera le tunnelier n°4, permettant la réalisation du tunnel jusqu'au puits de sortie situé au niveau de la gare Villejuif Louis Aragon (vers l'ouest), mais également le tunnelier n°5, qui sera en charge de la réalisation de la portion de tunnel jusqu'à l'ouvrage de sortie situé au niveau du stade François Desmond à Créteil (OA 1103P).

Tunnelier n°6

Un puits d'entrée est réalisé sur l'emplacement de la gare de Bry–Villiers–Champigny.

Il permet le montage d'un sixième tunnelier, qui permettra la réalisation du tunnel jusqu'au puits de sortie situé entre les gares de Créteil L'Echât et de Saint-Maur Créteil au niveau du stade François Desmond (double puits de sortie).

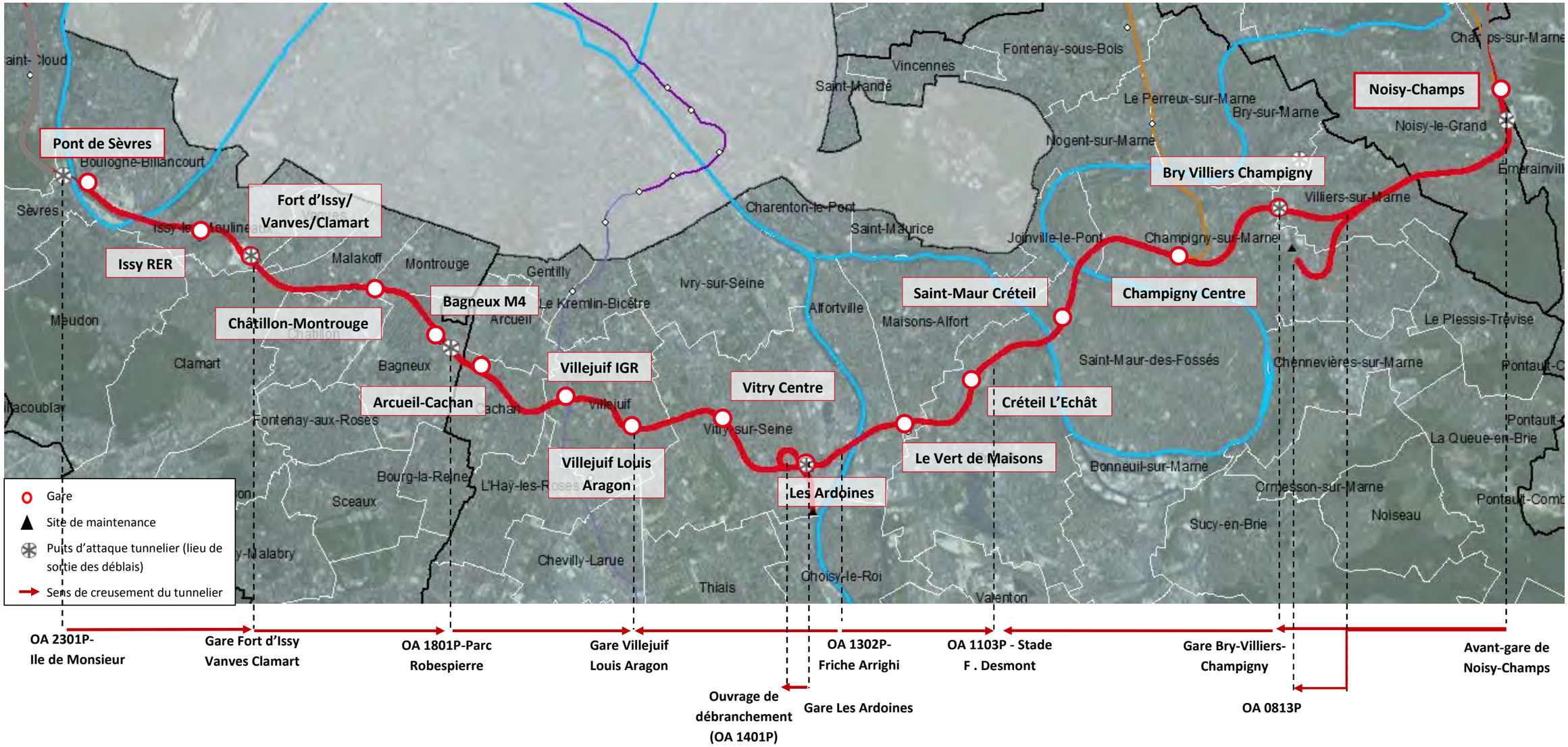
Tunnelier n°7

La section de tunnel située entre la gare de Noisy–Champs et celle de Bry–Villiers–Champigny est réalisée par un septième tunnelier, depuis un puits d'entrée situé au niveau de l'avant-gare de Noisy-Chams (OA 0802P). Après avoir réalisé le tunnel allant de la gare de Noisy-Champs (OA 0802P) à la gare de Bry-Villers-Champigny, le tunnelier repart en arrière pour permettre la réalisation du tunnel d'embranchement vers le SMR de Champigny. Le puits d'entrée du tunnelier reste localisé au niveau de l'OA 0802P (site d'excavation des déblais).

Tunnelier n°8

Un puits d'entrée de tunnelier est localisé au droit de la gare des Ardoines. Il accueillera le tunnelier n° 8, en charge de la réalisation du tunnel jusqu'au puits de sortie situé au niveau de l'ouvrage de débranchement du SMI de Vitry (OA 1401P).

Principes de creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud et identification des puits d'entrée de tunnelier (source : Société du Grand Paris)



2.5.3 Réalisation des gares par méthode dite de « Parois Moulées »

Pour chaque phase de terrassement depuis la surface, la zone d'excavation est délimitée par une enceinte étanche. La technique privilégiée est celle « des parois moulées » utilisée pour l'ensemble des gares de la Ligne 15 Sud.

Une paroi moulée est un écran en béton armé directement moulé dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe d'eau et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.

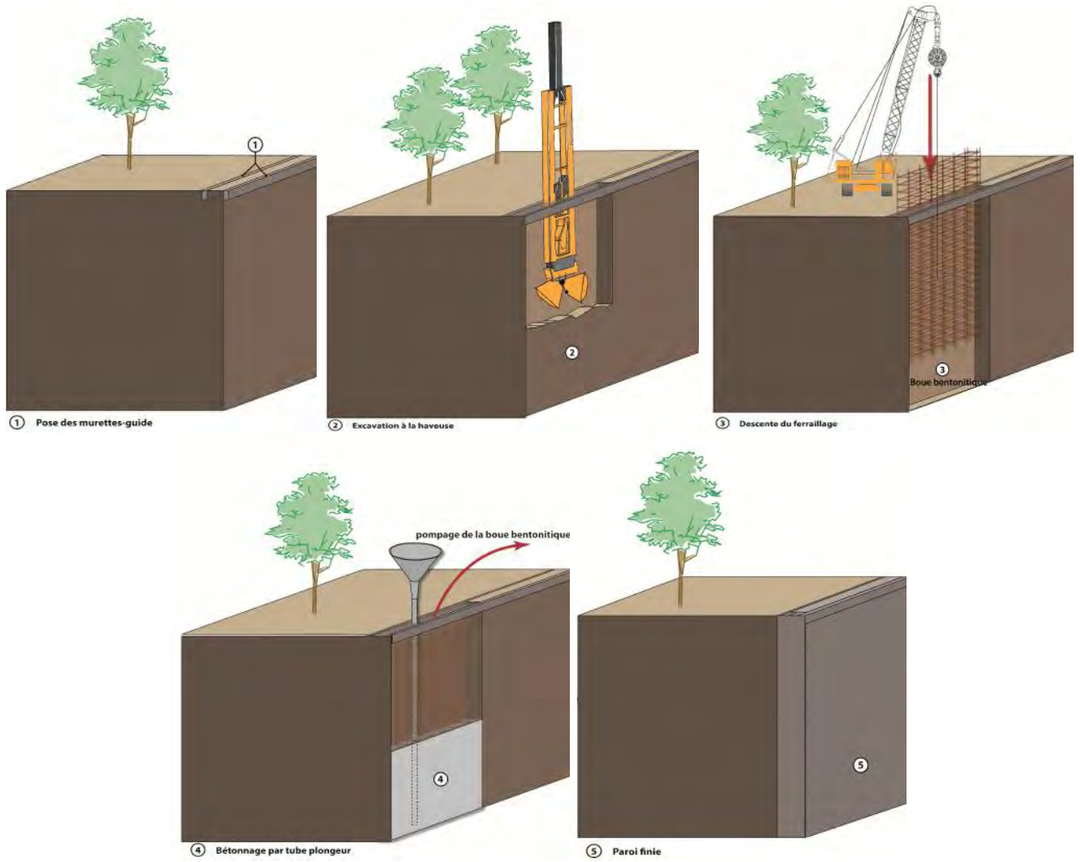
La première étape de réalisation d'une paroi moulée consiste à exécuter des murettes-guides. Ces deux murets en béton armé permettent de guider l'outil de forage et de caler les cages d'armature.

La perforation du sol est réalisée par panneaux de longueur limitée, variable selon le type de sol et la sensibilité des avoisinants.

La stabilité des fouilles réalisées est assurée en substituant aux terres excavées une boue bentonitique[3] dans la tranchée, au fur et à mesure du creusement de celle-ci. Ce fluide permet d'appliquer une pression hydrostatique aux parois, et ainsi d'en empêcher l'éboulement.

Une fois l'excavation d'un panneau achevée, la cage d'armatures est mise en place dans la tranchée remplie de boue. Le bétonnage est ensuite effectué à partir du fond à l'aide d'un tube plongeur. En remontant, le béton chasse la boue bentonitique, qui est évacuée par pompage au fur et à mesure.

Etapes de réalisation des parois moulées



La typologie des travaux de réalisation des gares Grand Paris est dépendante de leur profondeur, de la qualité des terrains rencontrés, des conditions hydrogéologiques, mais aussi des contraintes liées aux emprises disponibles en surface et à l'environnement urbain.

Trois principaux types de gares peuvent être distingués :

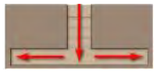
- Gare en tranchée couverte, entièrement réalisée à ciel ouvert (méthode dite « bottom up », soit « radier premier ») ;



- Gare en tranchée couverte, réalisée en partie sous la chaussée reconstituée (méthode dite « top down », soit « couverture première ») ;



- Gare réalisée par une méthode de souterrain traditionnel depuis un puits principal (ou plusieurs), ou depuis une partie « centrale » relativement importante réalisée en tranchée couverte (gare mixte).

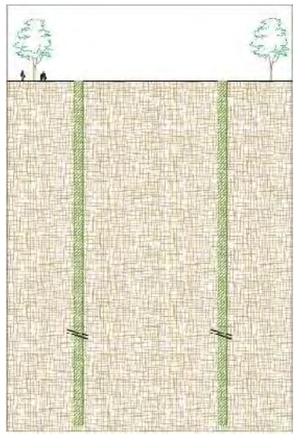


Ces trois types de travaux de réalisation des gares sont détaillés au sein des schémas suivants.

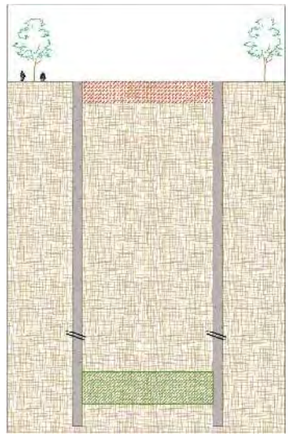
[3] Boue bentonitique : Boue contenant de la bentonite (argiles) qui a la propriété à laisser facilement sa place aux bétons lors des travaux de constructions d'ouvrages de génie civil

Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte à ciel ouvert (radier premier) (Source : Société du Grand Paris)

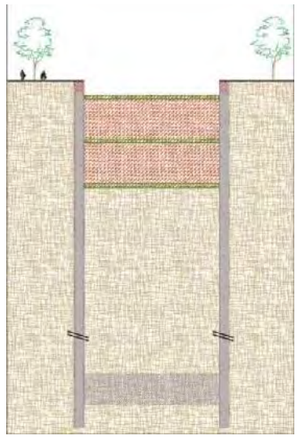
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



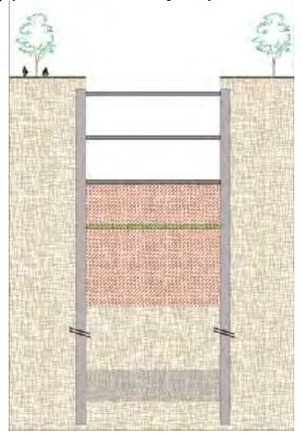
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des premiers terrassements



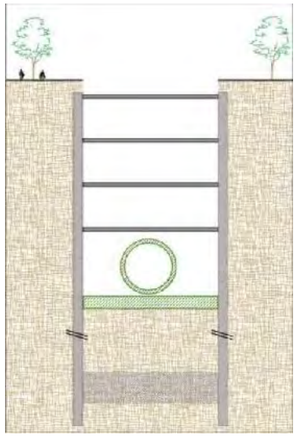
Phase 3 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert, butonnage à ciel ouvert et recépage des parois moulées



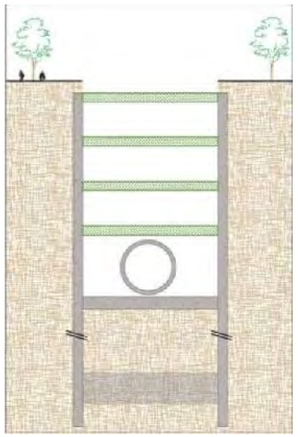
Phase 4 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert et mise en place de lits de butons supplémentaires, jusqu'au radier



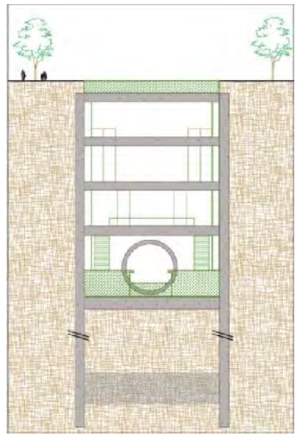
Phase 5 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



Phase 6 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement de butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture

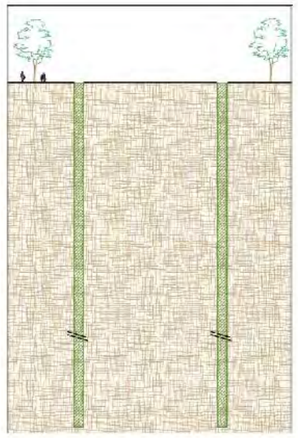


Phase 7 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare, remblai et réfection de voirie

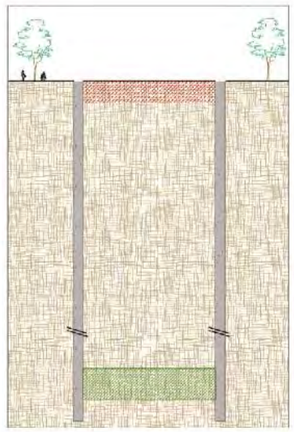


Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte, réalisation en partie sous couverture (couverture première) (Source : Société du Grand Paris)

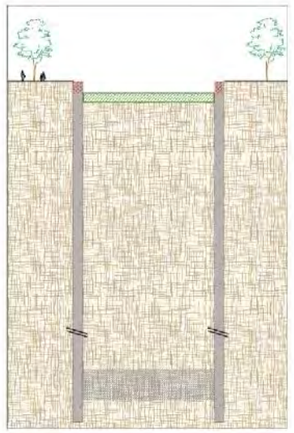
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



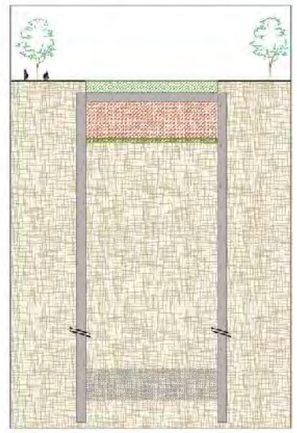
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



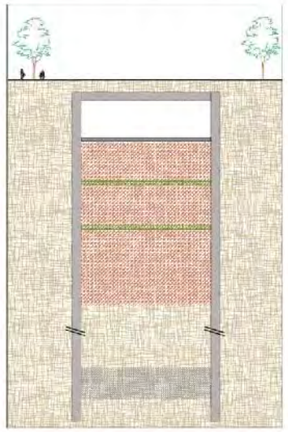
Phase 3 : Réalisation de la dalle de couverture et recépage des parois moulées



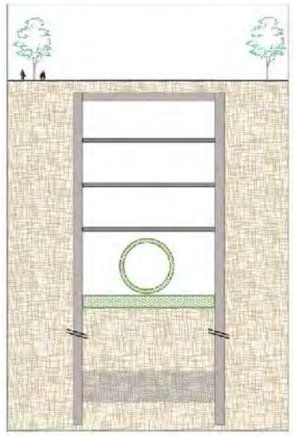
Phase 4 : Première phase de terrassement en sous-œuvre, mise en place des premiers butons provisoires et reconstitution de la voirie existante



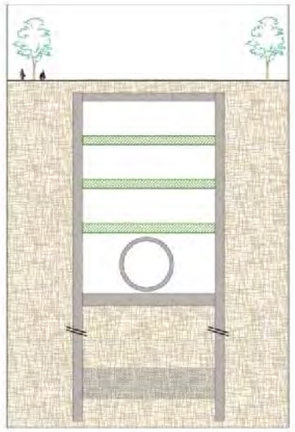
Phase 5 : Poursuite des terrassements en sous-œuvre jusqu'au radier et mise en place de lits de butons provisoires supplémentaires par palier, selon la profondeur de la gare



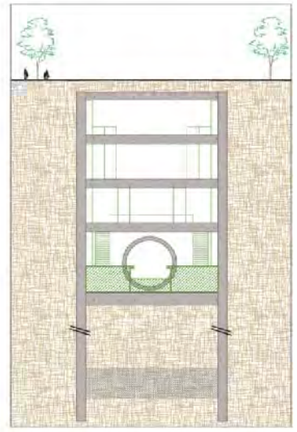
Phase 6 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



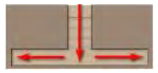
Phase 7 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture



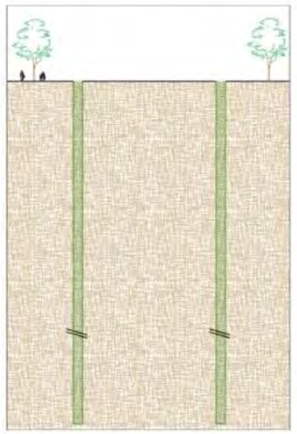
Phase 8 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare



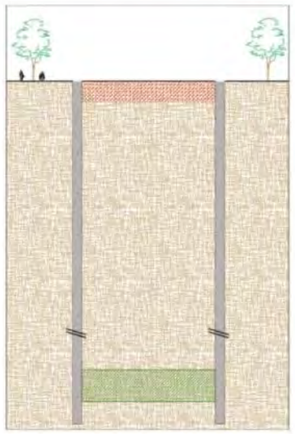
Méthode de réalisation d'une gare en souterrain (Source : Société du Grand Paris)



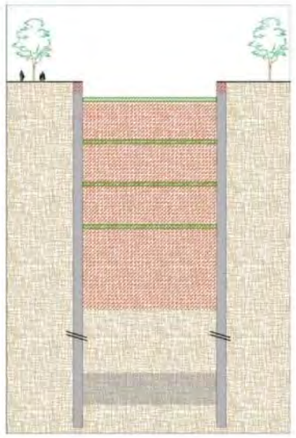
Phase 1 : Réalisation des parois moulées du puits principal



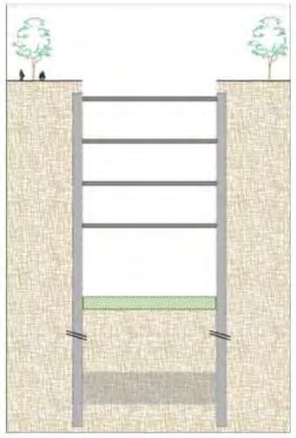
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



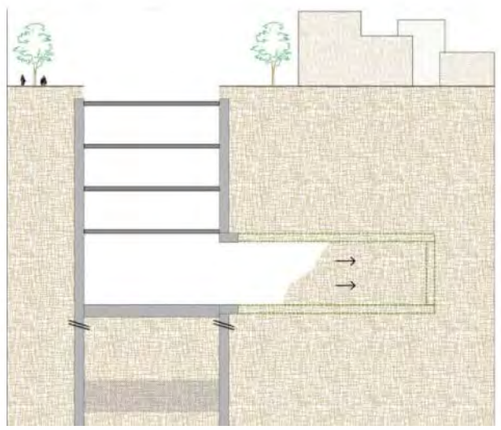
Phase 3 : Recépage des parois moulées, terrassement à ciel ouvert et pose progressive des butons provisoires



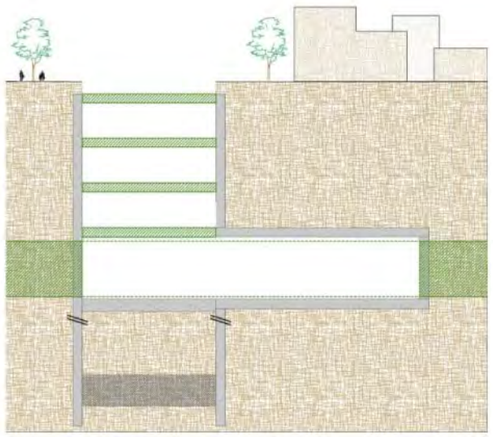
Phase 4 : Réalisation du radier



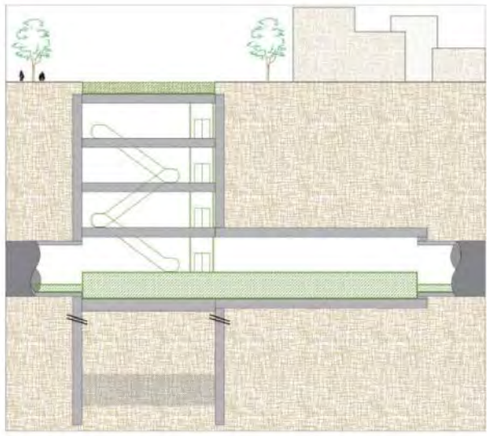
Phase 5 : terrassements de la partie de la gare réalisée en souterrain, avec mise en œuvre du radier, du soutènement provisoire et/ou du revêtement définitif à l'avancement du creusement



Phase 6 : Passage du tunnelier puis réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires



Phase 7 : Reconstruction de la voirie existante. Réalisation des ouvrages intérieurs dans l'ensemble de la gare



3. Présentation détaillée des ouvrages

3.1 Présentation des gares de la Ligne 15 Sud

3.1.1 Gare de Pont de Sèvres

3.1.1.1 Localisation et contexte urbain actuel

Le terrain de la future gare Pont de Sèvres de la ligne 15 du réseau du Grand Paris Express est situé à l'ouest de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine. Il est localisé sur la rive droite de la Seine, au sud-ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, en limite de Sèvres.

La ville de Boulogne-Billancourt s'inscrit dans l'un des lieux privilégiés du bassin parisien, au creux d'un méandre de la Seine. L'environnement immédiat du site de la gare Pont de Sèvres est caractérisé, côté nord-est, par un réseau viaire complexe en tête du Pont de Sèvres et la voirie de la RD1, par les grands immeubles du quartier du Pont de Sèvres. Côté sud-ouest, le site bénéficie de perspectives remarquables sur le fleuve, sur l'île Seguin et sur le paysage des coteaux de Sèvres.

Le site est desservi actuellement par :

- la station Pont de Sèvres, terminus ouest de la ligne 9 du métro de Paris.
- la gare routière Pont de Sèvres des autobus de la RATP, implantée au-dessus du métro,
- la station du tramway T2 Musée de Sèvres, implantée sur la rive gauche de la Seine.

La gare Pont de Sèvres de la ligne 15 du métro du GPE complète ce dispositif de transport en se connectant directement à la ligne 9 du métro et à la gare routière. La gare assure aussi la desserte d'un tissu urbain constitué. Plusieurs projets y sont en cours de développement, notamment : la réhabilitation en cours des tours Général Electric « City Lights », la transformation du site « Square Com », le développement de l'île Seguin avec la future passerelle piétonne.

Un réaménagement de la tête du Pont de Sèvres est prévu à plus long terme. Il intègre une modification des voiries et la création d'une nouvelle gare routière.

Les abords immédiats de la future gare de la ligne 15 sont marqués par trois ensembles singuliers :

- Le « Trident », situé à la pointe du quartier du Pont-de-Sèvres, au nord de la gare M15, est un ensemble de 170 logements sur 14 étages réalisé en 1978 par l'architecte Pierre Vigneron. Il marqué par sa forme en étoile à trois branches, par ses balcons filants. Sa façade, en béton recouvert d'agrégats de quartz, a été récemment ravalée.
- L'IGH « CityLights » est un ensemble défini par trois tours, culminant à 100m, et par dix pétales hexagonaux. L'agence DPA restructure cet ensemble de 85 000m² destiné à des programmes de bureaux, restaurants d'entreprise, centre de conférence, auditorium… Les façades sombres existantes sont remplacées par une double-peau composée d'aluminium et de vitrage, aux lignes souples et claires.
- Le « Square Com », érigé dans les années 1980 par Claude Vasconi, est un des lieux importants de l'histoire des usines Renault de Boulogne.



Insertion de la gare de Pont de Sèvres (Source : Société du Grand Paris)

Trois projets sont prévus à proximité de la future gare :

- Le réaménagement futur de la Tête de Pont de Sèvres en Rive Droite : voirie, gare routière enterrée,
- La construction de la cité de la Musique sur l'île Seguin. La mise en service d'une passerelle reliant l'île Seguin à la gare, ne sera possible qu'après les travaux de la gare (se référer au plan ci-dessus),
- Les travaux en cours pour la construction d'une tour et la réhabilitation des tours «Général Electric».

Les immeubles qui environnent le site de la future gare de la ligne 15 ont chacun leur propre programme de parking. Il n'existe pas d'autres places de stationnement.

3.1.1.2 Le projet de gare

La gare de Pont de Sèvres est positionnée au sud-ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, au bord de la rive droite de la Seine, entre le pont de Sèvres et le pont Renault. L'axe de la gare est parallèle à la Seine, sous le quai George Gorse (RD1).

Le hall de correspondance souterrain qui connecte la gare avec les autres modes de transport - M9, Bus et T2 - est calé juste en dessous de la rue du Rond-Point du Pont de Sèvres qui remonte, depuis le RD1, vers l'avenue du Général Leclerc, au nord.

Du fait des contraintes urbaines du secteur, le projet ne prévoit pas de bâtiment gare en émergence mais des points d'accès aux modes de transports. Deux émergences annoncent la gare et correspondent aux différents accès :

- au nord, l'accès principal au pied du métro M9 et des tours GE,
- au sud, l'accès secondaire devant le bâtiment Square Com – Accès Quai George Gorse
- un accès possible depuis la future passerelle piétonne desservant l'Ile Seguin.

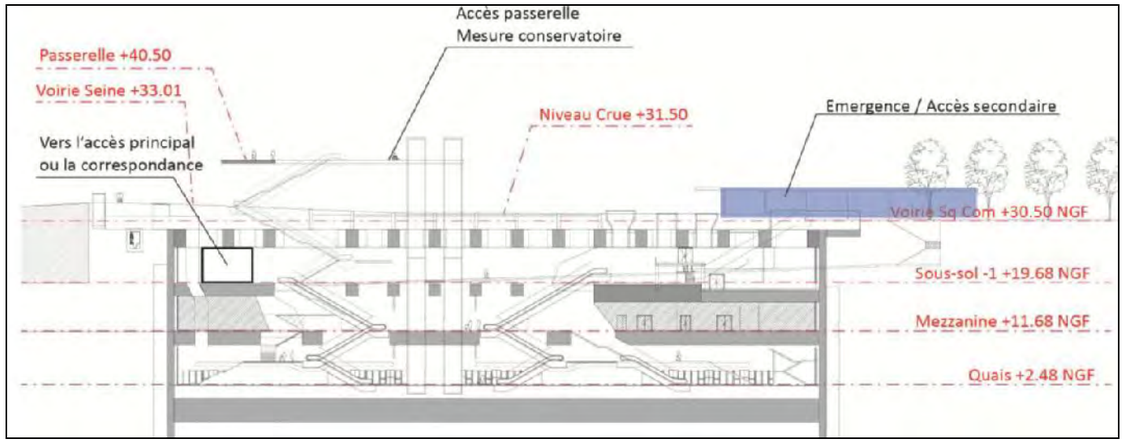
Les émergences qui abritent l'accès principal et l'accès secondaire sont positionnées longitudinalement sur les trottoirs piétons élargis, en bordure de voiries routières à fort trafic (la voie du Rond-Point du Pont de Sèvres et la RD1). L'accès principal de la gare intègre l'aménagement du Triangle, jardin situé de l'autre côté de la voie routière. La liaison depuis la future passerelle est esquissée aujourd'hui et fera l'objet d'adaptation en fonction du calage définitif de celle-ci, des évolutions du tracé de la RD1 et de l'aménagement des berges. La passerelle n'est pas portée par la Société du Grand Paris.



Présentation à titre indicatif de la gare de Pont de Sèvres
(Source : Société du Grand Paris)



Cheminement des voyageurs niveau quais (à gauche) et niveau mezzanine (à droite)
(Source : Société du Grand Paris)



Profil longitudinal de la gare (Source : Société du Grand Paris)

Deux ouvrages souterrains composent la gare :

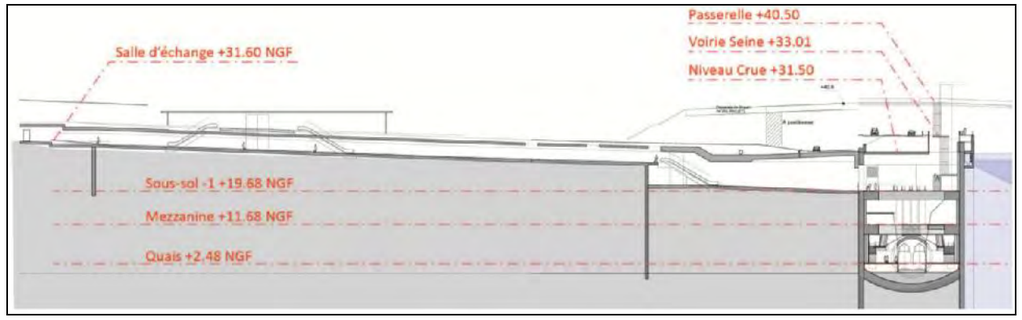
- La boîte de la gare de la ligne 15 du réseau GPE,
- Le hall de correspondance vers le métro 9 et la gare routière.

La boîte de la gare est un grand parallélépipède rectangle traversé en partie basse par la ligne 15 du métro. Il a pour dimensions intérieures 109 m de longueur, 22,60 m de largeur et près de 28 m de hauteur. La gare s'organise sur 4 niveaux, les deux niveaux supérieurs se prolongent en dehors du volume des quais pour accompagner les cheminements de correspondance :

- Le niveau voirie avec les émergences et les accès,
- Le niveau sous-sol –1, hall de la gare du Grand Paris, vestibule puis salle de correspondance et jardins,
- Le niveau mezzanine où les circulations verticales se regroupent sur un plateau commun, central. À ce niveau, les différentes possibilités de destination sont offertes aux voyageurs.
- Le niveau des voies comportant deux quais latéraux. L'implantation des circulations verticales est optimisée pour utiliser l'espace sous les liernes et ainsi réduire la largeur de l'ouvrage

- Des mesures conservatoires sont prises pour créer un 5ème niveau reliant la gare à la future passerelle Seguin.

Le hall de correspondance, en courbe et long de près de 200 m, raccorde au sud, la boîte de la gare et au Nord, l'accès à la ligne 9 du métro et à la gare routière. Il est positionné au-dessous de la voie du Rond-Point du Pont de Sèvres dont il suit la pente, de 4% au maximum. Sa largeur est variable. Trois lieux le composent, du Sud au Nord : le vestibule, la salle et le hall jardin.



Profil longitudinal du hall de correspondance – passerelle hors projet (Source : Société du Grand Paris)

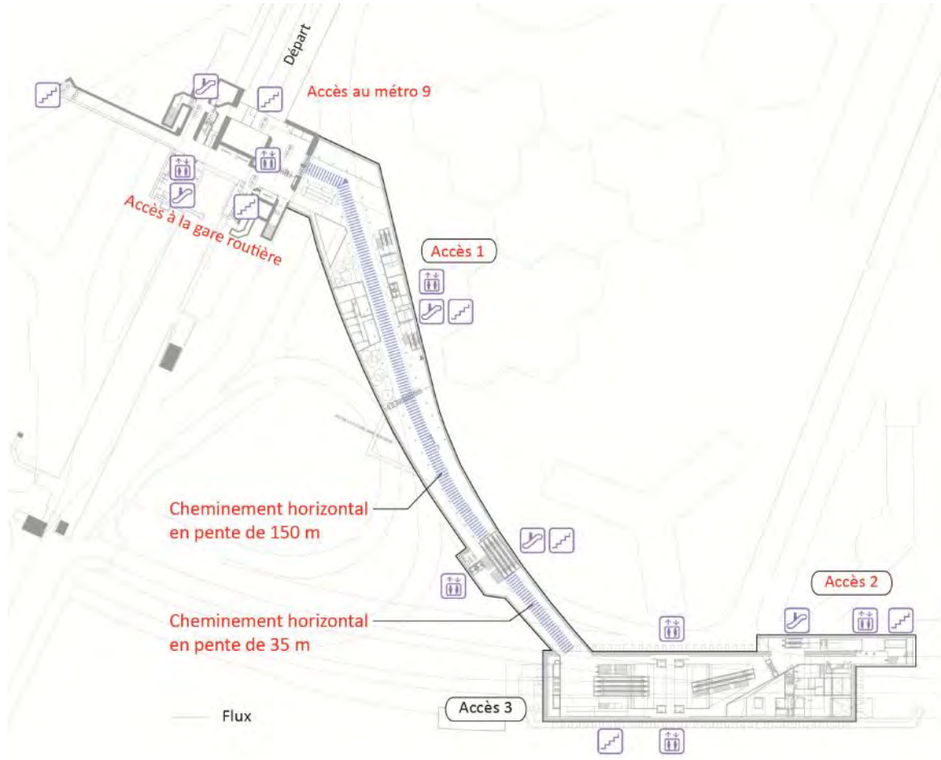


Gare de Pont de Sèvres – plan d'insertion

3.1.1.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La salle de correspondance se trouve au niveau du sous-sol -1 (+19.68 NGF) au tympan ouest de la gare. La longueur jusqu'à la limite de la RATP est d'environ 200m et la différence de nivellement entre les deux espaces à 11.92m. Afin d'optimiser le parcours des voyageurs, tous les cheminements horizontaux sont composés d'une rampe accessible aux PMR.



Deux ascenseurs sur chaque quais M15 permettent de monter jusqu'au niveau du hall (Sous-sol -1 (19.68 NGF) sans rupture de charge. Un couple d'ascenseurs en alignement des autres modes de circulations verticales accueillent ensuite les personnes à mobilité réduite. La rampe en pente très légère d'une longueur de 120m permet d'avoir la hauteur sous plafond plus confortable. A l'extrémité du hall de correspondance, une rampe spécifique PMR permet de rattraper le nivellement du hall d'échange de la ligne 9. Par contre, la ligne 9 ne dispose pas l'accessibilité PMR.

Le projet prévoit d'implantation des deux ascenseurs pour les accès aux quais de la gare routière.

Le couloir souterrain existant est un espace où les voyageurs des autres modes de transport passent pour venir dans l'espace M15. Le flux entrants / sortants de la ligne 9 qui est plus important de la gare est bien séparé par rapport aux autres flux.

b. Réseau bus

La ligne 9 dispose trois accès dont deux accès mutualisés avec l'accès de la gare routière. Les accès ne sont pas mécanisés. 10 lignes de bus arrivent à la gare routière et trois arrêts de bus se trouvent à l'échangeur de Pont de Sèvres.



Gare de Pont de Sèvres – réseaux bus

Actuellement la ligne 9 dispose de trois accès dont deux accès mutualisés avec l'accès de la gare routière. Les accès ne sont pas mécanisés. La gare routière n'est pas accessible par le passage souterrain sous l'échangeur.

Le projet du GPE avec sa salle d'échange souterraine facilite la correspondance entre la ligne 9 et les bus.

L'arrêt de la ligne SUBB se situe sur la rue du Rond-Point de Pont de Sèvre, à 15m depuis l'accès de la ligne 9.

De l'autre côté, un arrêt de bus avec un petit abri à vélo se trouve devant le deuxième accès du passage souterrain. Un autre arrêt de bus se trouve dans la bretelle de l'échangeur de Pont de Sèvres.

L'accès principal de la ligne 15 s'implante sur le trottoir devant le bâtiment « Général Electric » après la déviation de la rue du Rond-point de Pont de Sèvres. L'accès secondaire est situé devant le Square Com. Les deux accès sont mécanisés et accessibles aux PMR. La RD 1 restera en l'état, et la liaison avec la future passerelle île Seguin est assuré par un escalier fixe et deux ascenseurs. Par ailleurs, le projet de la RATP prévoit l'implantation d'un ascenseur pour chaque quai de la gare routière.

A ce stade d'études, le projet de la future gare routière n'est pris en compte que d'un point de vue aménagement global et avec une mesure conservatoire pour créer un accès souterrain depuis le couloir de correspondance, avant la ligne de contrôle GPE.

c. Vélos

A côté de la trémie de la salle de correspondance dans le triangle du Rond-Point de Pont de Sèvres, un abri vélos d'environ 40 places est prévu. L'abri est à proximité de l'accès principal.

Un autre abri vélos est situé à la sortie de l'accès Square Com, sous la couverture. La piste cyclable sera prolongée jusqu'à l'accès secondaire.

Dans le cadre de l'étude de pôle, de nouvelles solutions seront recherchées pour compléter cette offre et atteindre les objectifs fixés par le STIF.



Gare de Pont de Sèvres – Modes doux (Société du Grand Paris)

d. Véhicules particuliers, stationnement

En raison du manque de surface, le stationnement pour les véhicules particuliers n'est pas prévu. Les places de stationnement devant le Square Com sont supprimées afin d'implanter l'accès secondaire Square. Com et le les abris vélos.

e. Autre réseau ou autre mode de transport

La correspondance avec T2 s'effectue par le cheminement actuel. L'amélioration de la correspondance avec le tramway 2 n'est pas prévue à ce stade d'études.

3.1.1.4 Processus de construction

Le planning de la gare Pont de Sèvres est contraint par des travaux préparatoires conditionnant le démarrage du Gros Œuvre de la gare.

Placée à proximité immédiate de la Seine, le chantier est très contraint. Il est nécessaire de mettre en place une estacade travaux située en Seine (voir schéma ci-dessous). À la fin de la phase chantier, cette estacade est démontée et retirée. Il est à noter que le phasage étant très complexe, il est à ce stade provisoire et pourrait être amené à varier dans la phase d'étude ultérieure.

Les grands principes du phasage de la gare de Pont de Sèvres sont les suivants :

1/ Déviation des réseaux concessionnaires pour dégager l'emprise de la boîte gare. Réalisation du nouveau déversoir d'orage en remplacement de celui situé au droit de la gare.

2/ Réalisation d'une estacade en Seine. Cette estacade sert à porter soit une des chaussées de la RD1 soit des installations de chantier. Cette estacade comprend un rideau de palplanches qui permet de soutenir la berge pour réaliser la plate-forme de travail du chantier.

3/ Déviation de l'ovoïde Sevesc, et de la chambre à sable. Remblaiement de la plate-forme pour réaliser l'enceinte de la gare. Travaux éventuels d'injections de confortement des berges.

4/ Réalisation des parois moulées de l'enceinte et des refends transversaux qui vont assurer la stabilité provisoire de la gare pendant les terrassements. Réalisation de la jupe injectée sous les parois moulées pour assurer l'étanchéité de la boîte.

5/ Passage du tunnelier dans la boîte non terrassée.

6/ Début du terrassement et réalisation de la dalle supérieure.

7/ Rétablissement des réseaux et des chaussées sur la boîte puis basculement de la circulation sur la boîte.

8/ Terrassement de la boîte et réalisation des structures internes en descendant, en travaillant en taupe sous la dalle supérieure.

9/ Réalisation du couloir de correspondance à ciel ouvert à l'intérieur d'une paroi provisoire.

10/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre.

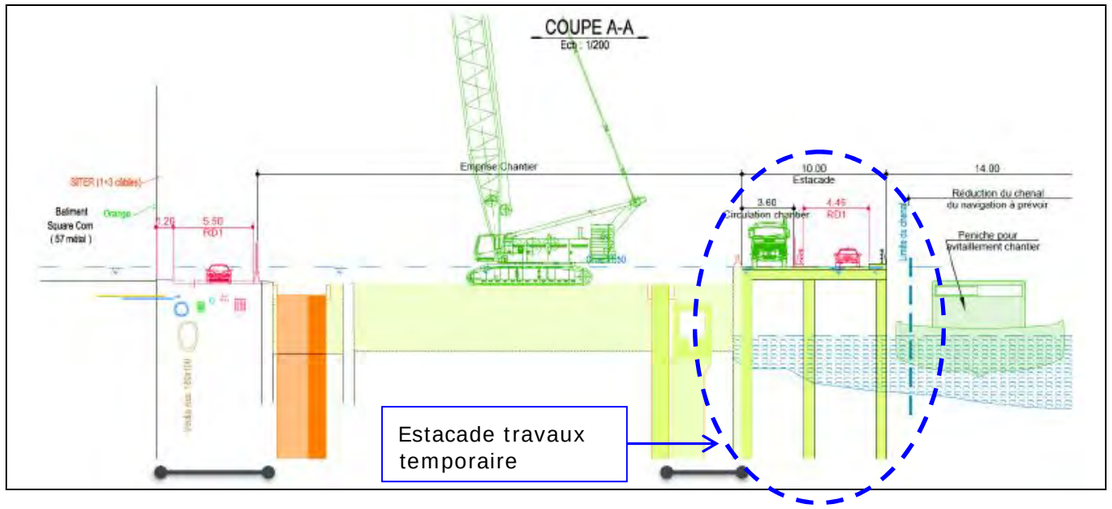
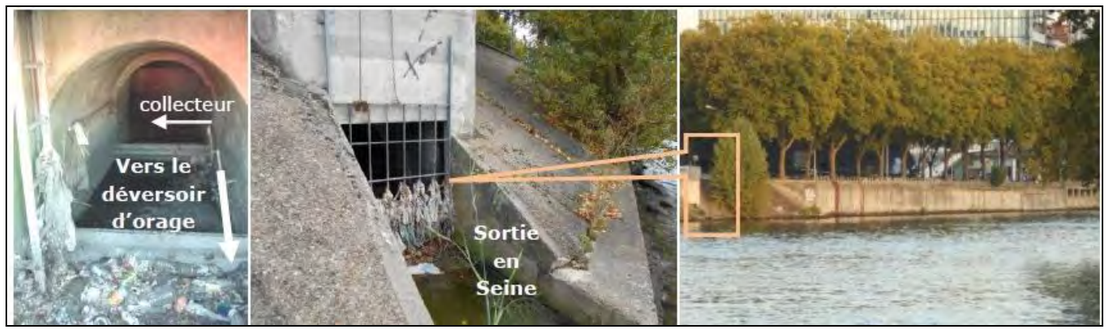


Schéma de principe des travaux avec implantation d'une estacade travaux en Seine

L'implantation de la gare de Pont de Sèvres nécessite le déplacement d'un déversoir d'orage existant. Il est prévu un décalage plus en amont, à proximité de la future boite gare.

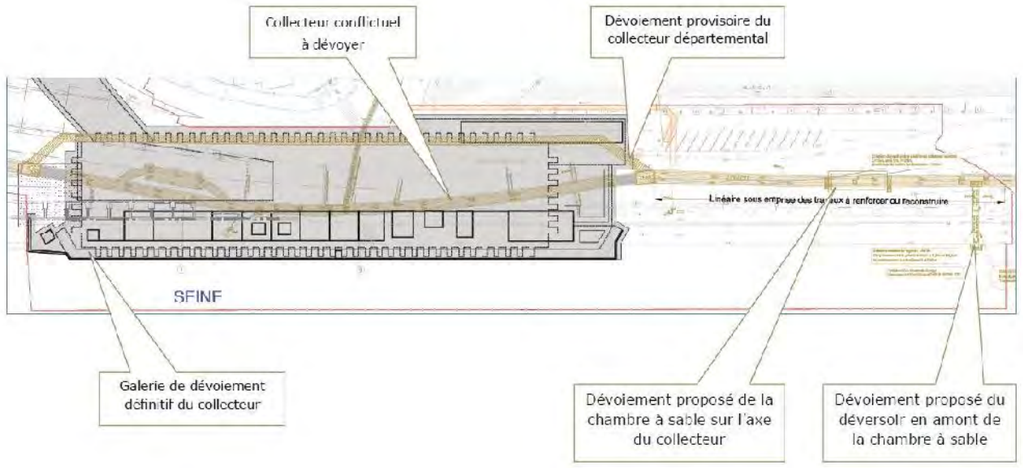
L'ouvrage existant est situé à l'amont de la chambre à sable et comprend une galerie de section de 1,50 m x 1,50 m partant du collecteur vers la Seine. Cette galerie, qui joue un rôle dans la décantation des déchets emportés par les effluents comprend :

- Un seuil fixe d'une hauteur de 1,10 m ;
- Un barrage à poutrelles d'une hauteur de 0,30 m ;
- Une vanne à manœuvre manuelle à l'exutoire.



Vues en galerie du déversoir d'orage et de la situation côté Seine

La création d'un nouveau déversoir d'orage est indispensable, avant le commencement des travaux d'exécution de la paroi moulée Sud de la gare qui entrainera la suppression du déversoir d'orage existant.



Solution de dévoiement des ouvrages du collecteur d'assainissement départemental

Le nouveau déversoir sera réalisé au droit de la galerie d'un regard de visite existant du collecteur d'assainissement départemental afin de limiter les travaux de tranchée. Des aménagements pourront être nécessaires au droit de départ du déversoir d'orage du collecteur afin de créer des conditions favorables au bon écoulement hydraulique.

En principe, cette galerie sera élargie à 1,5 m et sera prolongée jusqu'à l'aboutissement en Seine. La galerie de décharge sera disposée d'une banquette ayant une largeur de 0,5 m pour permettre le passage des exploitants en cas de visite du collecteur. L'accès par le regard sera conservé.

Le nouveau déversoir d'orage sera muni d'équipements identiques à ceux du déversoir existant, avec une vanne de crue à l'exutoire ayant une manœuvre accessible même en temps de crue de la Seine. Au départ de la galerie de décharge du collecteur, des batardeaux insérés dans un cadre seront installés à une hauteur qui sera définie en phase de projet par l'exploitant du réseau d'assainissement (à titre indicatif, cette hauteur pourra être de l'ordre de 1 m à 1,5 m).





Emplacement du regard de visite sur le collecteur départemental à utiliser pour construire le nouveau déversoir d'orage

La méthode d'exécution du déversoir d'orage doit prendre en compte trois contraintes majeures, à savoir :

- La présence de structure en béton armé d'anciens abris anti-aériens ;
- Les palplanches qui vont être installées au bord de quai de la Seine ;
- La future estacade de dévoiement de la route en direction d'Issy.

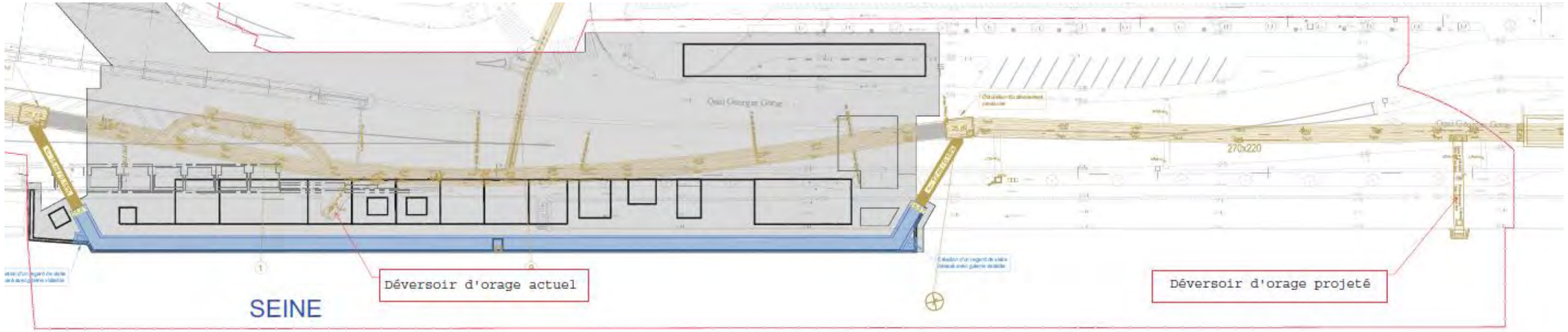
La conception définitive en phase PRO du déversoir respectera les obligations réglementaires.

Le déversoir d'orage, la chambre à sable et la chambre de liaison seront exécutés dans le marché de la boîte gare. Ce sont les premiers travaux qui seront exécutés en parallèle du soutènement de la berge. Il sera réalisé la déviation définitive du collecteur en parallèle avec le soutènement de la berge, le collecteur étant construit immédiatement derrière ce soutènement. Simultanément, le nouveau déversoir d'orage est construit de façon à ce qu'il soit opérationnel quand le soutènement de berge interceptera le déversoir existant. La chambre à sable peut être construite en parallèle du déversoir d'orage, ainsi que la chambre de liaison.

Une convention de transfert temporaire de Maîtrise d'Ouvrage, en vue de la réalisation des études et travaux relatifs au dévoiement des réseaux d'assainissement du département dans le cadre de la réalisation du tronçon sud du réseau de Transport du Grand Paris Express, est en cours d'établissement entre le département des Hauts-de-Seine et la Société du Grand Paris.

En ce sens, le Département conserve à sa charge toutes les actions qui lui incombent en tant que propriétaire et exploitant de l'ouvrage avant les travaux et après l'achèvement des travaux.

La SGP procède à ce titre seulement au déplacement du déversoir d'orage concerné, compte tenu des travaux liés à la future gare de Pont de Sèvres.


Déversoir d'orage actuel
SEINE
Déversoir d'orage projeté
270x220

3.1.2 Gare d'Issy RER

3.1.2.1 Localisation et contexte urbain

La future gare ISSY RER du Grand Paris Express (GPE) ligne 15 se situe à Issy-les-Moulineaux, dans le quartier Val de Seine / Les Arches. La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est. Ce quartier est situé à l'ouest du centre-ville.

La gare s'implante au croisement de la rue Aristide Briand au Nord, de l'avenue de Verdun au Sud et de la place Léon Blum à l'Est. La gare dessert un paysage urbain dense caractérisé par :

- Au Sud, un quartier résidentiel constitué de maisons individuelles et d'habitats collectifs de petite à moyenne hauteur, entre l'avenue Pasteur et le Boulevard Rodin,
- Au Nord, des bâtiments de logement collectif de grande hauteur, le long du boulevard Garibaldi, au Nord de la place Léon Blum,
- A l'Est, le viaduc du RER C,
- A l'Ouest, une zone d'habitat collectif de petite hauteur entre l'avenue de Verdun et la rue Aristide Briand.

La gare propose une correspondance avec le RER C dont la gare RER est aujourd'hui située au niveau du chemin d'accès à la gare. Sur cette zone, le RER C passe sur un viaduc qui croise, en aérien, la place Léon Blum et suit le boulevard Garibaldi vers le Nord et l'avenue de Verdun vers le Sud et l'Ouest.

La gare s'insère au cœur de la ZAC Léon Blum qui s'étale sur 20 hectares. Celle-ci vise à répondre aux objectifs de logements inscrits dans le Contrat de Développement Territorial (CDT) « Innovation numérique », tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif.



ZAC Léon Blum - 1ère esquisse SYNTHESE Architecte – Janvier 2014



Présentation de la gare d'Issy RER

(Source : Société du Grand Paris)

3.1.2.2 Présentation de la gare

La gare d'Issy RER se compose d'une boite gare et d'un puits d'émergence déporté par rapport à la boite même et d'une correspondance avec le RER C.

La gare est implantée, en ce qui concerne la « boite gare souterraine», sous la rue Aristide Briand et le parking de surface devant la résidence Garibaldi et, pour ce qui est de l'émergence, sous la pointe entre la rue A. Briand et l'avenue de Verdun. Quant à la correspondance avec le RER C, le couloir de connexion passe en tunnel sous la place Léon Blum pour ensuite remonter le long des Arches d'Issy et se connecter en aérien au futur bâtiment voyer et au bout du quai RER côté Banlieue. La gare est une gare peu profonde. Les quais se situent à 20,90 m de profondeur.



Perspective de l'émergence d'accès (à gauche) et de la salle des correspondances (à droite) (Source : Société du Grand Paris)

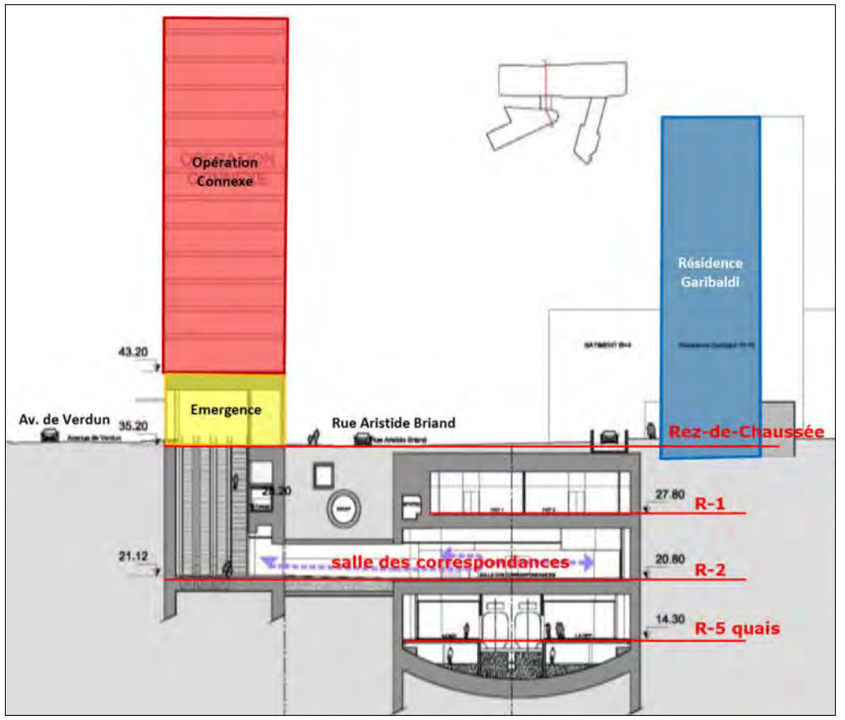
La gare se développe en 3 espaces majeurs :

- L'émergence du niveau rue au niveau -2, dans un même volume verrier : La zone d'informations est au N0. Depuis la rue jusqu'au N-2, l'accès se fait directement en trajet rectiligne par les EM + EF. Pour les PMR et/ou UFR, l'accès de fait par les ascenseurs situés sur le passage en coupe-circuit entre la rue Aristide Briand et l'avenue de Verdun.

  L'accueil, la zone de vente et les sanitaires publics sont au N-2 visibles depuis le débouché des EM+EF ou des ascenseurs. La ligne de contrôle est visible depuis le débouché des EM+EF. Pour les voyageurs empruntant les ascenseurs, cette ligne est moins visible mais dès lors que ces voyageurs sont sortis des ascenseurs, ils retrouvent de suite le flux des voyageurs valides.

- La connexion du niveau -2 aux quais du RER C : Depuis les quais de la ligne 15 jusqu'à la sortie ville au N0, le parcours des PMR et/ou UFR (personne à mobilité réduite, usager fauteuil roulant) donne lieu à 1 rupture de charge. Les voyageurs en correspondance, depuis les quais, débouchent sur la salle des correspondances, franchissent la ligne de contrôle vers le RER C puis empruntent les escaliers mécaniques et escaliers fixes jusqu'au niveau de la rue des Arches d'Issy. La bifurcation vers les 2 quais du RER se fait à ce niveau. Depuis les quais de la ligne 15 jusqu'aux quais du RER C, le parcours des PMR et/ou UFR donne lieu à 3 ruptures de charge.

- La boite quai niveau N-2 et N-3.



Coupe transversale liaison émergence – salle des correspondances (Source : Société du Grand Paris)

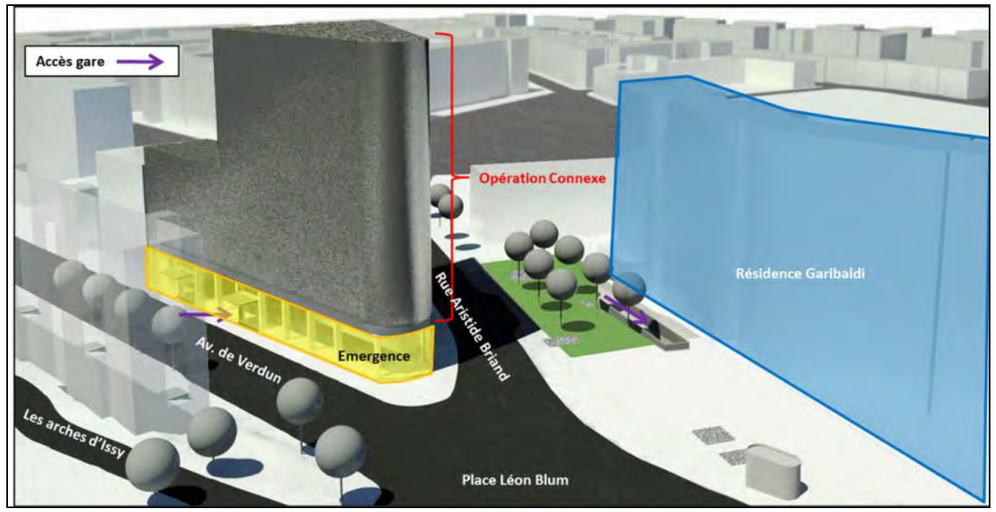
L'enjeu majeur des études menées pour l'opération connexe de la gare GPE d'Issy RER est de mixer deux programmes très différents et de préserver pour chacune une qualité urbaine et fonctionnelle.

Ainsi, l'émergence de la gare intègre les noyaux durs, les fluides, les entrées, ainsi que les locaux nécessaires au bon fonctionnement de l'immeuble. La gare GPE est par conséquent l'infrastructure du bâtiment.

Intrinsèquement liés, les deux bâtiments offrent au passant une façade continue unique, jouant sur une simple variation d'une même typologie d'expression vers l'extérieur, faisant lire le changement programmatique uniquement en élévation.

A l'échelle locale, l'immeuble de logement, par ses 15 étages et sa situation en pointe d'îlot, est le signal. En premier lieu, pour l'entrée de la gare GPE qu'il surplombe littéralement. En second lieu, et peut être plus métaphoriquement, ce bâtiment mixant bureaux, logement social et accession à la propriété, possède le potentiel pour être signal et symbole du renouveau du quartier Léon Blum, déjà programmé par la ville d'Issy-les-Moulineaux.

De la même manière, cela permettra aux futurs habitants des logements de profiter de vues sur leur ville autant que sur les villes alentours et de leur offrir des espaces extérieurs généreux.



Présentation à titre indicatif de l'insertion de la gare dans son contexte urbain futur
(Source : Société du Grand Paris)



Gare d'Issy RER – vue d'insertion

3.1.2.3 Correspondance et intermodalité

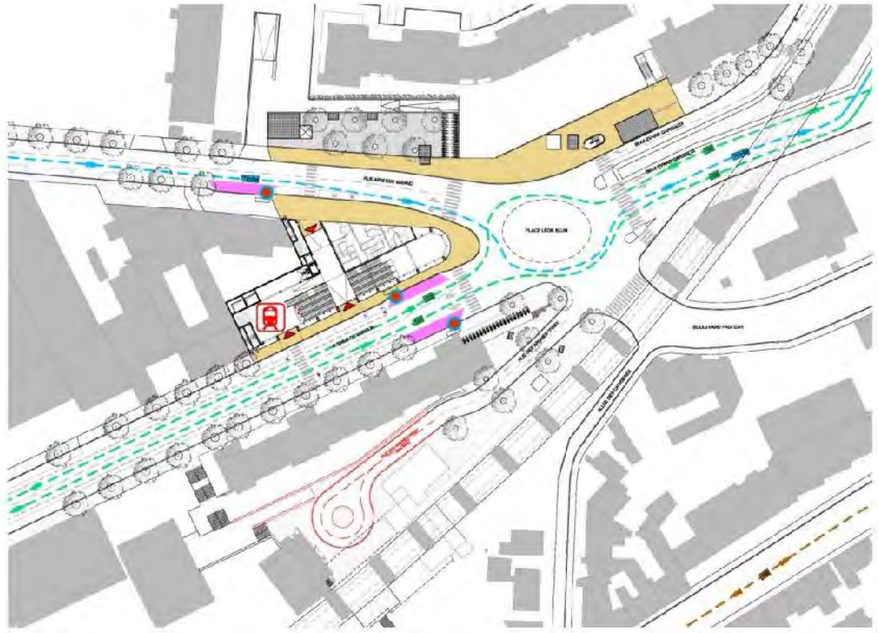
a. Correspondances avec les modes lourds

Le temps de correspondance entre la ligne 15 et le RER C de milieu de quai à milieu de quai et pour vitesse de 1.40m/s, est passé entre l'AVPa et l'AVPb de 4,07min à 4,69min, soit 37s de plus.

b. Réseau bus

Les bus en passage aux abords immédiats de la gare sont :

- La ligne TUVIM selon un sens EST/OUEST sur la rue Aristide Briand dans 1.
- La ligne 123 selon un axe SUD-OUEST/NORD-EST dans les 2 sens, sur l'avenue de Verdun.
- L'arrêt de la ligne TUVIM et les 2 arrêts de la ligne 123 sont à proximité immédiate de la gare.
- Il n'est pas prévu de réaliser de pôle bus aux abords de la gare.



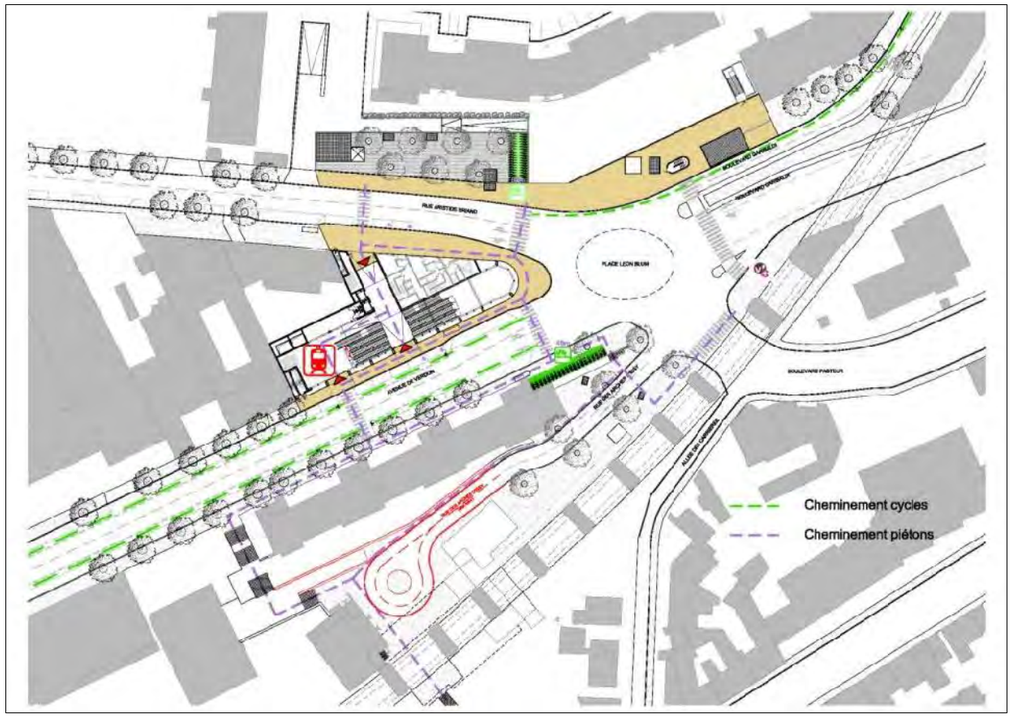
Gare d'Issy RER - Bus

c. Vélos

Il est prévu de créer 40 places sous abris vélos et 40 places en consigne. Dans le cadre de l'étude de pôle, de nouvelles solutions seront recherchées pour compléter cette offre et atteindre les 40 places sous abris vélos et les 80 places en consigne préconisées par le STIF.

Les abris vélos sont au sud sur l'avenue de Verdun à moins de 50 m de l'entrée sud de la gare. Les consignes vélos sont au nord sur la rue Aristide Briand à environ 60m de l'entrée nord de la gare.

Une station Vélib' existe au pied du viaduc, à l'angle du boulevard Garibaldi et de l'avenue Pasteur.



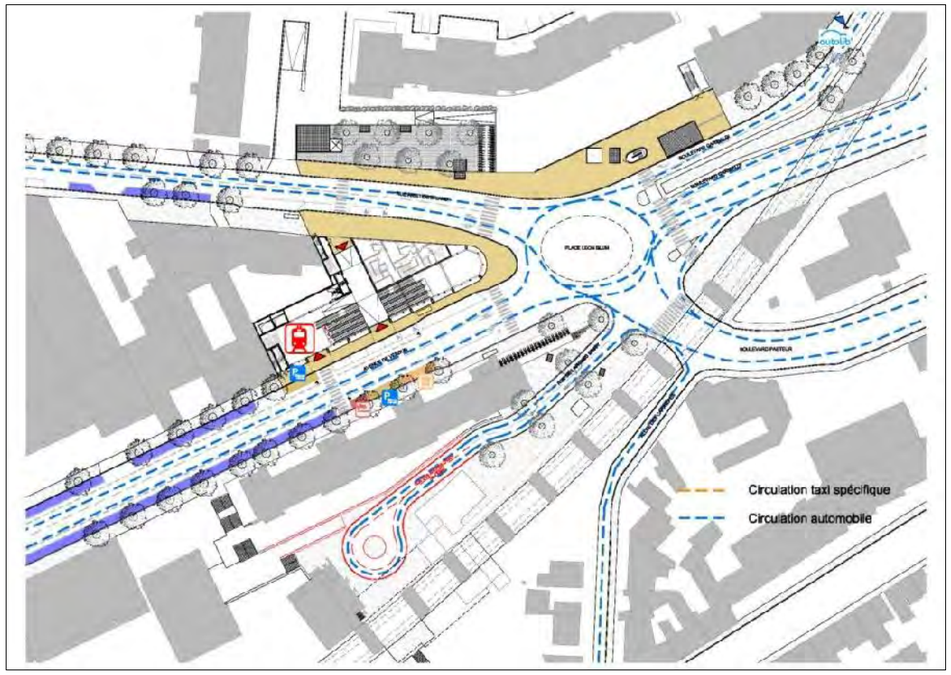
Gare d'Issy RER – Modes doux

d. Véhicules particuliers, stationnement

Le stationnement aux abords de la gare est constitué de places en bordure de voies, à double accotement sur la rue Aristide Briand et sur l'avenue de Verdun.
Le stationnement est payant sans tarif résidentiel.

Pour les besoins propres de la gare sont aménagés :

- 4 places de stationnement pour la dépose minute,
- 4 places de stationnement pour les PMR.



Gare d'Issy RER – Stationnement

e. Autre réseau ou autre mode de transport

Pour les besoins propres de la gare sont aménagés :

- 2 places de stationnement pour les taxis,
- 1 emplacement pour le stationnement des 2 roues,
- 1 place de stationnement pour les convoyeurs de fonds,
- 3 places de stationnement dédiées aux véhicules utilitaires, d'intervention et de prévention mutualisées avec une place pour la police.
- Une station Autolib' existe, située sur la boulevard Garibaldi, au nord-est du plan.

3.1.2.4 Processus de construction

Les travaux de la gare d'Issy RER vont se dérouler dans un contexte urbain très dense. La boite gare est essentiellement réalisée en méthode « top-down » qui prévoit un soutènement vertical et une dalle de couverture. L'excavation est faite sous la dalle, la stabilité des parois étant assurée par un système de butons provisoires. Cela permet de rétablir le plus rapidement possible la circulation routière en surface et d'avoir de la surface utile pour les installations de chantier. Il est à noter que le phasage est présenté à titre indicatif. Les études techniques ultérieures permettront de la valider.

Les grands principes du phasage de la gare d'Issy RER sont les suivants :

1/ Déviation des réseaux.

2/ Démolition des commerces devant l'immeuble Garibaldi et démolition des bâtiments situés au droit de l'émergence de la gare.

3/ Réalisation des parois moulées de la boîte gare et de la dalle supérieure de la gare par moitiés.

4/ Passage du tunnelier dans la boîte non terrassée.

5/ Terrassement de la boîte gare et réalisation des structures internes en descendant. Ces travaux se font en taupe sous la dalle supérieure.

6/ Réalisation des parois moulées de l'émergence.

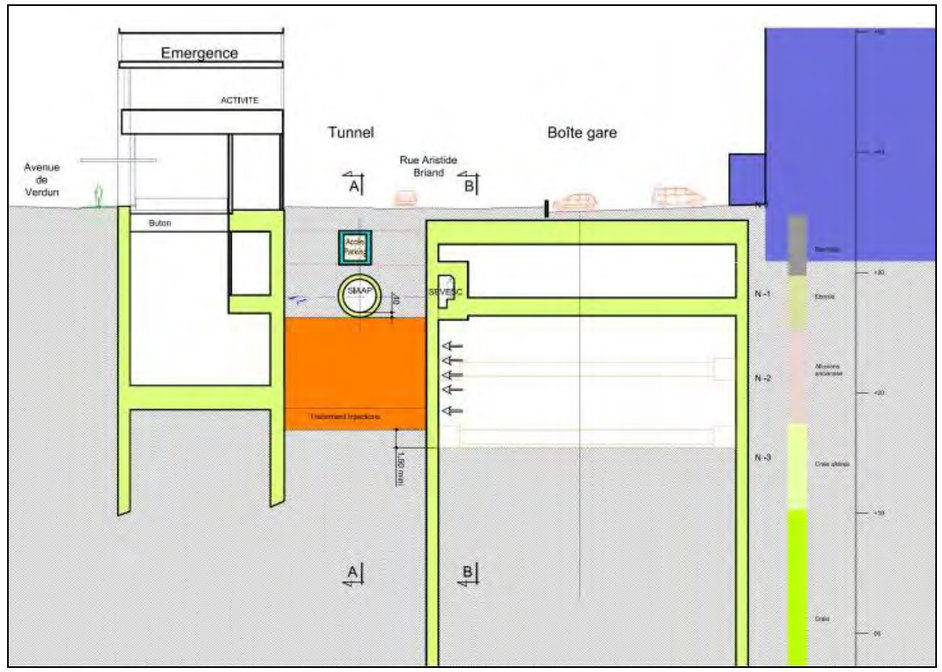
7/ Terrassement de l'émergence et réalisation des structures interne en remontant. Ces travaux se font à ciel ouvert.

8/ Réalisation des couloirs souterrains entre la gare et l'émergence ainsi qu'entre la gare et la correspondance. Ces travaux se font en sous-œuvre.

9/ Réalisation des parois et de la dalle supérieure de la correspondance par moitiés.

10/ Réalisation des structures interne de la correspondance en descendant en taupe sous la dalle supérieure.

11/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre.



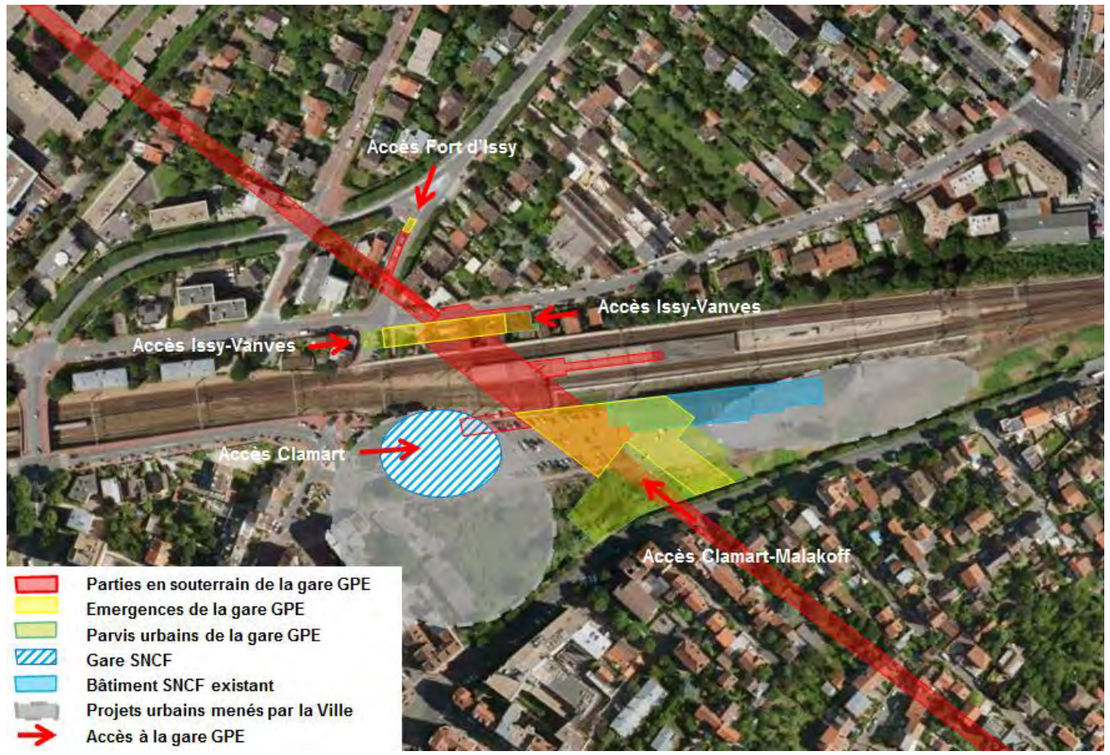
Détail sur couloir entre Gare et Émergence
(Source : Société du Grand Paris)

3.1.3 Gare de Fort d'Issy – Vanves – Clamart

3.1.3.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart est localisée principalement sur la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy–les–Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare Transilien de Clamart. La gare vient s'insérer sous les voies ferrées du réseau Transilien, au cœur d'une friche ferroviaire, destination du futur projet de nouveau quartier de la ville de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF actuel. Le terrain est proche du centre-ville (au sud) mais également de l'éco-quartier de Fort d'Issy (au nord-ouest).

L'environnement de la gare est majoritairement composé d'un bâti pavillonnaire ou de petits immeubles collectifs.



Insertion de la gare de de Fort d'Issy – Vanves - Clamart (Source : Société du Grand Paris)

L'implantation de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart suppose une modification du terrain au niveau des entrées de la gare pour l'aménagement de parvis qui permettront l'intermodalité. L'émergence au Nord suppose la démolition de maisons individuelles et l'émergence au sud suppose une modification du terrain.

3.1.3.2 Le projet de gare

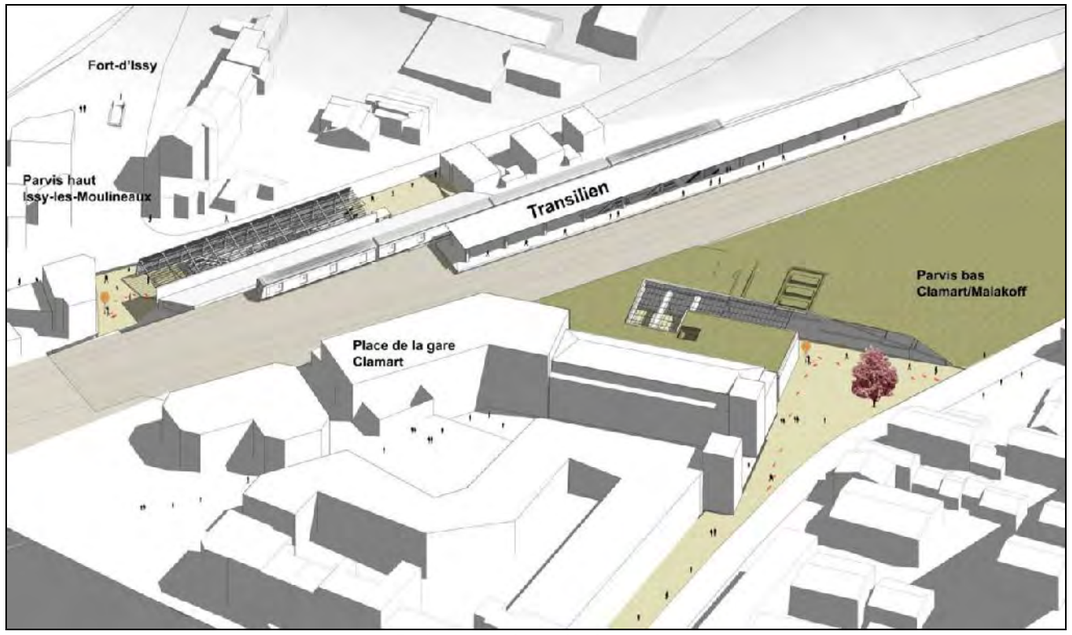
La position de la gare sur le site engendre une multiplication des accès pour connecter l'ensemble des territoires limitrophes, un accès depuis le boulevard des Frères Vigouroux, un accès depuis l'ancien ou futur bâtiment voyageur SNCF, un accès souterrain à l'angle de l'avenue du Général de Gaulle et de l'avenue du Professeur Calmette et enfin deux accès depuis le bâtiment émergent côté Issy-les-Moulineaux, le long de la rue du Clos Montholon.

Deux entrées principales sont prévues :

- Côté Issy-les-Moulineaux par un bâtiment émergent, situé entre le quai latéral du Transilien et la rue du Clos Montholon.
- Côté Clamart par l'émergence du Hall d'Échanges sur le parvis d'entrée au niveau du boulevard des Frères Vigouroux.

L'émergence coté Issy se présente sous la forme d'une grande halle posée contre le quai latéral du Transilien et formée d'une surface de façade courbe le long de la rue du Clos Montholon. Cette façade s'appuie sur le dénivelé important du terrain en conservant une arase d'altimétrie constante pour affirmer sa présence dans la ville. La toiture du volume est également orientée de sorte qu'elle puisse apporter un maximum de lumière à l'intérieur de la gare tout en s'adaptant aux contraintes du site, bordé par un quai de gare à l'est et s'aligner sur la voirie de la rue du Clos Montholon à l'ouest.

Un parvis aux 2 extrémités de l'émergence seront créés de manière à aménager un espace pour l'intermodalité (abris vélos, espaces d'attente pour les bus etc).



Présentation de la gare
(Source : Société du Grand Paris)



Extrait de la perspective d'ambiance, vue depuis la ville et les espaces publics
(Source : Société du Grand Paris)



Vue depuis l'escalier sur entrée principale rue du Clos Montholon
(Source : Société du Grand Paris)



Vue sur l'accès Clamart depuis le hall d'échange
(Source : Société du Grand Paris)

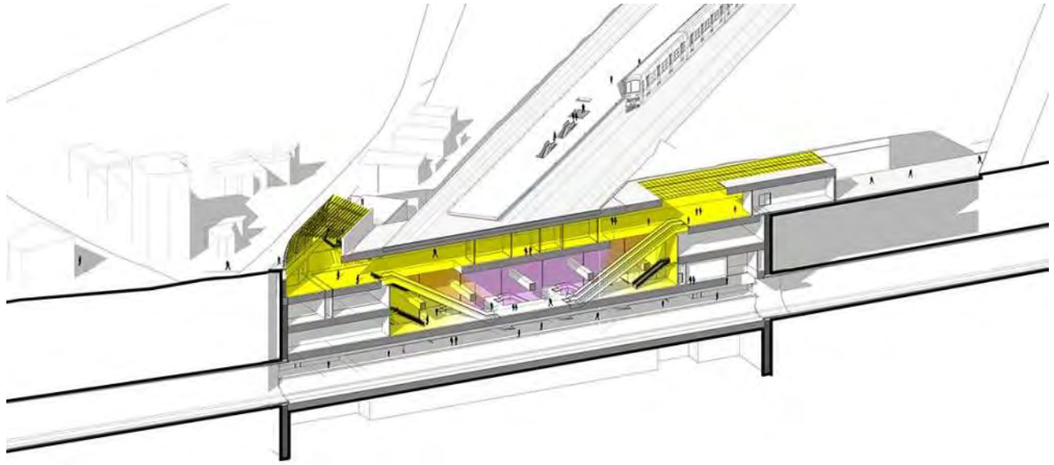
Les quais de la gare se situent à une profondeur de -26 m par rapport au niveau d'accès coté Issy-les-Moulineaux et -19,08 m au niveau d'accès côté Clamart.

La gare présente 5 niveaux dont 4 accessibles au public :

- Niveau Rez-de-Chaussée haut : Accès des voyageurs par le bâtiment émergent coté Issy les Moulineaux, correspondance en surface avec le bus 394 et le 169,
- Niveau Rez-de-Chaussée bas : Accès des voyageurs coté Clamart, accès des voyageurs par couloir d'accès Issy-les-Moulineaux, liaison avec bâtiment voyageur Transilien, correspondance avec la ligne N du Transilien, correspondance en surface avec le bus 189, accueil des voyageurs, commerces, contrôle des billets,
- Niveau -1 : Dédié aux locaux techniques (non accessible par les voyageurs),
- Niveau -2 : Mezzanine,
- Niveau -3 : Quais.

L'accès au Rez-de-Chaussée haut, rue du Clos Montholon, se fait par l'intermédiaire d'une batterie d'ascenseurs située au droit de l'émergence côté Issy-les-Moulineaux.

L'accès aux quais s'effectue par l'intermédiaire d'un niveau mezzanine le long de de deux puits de descente répartis aux deux extrémités du Hall d'Échanges.



Coupe longitudinale de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart
(Source : Société du Grand Paris)

Le projet de nouveau quartier porté par la ville sur les secteurs limitrophes de la gare qui prévoit un programme mixte logements, équipement sur des typologies de bâti en R+3+attique.

3.1.3.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La correspondance avec la ligne N du Transilien s'effectue au niveau rez-de-chaussée bas du hall d'échanges de la gare du Grand Paris Express par l'intermédiaire d'un couloir de connexion situé à l'aplomb du quai du Transilien.

Les temps de parcours en correspondance estimés par les calculs sont les suivants :

- 4 minutes avec 1,10m/sec pour la vitesse de circulation horizontale ou
- 3 minutes et 50sec avec 1,40m/sec pour la vitesse de circulations horizontale.

b. Réseau bus

La création de la gare de Fort-d'Issy-Vanves-Clamart est l'opportunité de simplifier les liaisons entre les différentes lignes et notamment l'accès depuis le boulevard des Frères Vigouroux, d'en faire une plateforme d'échange et de mailler l'ensemble du territoire environnant.

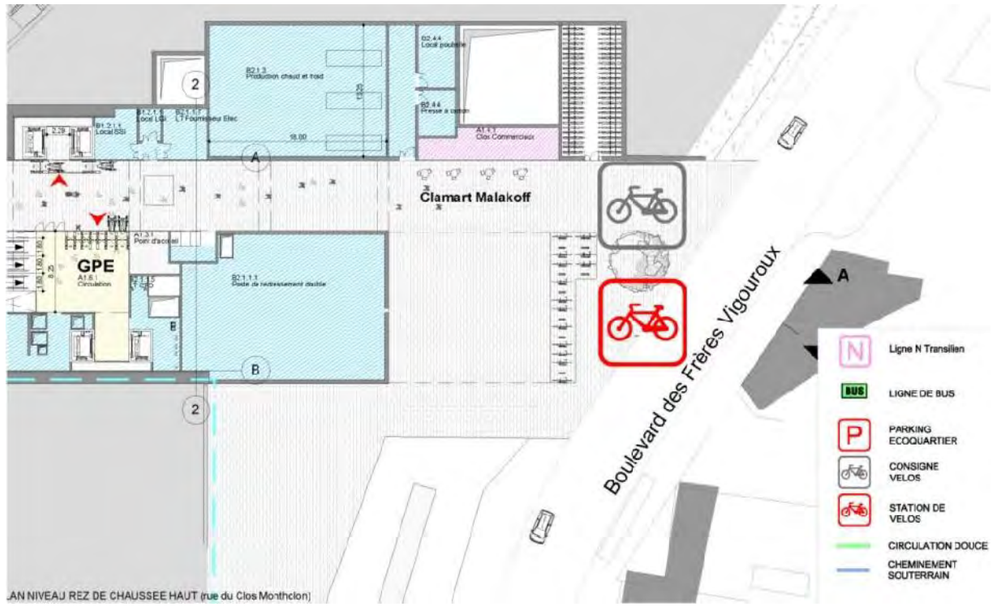
Dans ce cadre, la position, le nombre de postes à quai ainsi que des modifications d'itinéraire (169) aux abords de la gare sont en cours d'étude avec le STIF et les partenaires concernés. Les lignes concernées sont la 169, la 189 et éventuellement la 394.

Le site présente également des lignes de service communale, le Clamibus (Clamart), le Tuvim (Issy les Moulineaux), l'Hirondelle (Malakoff).

c. Vélos

L'aménagement du parvis coté Clamart/Malakoff au niveau du parvis du Boulevard des Frères Vigouroux permettra l'installation d'une consigne Véligo de 80 places et d'un abri vélos de 23 places en limite de voirie et dissocié du flux piéton. L'aménagement de pistes cyclables est à prévoir également entre le boulevard des Frères Vigouroux et la place de la gare de Clamart.

Au droit de l'émergence coté Issy, un abri vélo de 17 places est également implanté le long de la rue du clos Montholon sur un parvis jouant sur la déclivité du terrain pour identifier clairement la zone. Un escalier à proximité de l'abri vélos permet d'accéder au niveau du hall d'échanges.



Gare de Fort d'Issy Vanves Clamart – Modes doux

d. Véhicules particuliers, stationnement

L'implantation de la gare Grand Paris Express induit la suppression du parking existant de 100 places environ, situé derrière le bâtiment voyageur SNCF.
La rue du Chemin Vert ainsi que la rue du Clos Montholon présente également des places de stationnement en voirie.
Le parking souterrain du nouveau quartier Place de la gare (200 places), accessible depuis le Boulevard des Frères Vigouroux est en cours d'étude. Le programme répond à la demande de stationnement local et en rabattement. Il pourrait également servir pour le stationnement du personnel et des commerces.



Gare de Fort d'Issy Vanves Clamart - Stationnement

e. Autre réseau ou autre mode de transport

Deux roues : Au niveau du parvis bas, côté Clamart/Malakoff, un abris pour deux roues motorisés de 20 places est implanté à proximité de l'abri vélos.

Taxis : Au niveau du parvis bas, côté Clamart/Malakoff, une aire d'attente taxis et une voie de dépose minute est prévue à proximité des entrées de gare GPE et SNCF.

Auto-partage et véhicules en libre-service : Les véhicules en libre-service pourraient éventuellement être prévus dans le projet de nouveau parking souterrain, situé à proximité des gares GPE et SNCF.

3.1.3.4 Processus de construction

La future gare FVC est implantée sous le faisceau de voies de la ligne Paris-Brest qui est composé de 4 voies (V1, V1bis, V2 et V2bis), une voie de service et sous le quai existant de la gare Transilien de Clamart.

Les grands principes du phasage de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart sont les suivants (hors travaux sous maîtrise d'ouvrage SNCF) :

1/ Pompage des hydrocarbures flottant sur la nappe.

2/ Démolition des bâtiments.

3/ Déviation des réseaux.

4/ Travaux préparatoires ferroviaires.

5/ Traitement de remblais.

6/ Réalisation des accès au chantier et murs de soutènement le long du boulevard des Frères Vigouroux.

7/ Réalisation des parois moulées hors emprises ferroviaires.

8/ Réalisation de la plateforme de préfabrication de la dalle supérieure.

9/ Réalisation des parois moulées sous les tabliers auxiliaires provisoires portant les voies ferrées qui auront été installés au préalable par SNCF.

10/ Préfabrication et ripage de la dalle supérieure au droit des voies ferrées.

11/ Réalisation des compléments de dalles de couverture.

12/ Terrassement de la boîte gare avec utilisation de soutènements provisoires

13/ Réalisation du radier de la gare

14/ Démarrage du tunnelier du secteur centre dans la partie est de la gare.

15/ Réalisation des structures définitives de la gare en remontant

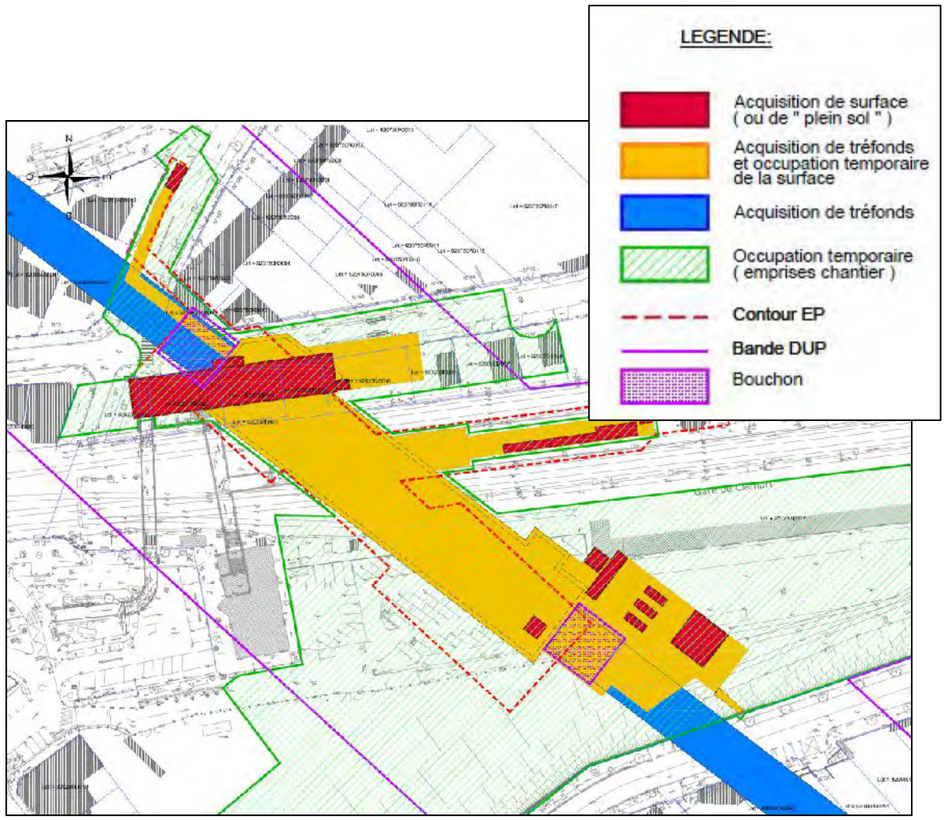
16/ Réalisation du couloir de sortir d'Issy-les-Moulineaux.

17/ Sortie du tunnelier du secteur ouest dans la partie ouest de la gare.

18/ Rebouchage des trémies et réalisation des locaux techniques de surface.

19/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre.

Il est envisagé de changer le sens de parcours du tunnelier du secteur centre qui ne démarrerait plus de la gare mais sortirait dans celle-ci.



Présentation des emprises chantier de la future gare
(Source : Société du Grand Paris)

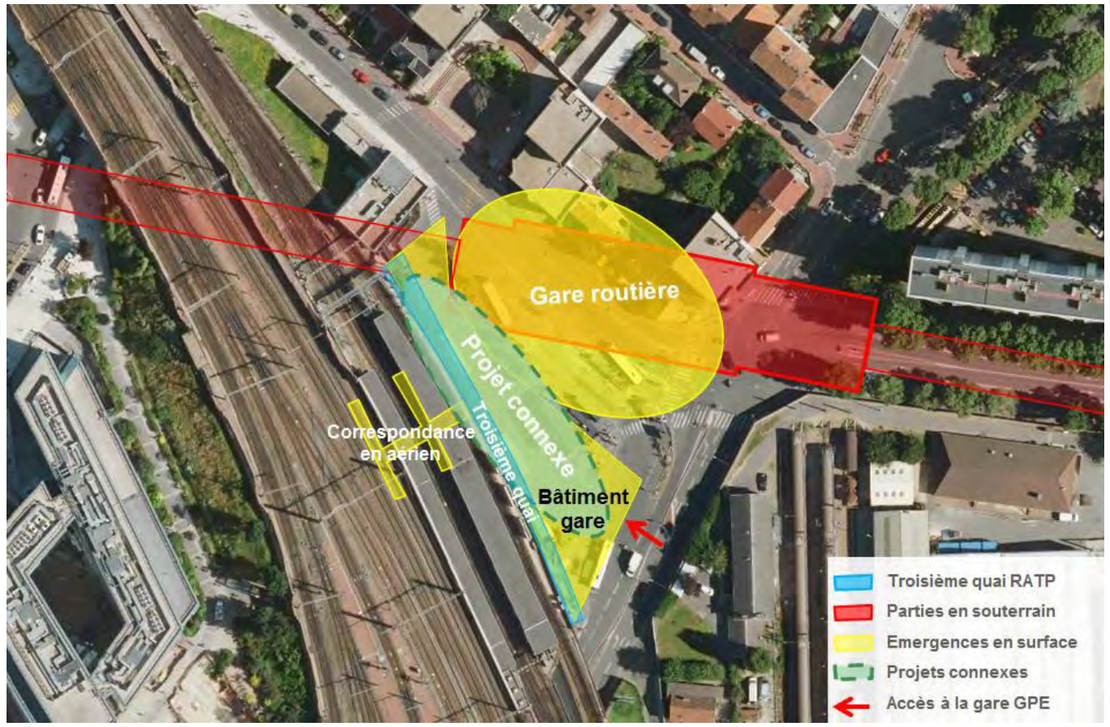
3.1.4 Gare de Châtillon-Montrouge

3.1.4.1 Localisation et contexte urbain actuel

Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transports : tramway T6, gare de métro M15, gare de métro L13. La gare de Châtillon-Montrouge s'inscrit dans un territoire dont le front bâti est assez hétéroclite. Il se compose côté Montrouge d'un quartier de petit habitat pavillonnaire, côté Bagneux d'un site de maintenance SNCF et côté Châtillon de zone tertiaire et d'habitat dense. L'important faisceau de voies ferrées RATP/SNCF qui borde le terrain morcèle le quartier.

Le terrain concerné par le projet se situe sur l'actuelle gare routière de Châtillon et comprend également les parcelles lui faisant face le long de l'avenue Marx Dormoy. Il est bordé au sud par le faisceau de voies ferrées et l'avenue Jean Jaurès. Le site de projet est bordé par des voies de circulation à fort trafic : l'avenue Jean Jaurès et l'avenue Pierre Brossolette à l'ouest.

Afin de libérer l'emprise nécessaire pour la construction de la boîte gare et l'aménagement du parvis, plusieurs constructions seront détruites : un immeuble de bureaux en R+3 sur l'avenue Marx Dormoy, 5 pavillons d'habitations, le café de la gare à l'angle de Marx Dormoy et de Jean Jaurès, un immeuble de bureaux en R+5 sur l'avenue Jean Jaurès et une maison sur l'avenue Jean Jaurès.



Insertion de la gare de Châtillon-Montrouge (Source : Société du Grand Paris)

3.1.4.2 Le projet de gare

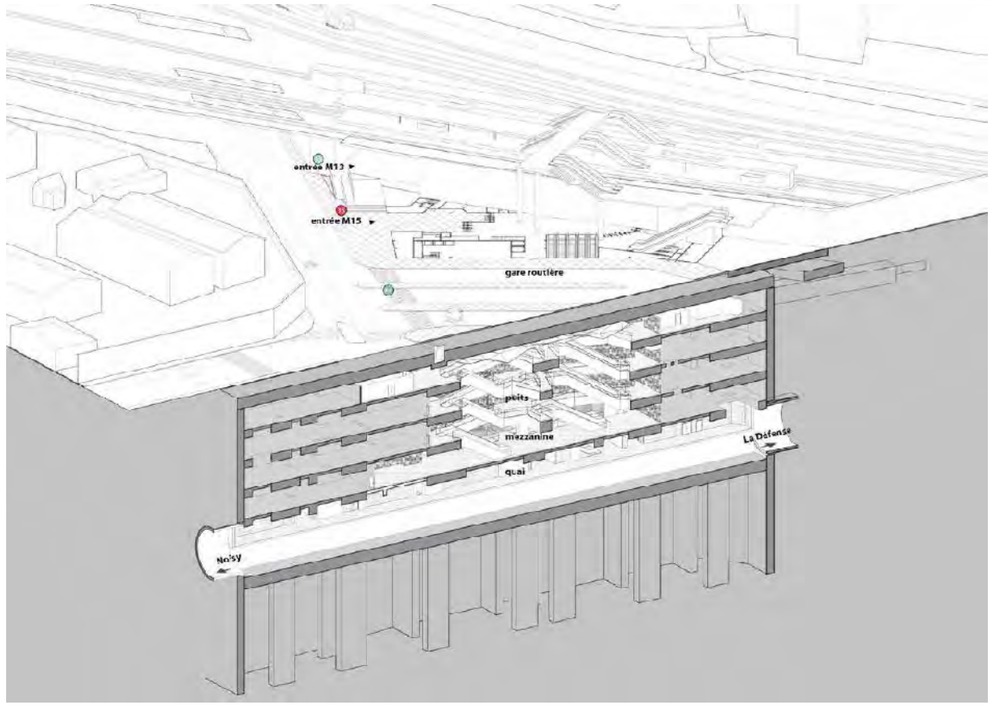
Le projet de gare de métro de Châtillon Montrouge est composé de 4 séquences de parcours : Une première séquence est l'échelle urbaine de la gare. L'entrée de la gare est prévue pour créer un pôle multimodal efficace, au plus proche du M13. C'est un espace public accessible le plus grand possible qui relie le tramway à la gare routière, Châtillon à Montrouge, le M15 au M13. À l'échelle du parvis, sont situés l'entrée de la gare et les services liés aux différents modes en présence.

Une deuxième séquence constitue le seuil entre la ville et le puits. Elle regroupe autour d'un hall d'accueil situé au niveau -1, les services liés à l'accueil, la vente de billet, des commerces. Elle regroupe les flux des voyageurs se dirigeant vers la ville ou en transit vers le M13. Une partie des locaux du personnel se situe au niveau -1, l'autre partie au niveau -0,5 au plus près des espaces voyageurs. L'interconnexion avec le métro 13 se fait directement depuis le hall d'échange après passage de la ligne de contrôle.

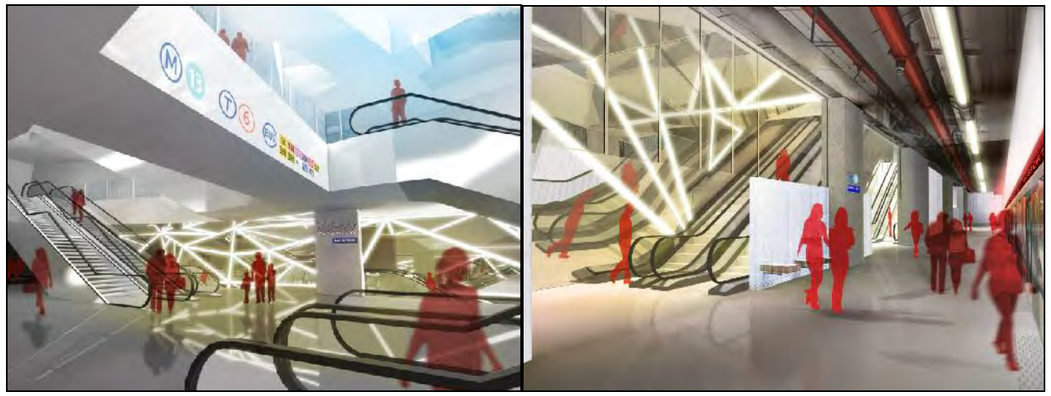
La séquence du puits commence après le passage de la ligne de contrôle. Elle consiste à faire descendre les voyageurs du niveau -1 jusqu'à la mezzanine (-4) grâce à un parcours intuitif autour d'un puits central. Différents étages intermédiaires ponctuent la descente. Le puits se situe en partie centrale de la gare de 109 mètres de long. De part et d'autres des zones importantes sont dédiés aux locaux techniques de la gare.

Enfin une dernière séquence commence au niveau -4, niveau inférieur du puits de descente. A ce niveau les voyageurs se répartissent vers les quais direction La Défense ou Noisy-Champs. Quelques locaux techniques sont situés au niveau des quais et au niveau -4.

La gare de Châtillon-Montrouge est une gare profonde avec des quais à une profondeur de 31 m.



Profil longitudinal du projet de gare de Châtillon-Montrouge (Source : Société du Grand Paris)



Vue sur la mezzanine en R-4 (à gauche) et vue sur les quais (à droite) (Source : Société du Grand Paris)



Vue sur le puits et le niveau R-1 (Source : Société du grand Paris)

Le projet connexe est en cours de définition. Immeuble tertiaire, il se situe en partie au-dessus de la gare Grand Paris de Châtillon-Montrouge (CHM), sur la commune de Châtillon. Il est en surplomb de l'entrée de la gare du métro 15 (M15). La gare par son bâtiment voyageur le long du mur de soutènement du métro 13 (M13) devient le support d'un projet de valorisation immobilière connexe.

Le bâtiment tertiaire se déploie le long du mur de soutènement du métro, il s'aligne sur l'avenue Jean Jaurès à l'est, la gare routière au nord et la limite communale de Châtillon à l'ouest.

Cet édifice de 10 étages, non IGH, d'une hauteur totale de 36,70 mètres, s'impose comme un signal marquant, à la limite entre les voies ferrées et le futur pôle multimodal : métros 13 et 15 et la gare routière.

Lien avec la gare : Le projet connexe joue avec les éléments contextuels au niveau de la ville, mais aussi avec les contraintes du génie civil de la gare au niveau -1 : les fondations du mur de soutènement du M13, le périmètre de l'extension du hall de la gare au niveau +70,10m NGF.

Les retombées du noyau du projet connexe ont été anticipées afin de minimiser leur impact sur les espaces de la gare. La superposition des deux programmes, gare et bâtiment tertiaire, a été pensée pour dégrader le moins possible leur qualité spatiale et fonctionnelle respective.



Présentation de la gare et de son insertion indicative dans son contexte urbain futur (Source : Société du Grand Paris)

3.1.4.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La gare de métro de Châtillon-Montrouge est en interconnexion avec la ligne 13 du métro.

La RATP a étudié la création d'un nouveau quai de départ direction Paris pour la station de la ligne 13et l'impact d'une correspondance aérienne sur ses quais.

A l'issue de ces études, la faisabilité d'une correspondance aérienne entre la gare de la ligne 15 et la station de la ligne 13 a été retenue.

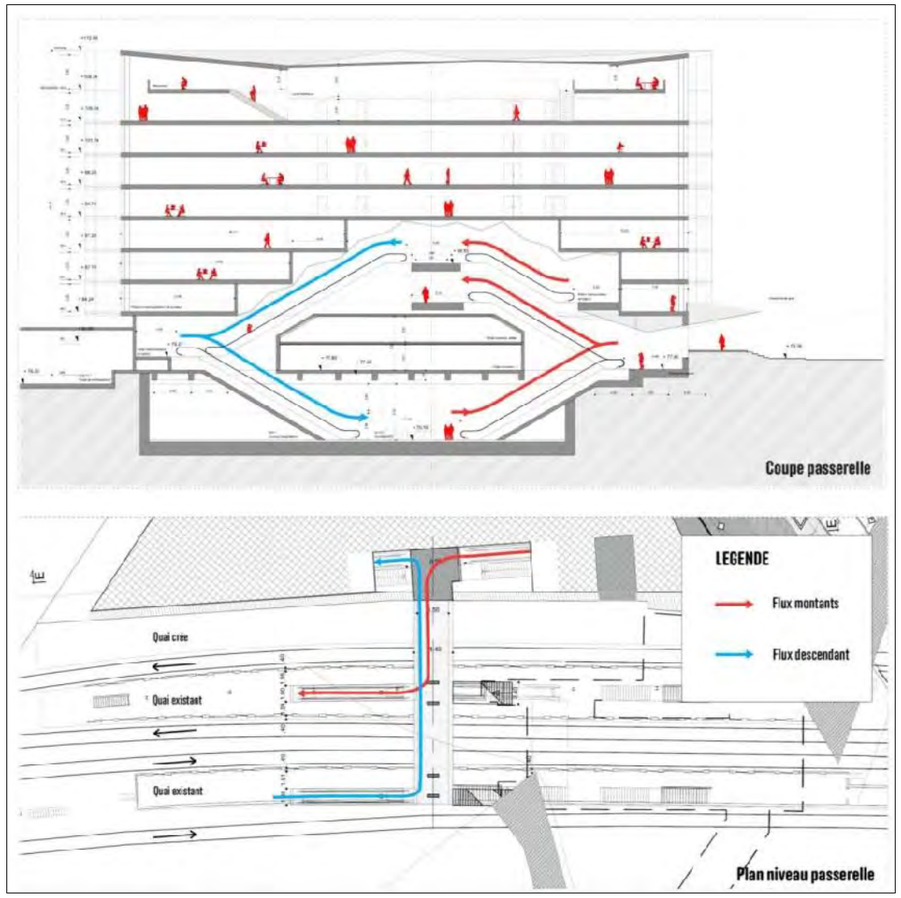
Le niveau de la correspondance se situe au rez-de-chaussée (+77,90m NGF). Les lignes de contrôle spécifiques à l'interconnexion se positionnent au niveau du hall d'accueil.

Les voyageurs provenant de la ligne 15 et souhaitant emprunter la ligne 13, remontent au N-1 comme les autres voyageurs par le puits précédemment présenté. Ils remontent ensuite au niveau rez-de-chaussée, puis traversent le hall d'échange et arrivent devant les lignes de contrôle. Une fois passée cette limite, ils prennent les escaliers fixes ou mécaniques situés à leur droite, pour atteindre le nouveau quai de départ de la ligne 13 créé dans le cadre du projet. Ce quai en direction de Paris est accessible aux voyageurs venant de la ligne 15 en 4,2min.

Pour les voyageurs de la ligne 13 venant de Paris, l'accès à la ligne 15 se fait en en empruntant la passerelle qui aura une largeur de 3,50 m. Cette passerelle située à +89,09m NGF permet aussi d'accéder au quai de départ existant et au 3ème quai nouvellement créé. Les voyageurs traversent ensuite l'ensemble des voies de la ligne 13 pour rejoindre la gare de la ligne 15.

Avec ce principe d'interconnexion, le parcours des voyageurs en interconnexion est quasi identique à celui des voyageurs se dirigeant vers la ville. Par ce système le parcours est intuitif. En traversant le hall d'accueil, le voyageur peut accéder à l'ensemble des services de vente, d'information.

Une étude de faisabilité d'un projet connexe de bureau de 6900m² en surplomb du bâtiment voyageur, le long du mur de soutènement est en cours et tient compte de la nouvelle configuration retenue pour la correspondance.

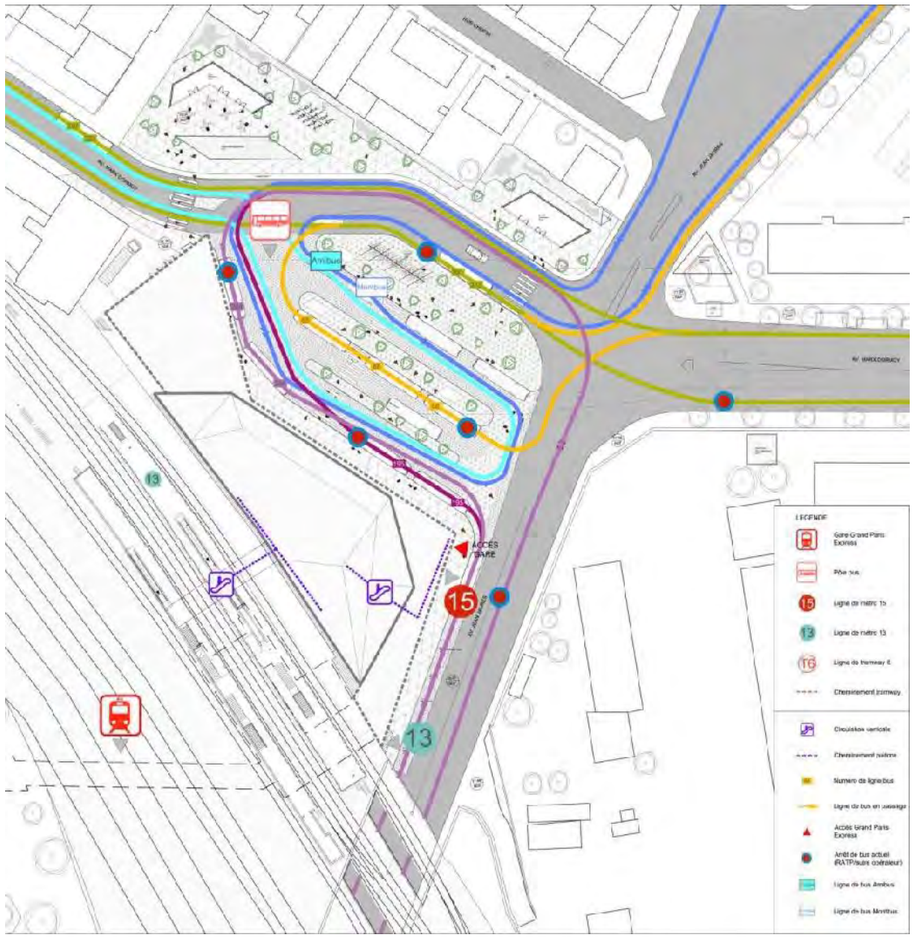


Gare de Chatillon Montrouge - Correspondances

b. Réseau bus

Avec sept lignes de bus (lignes 68, 195, 294, 323, 391, Amibus, Montbus), la gare routière de Châtillon-Montrouge est structurante. Le futur pôle bus s'intercalera entre l'avenue Marx Dormoy déviée et le bâtiment voyageur de la ligne 15déporté le long du mur de soutènement. Le fonctionnement de ce pôle bus sera profondément modifié par rapport à l'existant.

Plusieurs schémas de fonctionnement de bus ont été étudiés et présentés dans le cadre du groupe de travail intermodalité rassemblant la SGP, la RATP, le Conseil départemental du 92 et le STIF. Un scénario présenté ci-contre est pressenti. Il sera confirmé dans le cadre de l'étude de pôle en cours.



Gare de Châtillon Montrouge – proposition d'aménagement du pôle bus

Dans cette solution le principe existant du tourne à gauche sur l'avenue Jean Jaurès est conservé mais décalé vers le carrefour. Les bus 195, 294 empruntent cette entrée depuis Jean Jaurès.

Les postes à quai de régulation et de reprise du 294 sont situés face à l'entrée des gares de ligne 15 et de la ligne 13. La ligne 68 entre dans le pôle bus par l'avenue J. Jaurès et sort par l'avenue Marx Dormoy. Les lignes 323 et 391 passent en voirie sur l'avenue Marx Dormoy dans les deux sens de circulation. Concernant les lignes Montbus et Amibus, les villes de Clamart et de Montrouge devront être consultées pour une éventuelle reconfiguration, afin de coller au mieux aux besoins locaux à l'horizon du projet, et de s'insérer le plus efficacement possible dans le pôle bus ou à ses abords.

La reconfiguration du pôle bus permet de gérer le flux des piétons et usagers et de sécuriser leurs traversées avec plusieurs ilots en partie centrale. Le pôle bus sera traité comme le prolongement du parvis pour pacifier la zone partagée entre les bus et les piétons. Une traversée piétonne directe entre l'entrée du M15 et le parvis sera aménagée le long de l'avenue Jean Jaurès en abaissant les ilots intermédiaires afin de protéger la traversée piétonne.

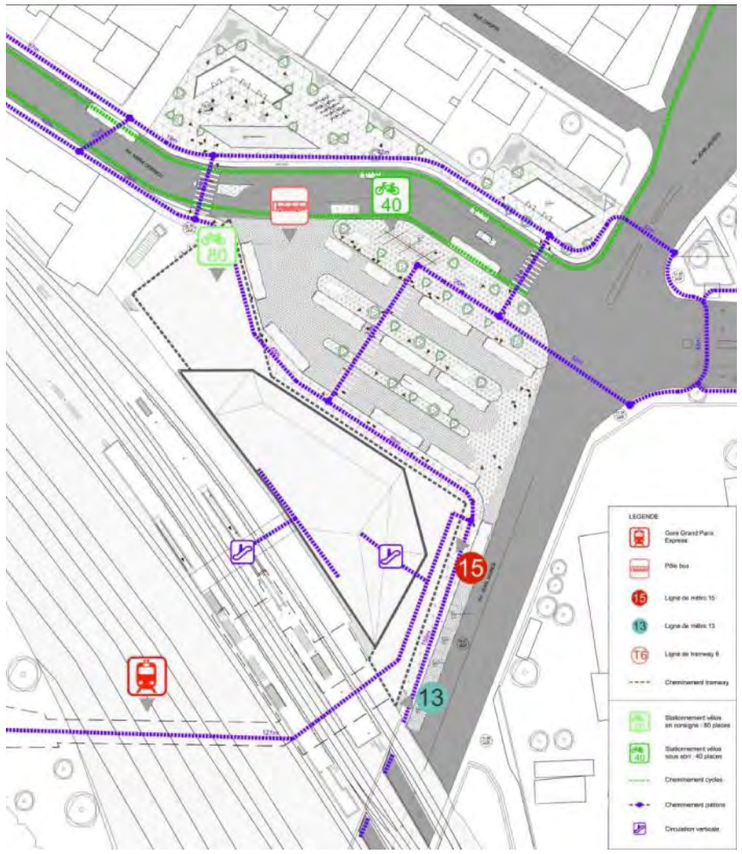
c. Vélos

Le projet prévoit une consigne collective Véligo de 80 places, et un abri pour 40 vélos. Le programme spécifique prévoit une station de vélos en libre-service dont la capacité n'a pas encore été définie. L'ensemble de ces services sont situés à moins de 70 mètres de l'entrée de la gare conformément au référentiel technique du STIF. La consigne collective Véligo est intégrée dans le bâtiment voyageur.

Pour intégrer les 80 places de stationnement vélos, une rampe permet d'accéder au niveau supérieur de la consigne. La consigne est positionnée pour que les usagers n'aient pas à traverser la voirie. L'abri vélo est prévu sur le parvis au plus près des cheminements doux, les cyclistes devront traverser le pôle bus pour atteindre l'entrée de la gare.

Ces aménagements vélos viennent s'intégrer dans un réseau cyclable dense. La gare se situe à un carrefour de pistes cyclables, la reliant aux principales villes environnantes. Une bande cyclable située sur l'avenue Marx Dormoy se prolonge vers Malakoff par la rue Marc Seguin. Le long de l'avenue Jean Jaurès, une bande cyclable permet de rejoindre le centre-ville de Montrouge. De l'autre côté du faisceau ferré, une piste cyclable de 14 kilomètres, le long de la coulée verte du sud parisien, relie Paris à Massy.

Le dévoiement de Marx Dormoy permet d'aménager une piste cyclable dans son nouveau tracé, au plus proche du parvis et du pôle intermodal. La déviation créée permet de ralentir le trafic autour du parvis intermodal.



Gare de Châtillon Montrouge – modes doux

d. Véhicules particuliers, stationnement

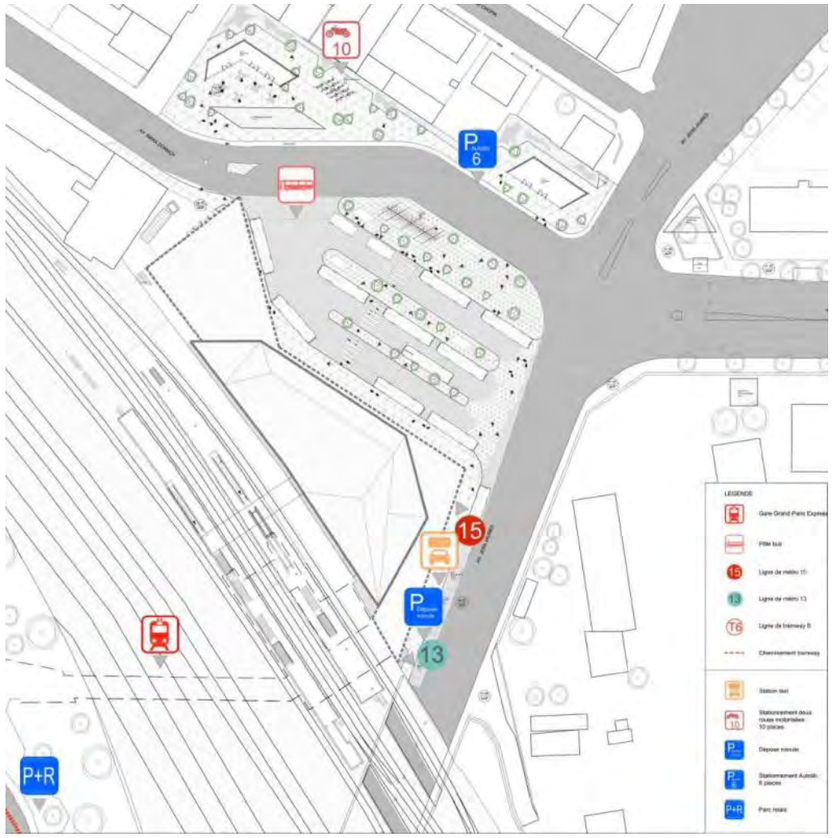
Trois stationnements dédiés à la dépose minute sont prévus devant le bâtiment voyageur. Ils sont situés juste devant l'entrée de la ligne 13, le long de l'avenue Jean Jaurès.

Aucune place de stationnement n'a été supprimée sur l'espace public.

e. Autre réseau ou autre mode de transport

Le stationnement des deux roues motorisées, d'une capacité de 10 places, est prévu sur le parvis aménagé au nord de l'avenue Marx Dormoy.

Une borne taxi est prévue sur l'avenue Jean Jaurès, face à l'entrée de la gare de la ligne 15 à côté des stationnements de dépose minute. Une borne Autolib' de 6 places est prévue le long de l'avenue Marx Dormoy.



Gare de Châtillon Montrouge – stationnement

3.1.4.4 Processus de construction

La future gare est située sous le carrefour des avenues Marx Dormoy et Jean Jaurès, partiellement sous la gare routière de Chatillon-Montrouge. Cette position implique :

- Des contraintes d'exploitation routière qui consistent, selon le Programme spécifique de la gare, de laisser une voie de circulation par sens pendant les travaux,
- Des impacts de nombreux réseaux sous les chaussées, dont certains ne pourront pas être déviés en dehors de l'emprise de la gare pendant la phase travaux.

Les grands principes du phasage de la gare de Châtillon-Montrouge sont les suivants (le phasage est morcelé dans plusieurs emprises avec une répétition ou une superposition d'une partie des tâches sur chaque emprise de travaux) :

1/ Déviations et rétablissements successifs de voirie.

2/ Travaux préparatoires pour déménager la gare routière.

3/ Déménagement de la gare routière.

4/ Démolition des bâtis.

5/ Déviation d'une partie des réseaux concessionnaires pour dégager une partie de l'emprise de la boîte gare.

6/ Travaux éventuels de confortement/étanchéisation des réseaux existants ou des galeries qui les abritent.

7/ Traitement éventuels de confortement des structures existantes.

8/ Traitement des carrières.

9/ Démolition de l'égout CG92, de la conduite Sedif et de la galerie abandonnée abritant la conduite Sedif.

10/ Réalisation des parois moulées de l'enceinte et des fondations des voiles porteurs intérieurs à la gare.

11/ Début du terrassement du corps principal de la gare et réalisation de la dalle supérieure.

12/ Déviation de la partie restante des réseaux concessionnaires pour dégager le reste de l'emprise de la boîte gare (égout CG92, multitubulaire Orange).

13/ Terrassement du corps principal de la gare en sous-œuvre avec utilisation de soutènements provisoires.

14/ Réalisation du radier du corps principal de la gare.

15/ Passage du tunnelier dans le corps principal de la gare terrassée.

16/ Réalisation des structures définitives à l'intérieur du corps principal de la gare en remontant.

17/ Réalisation d'un 3ème quai et d'une passerelle de connexion dans la gare Châtillon-Montrouge du Métro 13.

18/ Réalisation des fondations des porteurs du bâtiment voyageurs.

19/ Réalisation des structures définitives à l'intérieur de l'enceinte de l'infrastructure du bâtiment voyageurs.

20/ Réalisation de la superstructure du bâtiment voyageurs.

21/ Aménagements de surface et travaux de second-œuvre.

22/ Re-emménagement de la gare routière.

Il est envisagé de faire passer le tunnelier avant terrassement de la boîte gare et réalisation des structures internes. Seule une partie du terrassement serait réalisée.

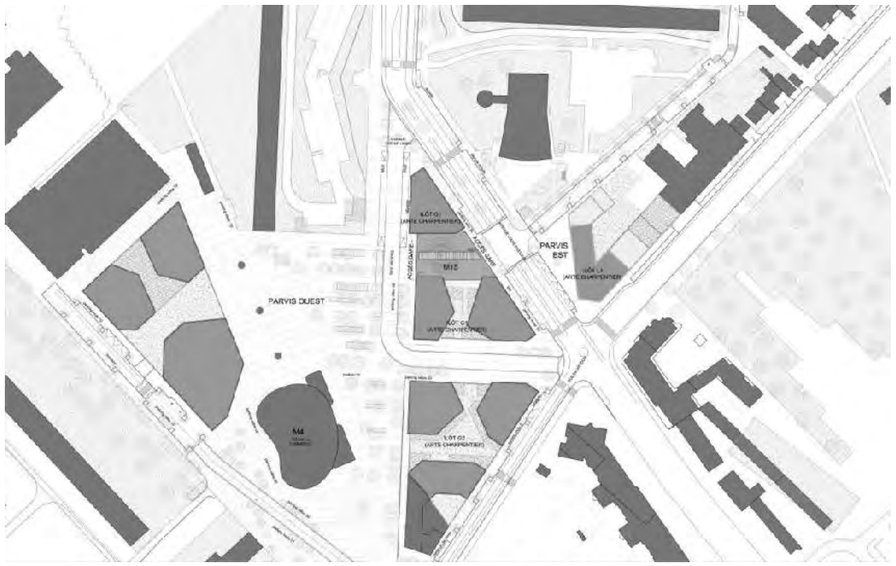
3.1.5 Gare de Bagneux

3.1.5.1 Localisation et contexte urbain

La gare de Bagneux M4 se trouve à l'intersection des avenues Henri Barbusse et Pasteur à Bagneux. Cet emplacement est intégré à un parvis piétonnier sur lequel sont étroitement réunies la station de métro M4, la gare de Bagneux du Grand Paris Express, les bus, constituant un nouveau pôle multimodal, à la porte d'entrée de la future Z.A.C. Victor Hugo au Nord de la ville. Il s'agit d'inscrire une gare dite de nouvelle centralité dans un nouveau éco-quartier de ville. La ZAC Victor Hugo portée par la SEMABA et la Ville de Bagneux, est un futur éco-quartier aux programmes divers tels que logements, bureaux, locaux d'activité et équipements publics. Situé entre la RD920 et l'avenue Henri Barbusse, le quartier Victor Hugo permet à la ville de Bagneux de redynamiser son entrée de ville et de créer un nouveau pôle de centralité. Par les outils de communication qu'elle lui procure, la gare participe à ce changement en profondeur du tissu urbain, aujourd'hui fortement marqué par l'urbanisme des années 70.

Le secteur de projet de la gare est actuellement occupé par le socle en RDC de la Tour Pasteur. Il est largement modifié dans le cadre de l'aménagement de la ZAC. Cette dernière n'étant pas l'objet de la présente note, ne sont cités ci-dessous que les aménagements directement liés à la gare, qui peuvent éclairer sur la conception de celle-ci :

- La tour Pasteur est prévue d'être démolie par la SEMABA, aménageur de la ZAC Victor Hugo, à partir du second semestre 2015. Cette démolition devrait être achevée avant le démarrage des travaux de génie civil de la gare.
- La circulation de l'avenue Henri Barbusse sera déviée par l'avenue Pasteur pour laisser place à un nouveau parvis dédié à la circulation piétonne et bus, parvis sur lequel débouchent les accès de la gare.



Plan masse du secteur avec la Gare du Grand Paris Express et la ZAC Victor Hugo porté par la SEMABA



Insertion de la gare de Bagneux (Source : Société du Grand Paris)

3.1.5.2 Présentation de la gare

Le terrain actuellement occupé par le socle en RDC de la Tour Pasteur, donc entièrement bâti. Il est largement modifié par l'aménagement de la Z.A.C.. Cette dernière n'étant pas l'objet de la présente note, ne sont cités ci-dessous que les aménagements directement liés à la gare, qui peuvent éclairer sur la conception de celle-ci :

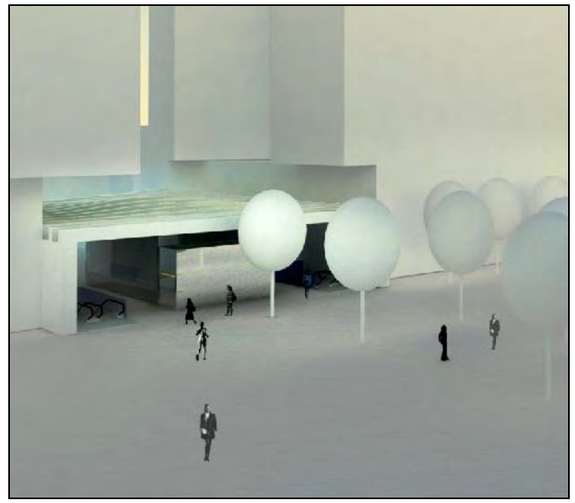
- La tour Pasteur et son socle sont démolis pour laisser place à l'ilot sur lequel la gare et son projet connexe vont être construits,
- La circulation de l'avenue Henri Barbusse est déviée pour laisser place à un nouveau parvis dédié à la circulation piétonne et bus, sur lequel débouche l'émergence de la gare.
- L'avenue Louis Pasteur est réaménagée pour accueillir la déviation de l'avenue Victor Hugo, un immeuble est construit face à la future émergence de la gare.

Outre l'aménagement de la ZAC, la construction de la gare a des conséquences directes sur les terrains alentours :

- Construction de grilles au sol au-dessus de cour anglaise sur le futur parvis à l'Ouest de la gare à peu près au droit de l'ancien supermarché.
- Construction d'une émergence pour les prises d'air sur le futur parvis à l'Ouest.
- Construction d'une émergence pour les prises d'air sur le parvis Sainte Monique.
- Construction de grilles au sol au-dessus de cour anglaise sur un terrain privé le long de l'avenue Louis Pasteur.

La gare de Bagneux est très profonde. Les quais sont à 38 mètres en dessous du niveau du rez-de-chaussée. L'émergence de la gare GPE est un bâtiment ouvert, un passage couvert d'un niveau, généreux, entre l'avenue Louis Pasteur et le parvis. Le volume est vu depuis le parvis, afin que les voyageurs de la ligne de Métro M4 et ceux des bus puissent clairement l'identifier, mais également depuis l'avenue Louis Pasteur, depuis laquelle viennent les habitants de la Z.A.C. Victor Hugo.

Malgré la profondeur de la gare, La toiture de l'émergence permet de partager avec les voyageurs les univers vers lesquels ils se déplacent : le parvis et les quais. La toiture participe à cet échange en offrant une lueur de lumière naturelle à l'intérieur de la gare, par une verrière en partie centrale, à l'aplomb de la trémie irriguant les 3 niveaux supérieurs. Réciproquement, la nuit, elle illumine le parvis.



Perspective d'ambiance, vue depuis le parvis et les espaces publics
(Source : Société du Grand Paris)

Les accès au bâtiment gare se feront par l'Est depuis le trottoir de l'avenue Pasteur, et à l'Ouest depuis le parvis. Coté Est, l'accès desservira les habitations du quartier Robespierre. Côté Ouest, l'accès donnera sur le parvis en lien direct avec le quartier de la Pierre Plate et la station terminus de la ligne 4 du métro. Un arrêt de bus sera créé sur le parvis dans le cadre de l'aménagement de la ZAC en lien direct avec la gare.

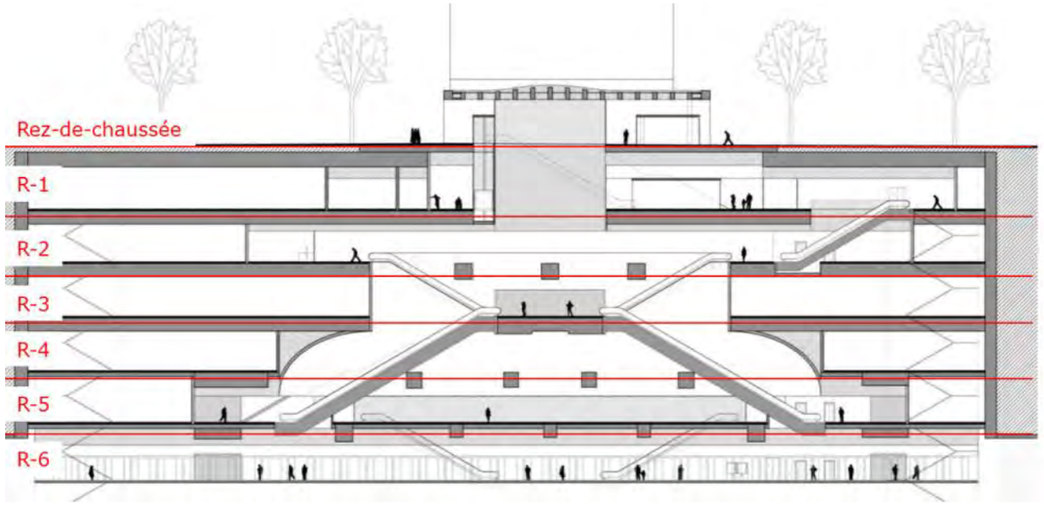
Du fait de la faible emprise de l'émergence au rez-de-chaussée, la plupart des espaces voyageurs et services de commerce ont été reportés au premier sous-sol. Demeurent au rez de chaussée les escalators, ascenseurs et escaliers, ainsi qu'un point multiservice de 50m² environ.

Les espaces d'accueil et de commerces au R-1 sont situés en partie centrale, autour de laquelle s'organise le mouvement de voyageurs. L'objectif est d'avoir une lecture rapide des lieux tout en permettant à chacun de trouver sa place sans gêner le flux de passagers. A ce niveau se trouve la zone de contrôle des billets, et dès franchissement de cette ligne, les voyageurs démarrent leur descente vers les quais.

Le niveau R-2 permet d'organiser la correspondance vers le métro M4.

Les niveaux R-3, R-4, R-5 dont dédiés au transit des voyageurs vers les quais ou depuis les quais, situés au R-6.

Les locaux techniques, quant à eux, sont reportés pour la plupart aux extrémités de la gare, à la fois pour des raisons d'efficacité et aussi pour permettre de laisser libre de toute contrainte visuelle le puits de descente à l'intention des voyageurs.



Coupe longitudinale de la gare de Bagneux (Source : Société du Grand Paris)



Vue depuis la salle des billets au R-1 et des trémies depuis la mezzanine au R-3 (Source : Société du Grand Paris)

Dans le cadre de la réalisation de la ZAC Victor Hugo, au cœur de l'ilot gare constitué par la gare M15 et par la station terminus M4, sont prévus des projets immobiliers dont certains sont situés au plus près de la gare M15.

Un projet connexe de logements « G1 Nord » (R+15) constitue un signal, car il se situe à l'angle des avenues Barbusse et Pasteur. Ce projet connexe s'appuie sur la paroi moulée au Nord de la gare M15. Des projets immobiliers au Sud de la gare viennent compléter l'urbanisation de l'ilot.

3.1.5.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La gare GPE de Bagneux sera en correspondance avec la ligne 4 du métro prolongée depuis la Mairie de Montrouge jusqu'à Bagneux. Au niveau urbain, les émergences sont distinctes sur le parvis et il peut être convenablement supposé que les voyageurs de Bagneux emprunteront l'entrée de gare dédiée à chaque ligne. Par conséquent, le couloir au niveau R-2 de la gare GPE sera principalement utilisé par les voyageurs en correspondance entre les deux métros.

Les flux durant la rupture de charge ne souffrent d'aucun croisement avec le flux des voyageurs montant ou descendant. Les UFR rejoignent les ascenseurs desservant les quais ou le niveau -1, pour le passage en zone hors contrôle.

b. Réseau bus

La gare GPE de Bagneux est sur le nouvel ilot de la ZAC Victor Hugo. Il s'agira d'un véritable pôle de transports au sein duquel convergeront la ligne 15, la ligne 4 et plusieurs lignes de bus (187, 188, 388, 197 et 162).

Sur le parvis, à ce stade des études, le pôle bus fera directement face aux accès de la gare GPE 15 en rez-de-chaussée et en vis-à-vis de la station terminus de la ligne 4 du métro.



Gare de Bagneux – réseaux bus

c. Vélos

Les demandes du programme spécifiques ont été amendées par les dernières demandes du STIF transmises le 07/02/2014. Pour Bagneux, il est demandé 60 places sous abris et 100 places en consignes Véligo.

Pour la gare de Bagneux, il a été convenu que compte tenu de l'exiguïté de la surface du rez-de-chaussée disponible pour la gare GPE, les abris et consignes vélos sont organisées par l'urbaniste du parvis. Ainsi les implantations figurant sur le schéma ci-dessous sont issues des dernières informations de l'aménageur, la SEMABA.

d. Autre réseau ou autre mode de transport

L'aménagement de l'ilot prévu prévoit à proximité des aires de taxis, vélos en libre-service, des stationnements de vélos et une dépose minute et une station d'autopartage.

3.1.5.4 Processus de construction

Le contexte dans lequel s'insèrent les travaux de la gare est caractérisé par la présence de bâti existant, de voiries urbaines et de chantiers réalisés en préalable ou en concomitance. L'exiguïté des emprises et la multitude des intervenants sont également des contraintes fortes pour l'ordonnancement des travaux.

Les grands principes du phasage de la gare de Bagneux sont les suivants :

1/ Déviation des réseaux.

2/ Démolition des pavillons à l'angle de l'avenue de Barbusse et de la rue de Verdun et des commerces situés en pied de la tour Pasteur.

3/ Travaux de traitement de carrières et de parois moulées dans l'ilot central entre les avenues Barbusse et Pasteur.

4/ Travaux de traitement de carrières, de parois moulées et de dalle de couverture avec fermeture complète de l'avenue Pasteur. Basculement des réseaux sur la dalle réalisée et restitution à la circulation.

5/ Travaux de traitement de carrières, de parois moulées et de dalle de couverture sur l'extrémité Est de la gare.

6/ Travaux de traitement de carrières, de parois moulées et de dalle de couverture sous l'avenue Barbusse puis restitution à la circulation.

7/ Travaux de traitement de carrières et de parois moulées en zone Ouest dès libération des emprises par la RATP (travaux Métro M4 : station Bagneux).

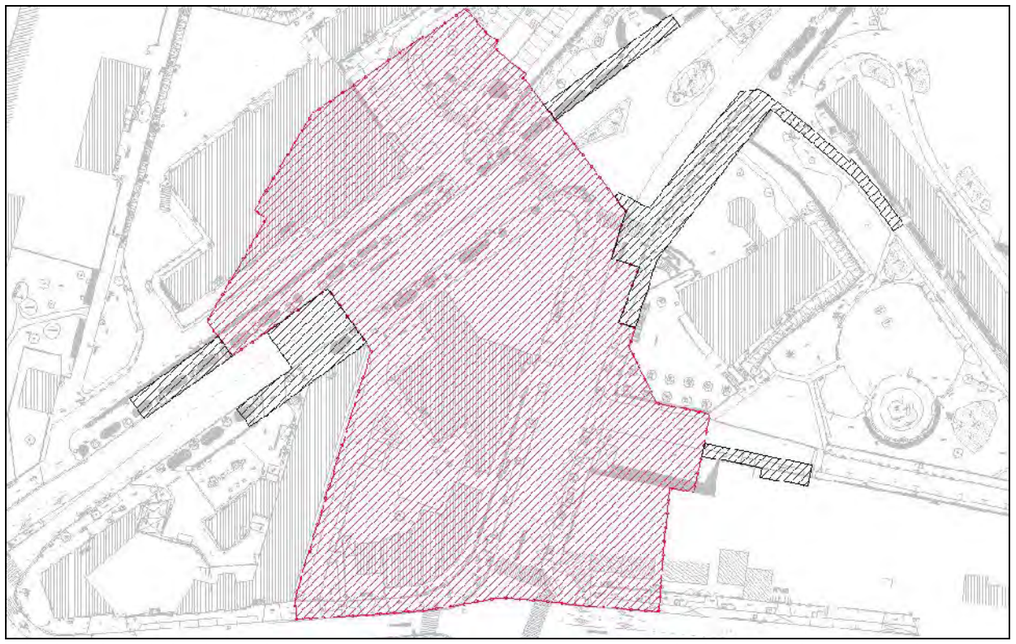
8/ Terrassement de la boîte gare et réalisation des structures internes en descendant. Ces travaux se font en taupe avec deux trémies travaux au centre et en zone Ouest.

9/ Passage du tunnelier dans le corps principal de la gare terrassée.

10/ Réalisation du couloir de correspondance avec le M4 et des émergences de ventilation.

11/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre.

Il est envisagé de faire passer le tunnelier avant terrassement de la boîte gare et réalisation des structures internes. Seule une partie du terrassement serait réalisée.



Limite de périmètre d'aménagement pour les travaux de la gare (en rouge) et des concessionnaires (en noir) (Source : Société du Grand Paris)

3.1.6 Gare d'Arcueil - Cachan

3.1.6.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare est édifiée sur le territoire de la ville de Cachan, commune qui se situe à 2 km au sud de Paris et de la Porte d'Orléans. Cette gare est positionnée au nord-est de la ville, à l'angle des avenues Carnot et Eyrolles à l'extrémité sud des quais du RER B. La gare se situe à l'angle de l'avenue Carnot, artère est-ouest de liaison intercommunale et de l'avenue Léon Eyrolles qui dessert plusieurs pôles universitaires : l'École Spéciale des Travaux Publics (ESTP), l'École d'Ingénieurs des Travaux de Construction (ESITC), et l'École Normale Supérieure (ENS), rejoignant également par des liaisons douces le centre-ville de Cachan (Parc Raspail et centre-ville). Elle est située le long des emprises du RER.

La gare doit permettre l'interconnexion avec la ligne B du RER et le réseau bus, en créant alors un nouveau pôle dégageant de nouveaux potentiels de développement urbain. Le secteur de la gare est un quartier en pleine mutation appelé à se densifier et à créer une nouvelle polarité autour du nouveau projet d'infrastructure.

La gare est limitée :

- Au Sud, par l'ancien marché couvert amené à être démoli,
- Au Nord, par l'avenue Carnot ainsi que quelques immeubles disparates qui bordent le sud du cimetière de Cachan. L'aqueduc de la Vanne se situe également à environ 200 m au nord de la gare,
- À l'Est, par l'hôtel Kyriad ainsi que quelques bâtiments d'habitation amenés à être démolis,
- À l'Ouest, par la présence du viaduc du RER B qui sépare la gare du quartier pavillonnaire des Lumières.

La gare du RER B existante est placée en limite du quartier Sud d'Arcueil, elle dessert le quartier de la gare à dominante pavillonnaire ainsi que plusieurs pôles universitaires. La ligne B du RER a pour directions Saint-Rémy-les-Chevreuses et Robinson au Sud et Mitry-Claye, Aéroport Charles de Gaulle 2 au Nord.

Le viaduc du RER B constitue un élément fort et structurant de l'environnement proche de la gare du Grand Paris Express. Il est transversal à l'avenue Carnot et limite les perspectives au droit du pont.

L'ancien marché Carnot, qui s'étendait sur près de 3 000 m² au Sud de la gare d'Arcueil-Cachan, a été définitivement fermé et remplacé par une grande Halle de marché situé sur l'avenue Eyrolles. L'ancien marché Carnot est amené à être démoli lors de la construction de la gare. Le foncier ainsi libéré sera occupé par un projet connexe immobilier actuellement à l'étude



Insertion de la gare d'Arcueil – Cachan
(Source : Société du Grand Paris)

3.1.6.2 Le projet de gare

La gare d'Arcueil-Cachan sera une gare comportant quatre niveaux de sous-sol et qui sera uniquement destinée au transport de voyageurs.

Le bâtiment en superstructure de la gare d'Arcueil-Cachan est situé sur la totalité de l'emprise du marché Carnot désaffecté, ménageant au nord et le long de l'avenue Eyrolles un parvis dégagé dont les aménagements vont s'étendre de part et d'autre de l'avenue Carnot jusqu'à l'entrée du cimetière. L'environnement urbain proche va évoluer, facilitant une réorganisation cohérente de l'espace public à plus grande échelle que la stricte approche de la gare. Ceci, y compris du côté ouest des voies ferrées en aménageant le carrefour Carnot/rue de la Gare pour tisser un lien plus grand entre les 2 « rives » du viaduc.

Les arrêts de bus seront déployés en pourtour du parvis. Celui-ci sera remodelé à l'occasion du projet répondant parfaitement aux normes d'accessibilité.

La place du marché Carnot va se transformer en un généreux parvis de gare, où transiteront les utilisateurs de la gare.

La gare est accolée au viaduc avec une emprise partielle sur le domaine RATP pour y situer les liaisons de correspondance. L'accès de la gare se situe sur sa façade Nord au contact direct du parvis en lien direct avec les arrêts de bus prévus sur l'avenue Carnot.

La gare d'Arcueil-Cachan comportera :

- Niveau quais N-4. Au niveau des quais, le plancher entre quai et mezzanine est communiquant par quatre ouvertures ;
- Niveau mezzanine N-3/mezzanine. La mezzanine est la plateforme qui permet d'irriguer et desservir chacun des 2 quais ;
- Niveau correspondance N-2. Ce niveau correspond au retournement des voyageurs dans leur cheminement. Ils profitent de la mise en scène de la partie centrale de la station, largement ouverte pour être en communication visuellement avec l'ensemble de la station ;
- Niveau Accueil N-1. Il s'agit d'un niveau de transit court pour les voyageurs ;
- Niveau Salle d'échange en rez de chaussée :Le Bâtiment voyageur marqué par l'entrée de la gare depuis le parvis abrite au rez-de-chaussée l'espace d'accueil principal communiquant avec les espaces sous-contrôle du réseau GPE et du RER B.

L'espace de circulations verticales reliant le niveau mezzanine au niveau voirie est un puits relativement compact, même s'il accueille un grand nombre de circulations verticales du fait du trafic voyageur relativement important.



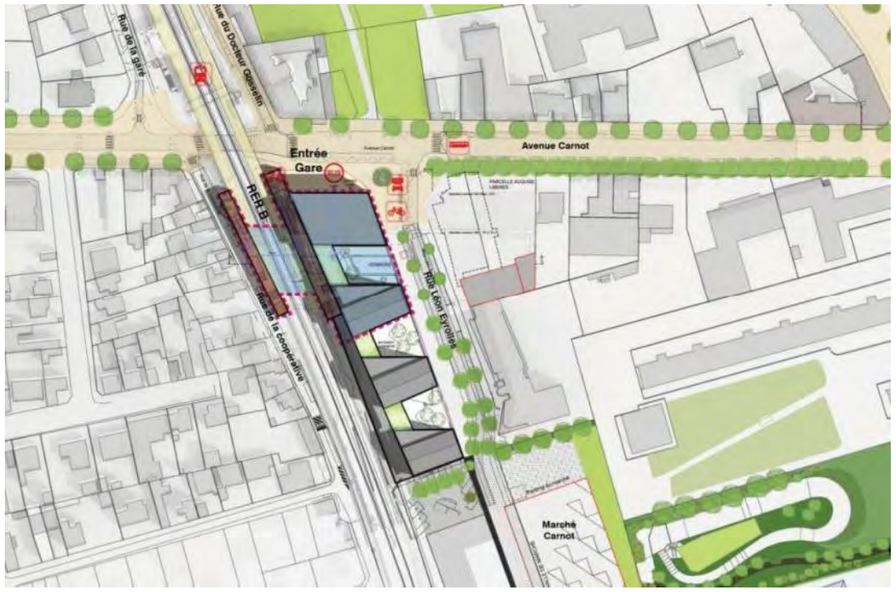
Coupe de la gare d'Arcueil - Cachan et de son insertion potentielle dans son environnement urbain futur
(Source : Société du Grand Paris)

Vue perspective du quai (à gauche) et vues perspectives de la mezzanine (à droite)
(Source : Société du Grand Paris)

L'opération immobilière connexe à la gare d'Arcueil-Cachan intégrera les contraintes fonctionnelles de la gare, avec certains des objectifs et orientations de l'étude urbaine :

- Optimiser l'impact des immeubles situés au-dessus de la gare et en particulier concernant leurs « accès » limités au strict nécessaire à leur évacuation (escaliers de secours, ni hall, ni ascenseurs directs),
- Optimiser les contraintes structurelles afin de limiter l'impact des structures (poteaux / poutres/planchers) dans les volumes de la gare,
- Créer une logique de structure adaptée au mieux à celle du génie civil de la gare (continuité des descentes de charge, appuis au droit des parois moulées et/ou de la structure porteuse intermédiaire…) ceci afin d'optimiser l'économie générale de l'opération,

- laisser la possibilité de mise en œuvre d'une verrière au droit de la descente principale vers le niveau -1.

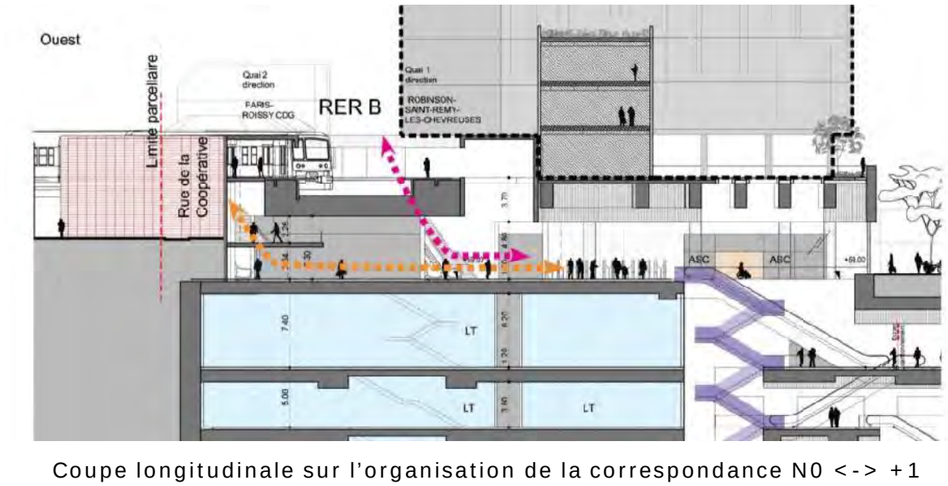


Vue projetée du projet connexe (à l'étude) et entrée nord de la gare
(Source : Société du Grand Paris)

3.1.6.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La gare est en correspondance avec la ligne B du RER au niveau du pôle sud de la gare existante d'Arcueil-Cachan. Les cheminements vers les quais RER, qu'ils soient depuis l'espace public ou depuis le métro ligne 15 transitent par la salle des billets et par un espace creusé dans la continuité de celle-ci au même niveau, sous les voies du RER. Cette salle sous-contrôle RER met à disposition des circulations verticales utilisables par tous (escaliers fixes et mécaniques et ascenseurs) qui permettent de rejoindre chacun des 2 quais RER situés à +8,50m du sol.



Coupe longitudinale sur l'organisation de la correspondance N0 <-> +1

Cet espace sous voies sera moins haut sous plafond que l'espace de la salle des billets. Une identité particulière sera mise en œuvre par la lumière, le traitement des matériaux et une signalétique adaptée aidera à guider de manière efficace les voyageurs vers les circulations verticales choisies.

Les escaliers mécaniques remontant vers les quais RER sont dirigés vers le nord afin de se rapprocher le plus possible du centre des quais. Ils sont couplés : un dédié à la descente et l'autre à la montée. Les escaliers fixes sont divisés en deux ensembles pour chacun des quais.

Concernant le quai direction Banlieue (côté Est), un escalier accompagne les 2 escaliers mécaniques et un autre équivalent est positionné au Sud du quai à côté de l'ascenseur.

Concernant le quai direction Paris (côté Ouest), la capacité nécessaire a conduit à organiser la montée par escaliers fixes en 2 temps : Une première volée d'escalier reprenant toute la largeur nécessaire démarre en partie centrale de la salle, côté Sud (4,20m de large). Celui-ci débouche à une mezzanine positionnée à 3m du sol de la salle RER et se dédouble en deux escaliers distincts : un premier large escalier est superposé au-dessus des 2 escaliers mécaniques, dirigé vers le nord. Un escalier secondaire remonte en extrémité de quai du côté de l'ascenseur positionné au sud.

b. Réseau bus

Dans le cadre de la création de la gare d'Arcueil-Cachan pour la ligne 15, un des nombreux accès existants pour les quais RER B sera démoli. Il s'agit d'escalier fixe extérieur qui mène au quai direction banlieue. La position en talus du RER induit actuellement des cheminements extérieurs séparés entre la desserte du quai Paris et du quai banlieue. Le nouveau bâtiment d'accès commun

améliorera considérablement la desserte générale du pôle sud du RER depuis l'espace public, la salle des billets communiquant avec un espace sous les voies RER permettant de rejoindre chacun des 2 quais RER de manière équitable et entièrement mécanisée.



Gare d'Arcueil Cachan – réseaux bus existant

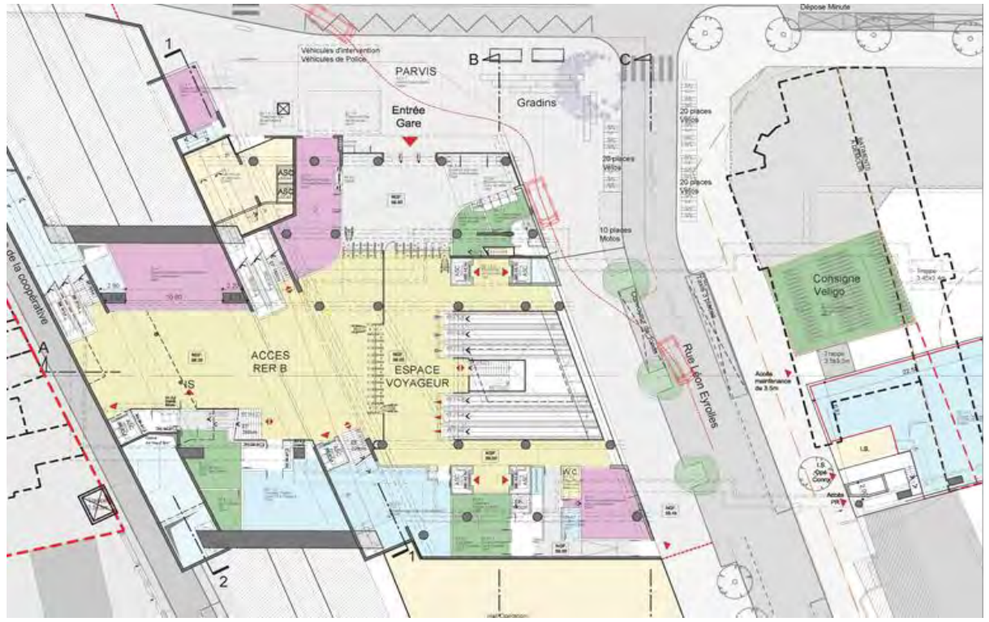
Plusieurs lignes de bus desservent le parvis de la gare actuellement : le 162 (Meudon / Villejuif), le 187 (Fresnes / Porte d'Orléans), et les navettes de la communauté d'agglomération du Val de Bièvre pour les lignes V1 et V3.

Dans le cadre du projet, les arrêts de bus seront déployés en pourtour du parvis. Celui-ci sera remodelé à l'occasion du projet répondant aux normes d'accessibilité : hauteur de trottoir, revêtement de sol adapté. La position et le nombre de postes à quai seront mis en place en coordination avec les services de la ville de Cachan en partenariat avec le STIF.

Le temps de correspondance entre les arrêts de bus et l'entrée de la gare du Grand Paris sera inférieur à 1 min.

c. Vélos

Au stade programmatique, le projet prévoyait un abri vélo de 20 places et une consigne vélo pour 40 places. Les recommandations récentes du STIF prévoient 80 places d'abri vélo et une consigne véligo de 160 places. Il n'y a pas de réseau de pistes cyclables actuellement à proximité, mais le plan d'urbanisme de la ville de Cachan prévoit le développement de circulations douces aménagées le long de l'Avenue Léon Eyrolles en direction du secteur étudiant au Sud-Est (plan en cours d'étude Agence ANMA).



Gare d'Arcueil Cachan – modes doux

Les abris vélo sont prévus le long de l'Avenue Léon Eyrolles. D'autres abris vélo pourront prendre place sur le pourtour du parvis élargi, de part et d'autre du carrefour au droit du bâtiment voyageur, pour compléter l'offre d'abris vélo éventuellement. La consigne véligo de 160 places est prévue dans la continuité du bâtiment abritant le poste de redressement, à l'entrée de l'Avenue Eyrolles, en vis-à-vis de la verrière du bâtiment voyageur de la gare, Cette consigne véligo est positionnée à proximité immédiate de l'entrée de la gare.

d. Véhicules particuliers, stationnement

Il n'est pas prévu de modification de voirie dans le cadre du projet. Par ailleurs Le projet de gare étant assez fortement en maillage avec d'autres modes de déplacement (RER, Bus et vélos…) il ne prévoit pas de création de parc de stationnement propre au pôle.

D'autre part, un parc de stationnement existe actuellement au sud de la parcelle. Le projet de densification urbaine prévu par la ville de Cachan prévoit sa démolition et la réalisation d'opérations immobilières intégrant du stationnement, notamment en vis-à-vis de la nouvelle halle du marché.

e. Autre réseau ou autre mode de transport

Le parvis sera aussi le lieu de l'intermodalité avec d'autres modes de transport :

- 10 places de stationnements pour 2 roues motorisés pourraient prendre place dans la continuité des abris vélo sur l'Avenue Léon Eyrolles.

- Une borne taxi et 3 emplacements pourra aussi se positionner à proximité du parvis, sur l'Avenue Léon Eyrolles, côté trottoir Est.
- Une station d'autopartage.

Le positionnement de ces emplacements réservés est en attente de la coordination annoncée pour la position des arrêts de bus, des dépose-minute et autres stationnements réservés en cours de définition avec le STIF, la SGP et la ville de Cachan.

3.1.6.4 Processus de construction

Compte tenu des contraintes du site dues à la présence de bâtis existants, les caractéristiques principales de la construction sont les suivantes :

- Méthode constructive : réalisation à ciel ouvert pour la totalité de la gare,
- Démolition de l'hôtel Kyriad et du bâtiment R+2 attenant,
- Ventilation/décompression du tunnel au tympan Est de la gare,
- Correspondance avec le RER B : appuis extérieurs (pieux) sur le talus de part et d'autre des voies et ripage d'un ouvrage en une seule coupure,
- Remontées verticales vers les quais du RER B.

Les grands principes du phasage de la gare d'Arcueil-Cachan sont les suivants :

1/ Déviation des réseaux.

2/ Démolition de l'ancien marché couvert, du bâtiment Kyriad et des pavillons le long de la rue de la coopérative concernés par les travaux de la gare.

3/ Réalisation par la RATP d'un ouvrage portant les voies du RER B.

4/ Traitement des remblais et réalisation des parois moulées de la boîte gare.

5/ Terrassement de la boîte gare et réalisation des structures internes en descendant. Ces travaux se font en taupe sous la dalle supérieure réalisée préalablement sous l'ouvrage RATP.

6/ Passage du tunnelier dans le corps principal de la gare terrassée.

7/ Réalisation des barrettes supportant les futurs projets connexes.

8/ Réalisation des remontées verticales vers les quais RER B.

9/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre.

Il est envisagé de créer dans la gare un puits de départ et d'arrivée de tunnelier dans la partie est, avec l'aire de chantier correspondante.

3.1.7 Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy

3.1.7.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare de Villejuif IGR se situe à l'Ouest de la commune de Villejuif, au niveau du Parc Départemental des Hautes Bruyères. Elle permet la correspondance avec la Ligne 14 Sud du métro du Grand Paris.

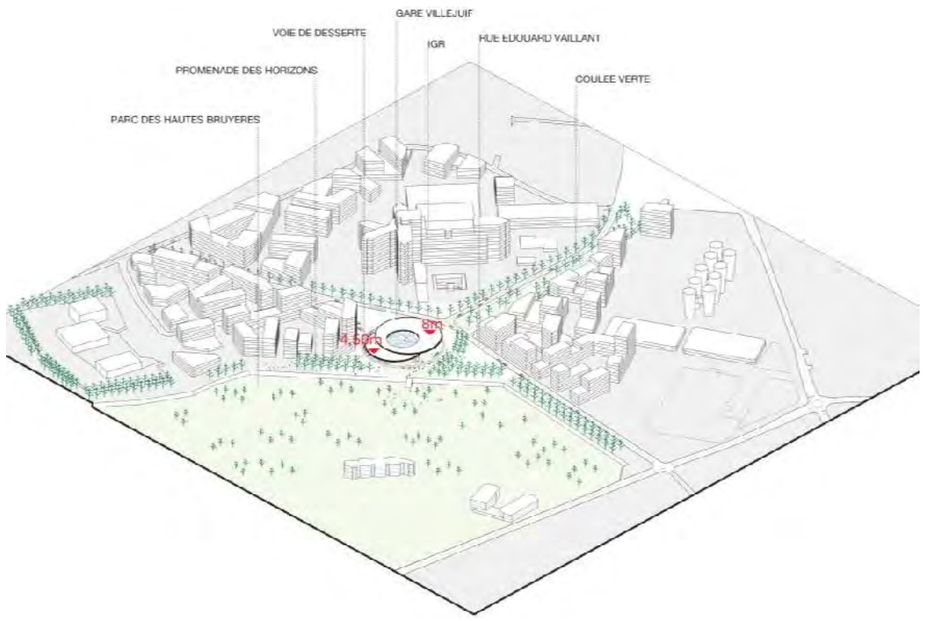
Le projet concourt aux côtés d'éléments bâtis très hétérogènes de grande échelle à la composition d'un morceau de ville atypique :

- L'infrastructure de l'autoroute A6,
- L'Institut Gustave Roussy, IGR, haut de 18 étages,
- La structuration de la trame viaire composée d'impasses et de rues courbes aux constructions non alignées,
- Les remarquables réservoirs d'eau du SEDIF ainsi que l'aqueduc de la Vanne de Cachan.

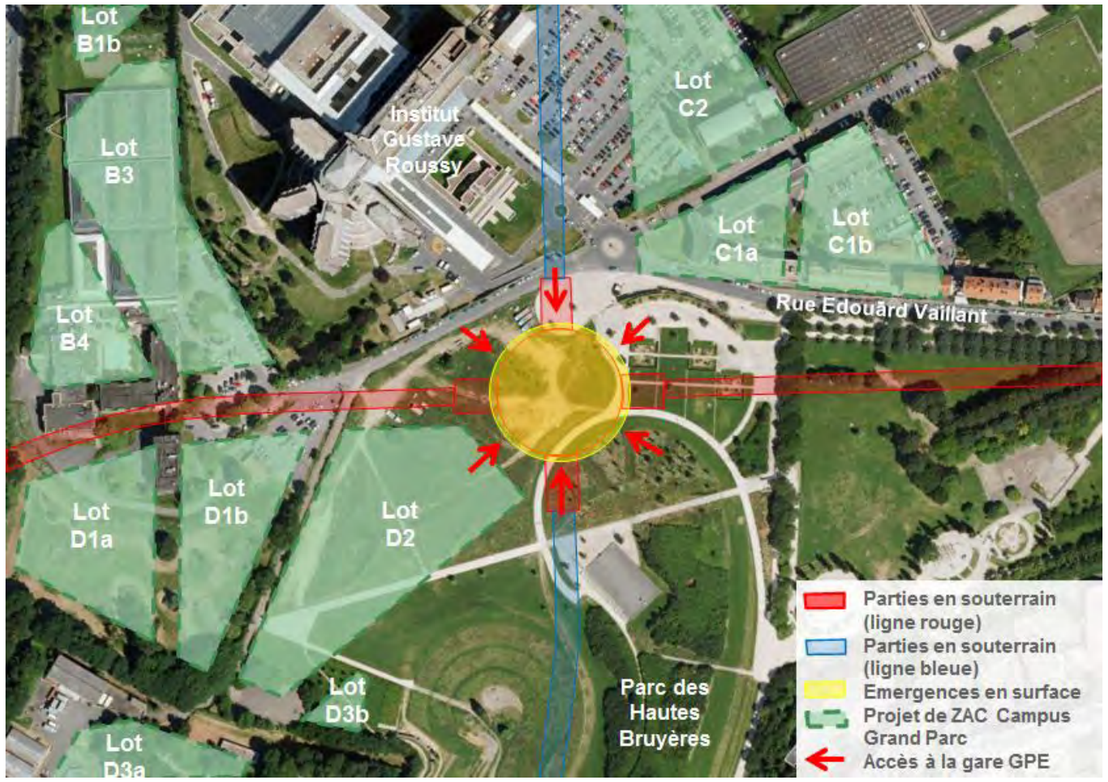
Le lieu choisi pour l'implantation de la Gare de Villejuif IGR est composé d'éléments existants remarquables, le parc des Hautes-Bruyères, vaste étendue végétale de 14 ha face à laquelle s'élève l'imposant Institut Gustave Roussy. Il fait également l'objet d'une étude avancée qui prévoit l'aménagement d'un quartier mixte orienté sur l'excellence scientifique.

Actuellement détaché des circulations principales, notamment de l'avenue du Président Allende et de la rue Jean-Jaurès, le réseau de voirie sera augmenté et intensifié dans le cadre de la future ZAC Campus Grand Parc qui comprendra :

- Un pôle d'activités scientifiques et tertiaires
- Un pôle d'enseignement et de formation aux métiers de la santé
- Des équipements, commerces, services
- Des logements diversifiés



Contexte urbain autour de la gare Villejuif IGR (source: Société du Grand Paris)



Insertion de la gare de Villejuif IGR (Source : Société du Grand Paris)

3.1.7.2 Le projet de gare

La gare de Villejuif est une gare emblématique du Réseau de transport du Grand Paris. A ce titre, sa présence porte l'ambition du projet métropolitain qu'elle accompagne. Elle possède la physicalité nécessaire pour faire repère et rendre lisible les spécificités du territoire qu'elle dessert.

Compte tenu de la situation en promontoire de la gare, de la visibilité dont profitera cette dernière dans la ZAC, assise sur le point haut du plateau de Longboyau, lieu de convergence des différents réseaux, elle offre un espace public de qualité ne faisant pas obstacle aux déplacements mais plutôt en les orientant et les facilitant. Cette gare, à la toiture repère, devient le symbole public du mouvement.





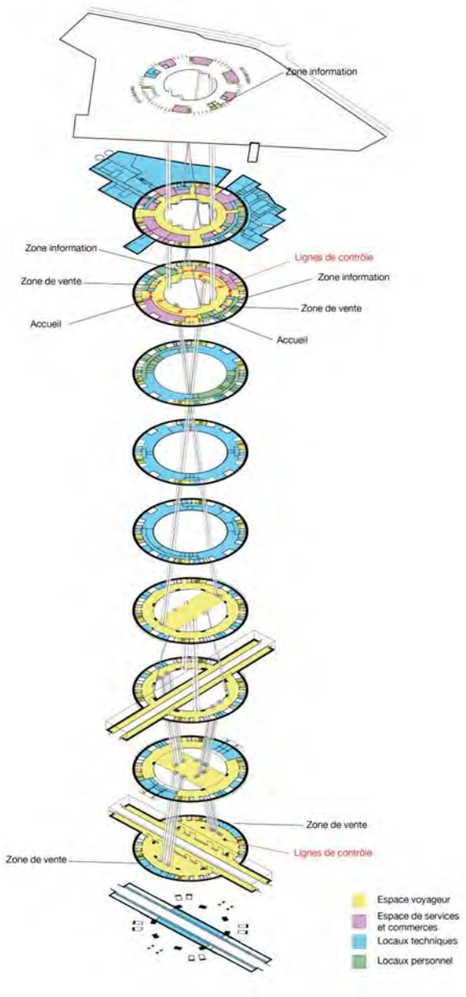
Présentation à titre indicatif de la gare de Villejuif IGR
(Source : Société du Grand Paris)

La gare est organisée en anneaux fonctionnels, avec un puits de lumière central. La toiture est composée de deux objets géométriques semblables, deux cercles disposés têtebêche, dont la superposition marque l'emplacement du puits central de la gare tout en laissant s'infiltrer la lumière naturelle jusqu'aux tréfonds de la gare. Ces deux disques de dimensions différentes, 58 mètres de diamètre pour le disque sud qui s'ouvre sur la promenade des horizons, et 66 mètres pour le disque nord, ouvert sur l'IGR et la ville, s'élèvent respectivement à 5 et 8,5 mètres au-dessus du sol, pour former deux entrées distinctes.

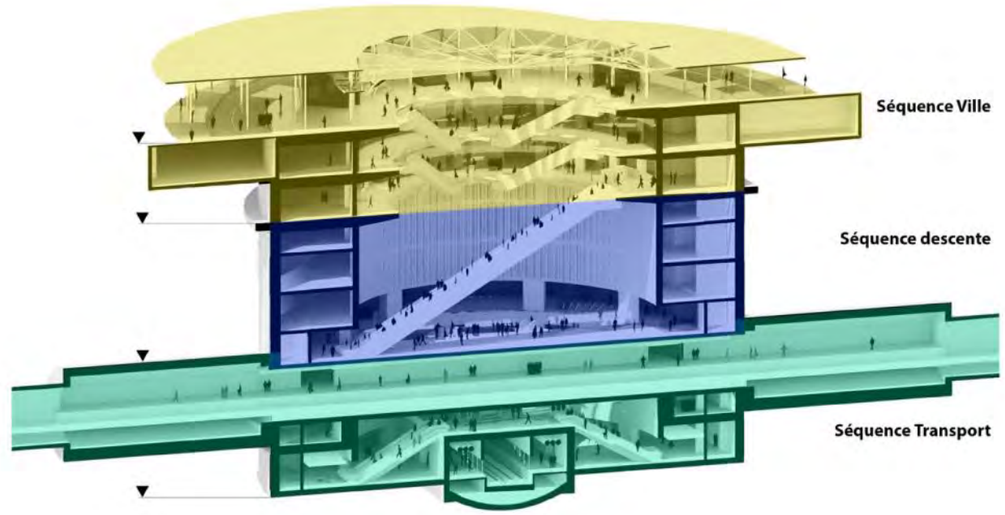
La gare de Villejuif IGR est une gare de grande profondeur (environ49 m), au diamètre intérieur d'environ 63 m, qui accueille deux lignes du réseau du Grand Paris Express en correspondance : la Ligne 15 Sud et la ligne 14 Sud. La gare est organisée en cernes concentriques fonctionnels autour d'un puits central de lumière à l'air libre. Les deux lignes se superposent perpendiculairement dans l'espace central évidé où se situent les circulations verticales.

Trois séquences sont ordonnancées :

- Séquence ville : du parvis au niveau N-2. Cette première séquence urbaine prolonge l'activité du parvis jusqu'au deuxième niveau enterré, point d'accès à la gare comme infrastructure. Cette première strate est rendu lisible par des planchers disposés en balcon du puits,
    - Au rez-de-chaussée (+120,00 m NGF) : Deux couples d'ascenseurs et quatre escaliers mécaniques permettent de descendre au N-1 et N-2. Des surfaces de commerces et de services ainsi qu'un point de vente et une zone d'informations sont disposées sous la toiture dans le périmètre dit de la « Gare »,
    - N-1 (+114,00 m NGF) : Des locaux techniques ne pouvant être enfouis trop profondément pour des raisons d'accessibilité sont situés en dehors des circulations publiques(des trappes communiquent depuis le rez-de-chaussée avec ces locaux). Une zone importante de commerces est organisée à ce niveau,
    - N-2 (+108,20 m NGF) : Cet étage marque l'entrée dans l' « infrastructure » de la gare. Il est en partie dédié aux espaces voyageurs avec deux espaces de vente à l'Est et à l'Ouest, un point d'accueil, une zone d'informations. Le voyageur passe à ce niveau les lignes de contrôle et emprunte les grands escalators qui le conduisent directement à la mezzanine bleue. Au Nord et au Sud sont disposés des locaux de maintenance.
- Séquence descente : du niveau N-2 au N-6 (de +108,20 m à +88,85 m NGF) : les planchers en balcon disparaissent, le vide central s'élargit, annonçant une séquence de descente rapide. Cette seconde séquence, sans palier intermédiaire permet de réduire le temps nécessaire à la descente. Ces étages ne sont pas accessibles au public, ils sont exclusivement réservés aux locaux d'attachement du personnel ainsi qu'aux locaux techniques
- Séquence transport : du niveau N-6 jusqu'au dernier niveau N-9, la séquence de correspondances avec les lignes 14 et 15 se décompose ainsi :
    - N-6 : Mezzanine 14 et locaux techniques
    - N-7 : Quais de la ligne 14
    - N-8 : Mezzanine ligne 15
    - N-9 : Quais de la ligne 15



Gare de Villejuif IGR – programmatique de la gare



Profil longitudinale du projet de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)
(Source : Société du Grand Paris)



Vue de la séquence ville de la gare (Source : Société du Grand Paris)

Pour la réalisation des travaux de la gare de Villejuif IGR, il est nécessaire de réaliser au démarrage une voie depuis la zone de chantier jusqu'au tunnel situé sous l'autoroute A6, au droit de la zone dite de la Redoute des Hautes Bruyères. Cet aménagement permettra ainsi de disposer d'accès

chantier sécurisés, et d'assurer l'apport en matériaux de construction et l'évacuation des déblais issus des phases de creusement sans impacter les voies communales existantes.

Cette voie sera réalisée par la SADEV 94, en charge notamment de la réalisation du projet de Zone d'Aménagement Concerté – ZAC Campus Grand Parc située à proximité. Elle permettra alors la réalisation des travaux des lots situés à l'ouest de la ZAC. À ce titre, cet ouvrage est également inclus dans la procédure Loi sur l'Eau portée par SADEV 94 pour la réalisation de leur projet, pour un partage des responsabilités sur cet ouvrage.



Schéma du projet de la ZAC Campus Grand Parc (en bleu) et voirie nouvelle (en rouge)
(Source : SADEV 94)

3.1.7.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

Les lignes 14 et 15 du Grand Paris en correspondance à la gare de Villejuif se superposent à deux niveaux différents formant un angle de 90° entre elles.

Les quais de la ligne de métro 14, se situent au niveau N-7 à -36.37m de profondeur. Les quais de la ligne 15, plus profonds d'environ 12m en dessous de ceux de la ligne 14, se situent au niveau N9 à -48.40 m de profondeur par rapport au niveau de référence du RDC à 120 NGF.

Les flux de voyageurs ville/ligne 15 transitent par le niveau N-7 dans la circulation semi-circulaire à l'arrière des quais de la ligne 14.

Les contrôles d'accès se situent au niveau N-2 en entrée/sortie ville et au niveau N-9 en entrée/sortie de la ligne 14, ce qui offre la possibilité de mettre en place une tarification différente entre les deux lignes. Les voyageurs en correspondance auront alors à passer une fois les lignes de contrôle, alors les flux de voyageurs depuis et vers la ville devront passer le contrôle une fois s'ils sont directs vers la ligne rouge et deux fois s'ils sont directs vers la ligne 14. Cette solution oblige à prévoir une rupture de charge des ascenseurs au niveau N-2.

Les flux de voyageurs en correspondance (ligne 15 vers ligne 14 ou inversement) représentent 80% des flux totaux transitant dans la gare d'IGR en heure de pointe.

Leur cheminement se fait entre les niveaux N-7 et N-9, et est assuré par une mécanisation via escaliers mécaniques (les ascenseurs étant quant à eux plutôt destinés aux PMR et aux entrants/sortants ville).

Pour chaque quai de la ligne 15, les voyageurs disposent de 4 escaliers mécaniques (2 à la montée et 2 à la descente) les acheminant au niveau N-8. Ce niveau N-8 (mezzanine ligne 15) permet aux voyageurs de se diriger vers l'un ou l'autre quai de la correspondance située au N-7. Quatre escaliers mécaniques (2 à la montée et 2 à la descente) desservent chaque quai de la ligne 14 au N-7.

Le parcours en correspondance est efficace avec un temps de parcours de milieu de quai ligne 15 à milieu de quai ligne 14 de 2min34sec dans l'hypothèse d'une vitesse de cheminement horizontal de 1,10m/s (voir Tableau des temps des parcours estimés pour la correspondance).

Des ascenseurs permettent aux UFR de transiter de chaque quai de la ligne 15 vers l'un ou l'autre quai de la ligne 14, et inversement. En effet, deux couples d'ascenseurs se situent sur chaque quai de chaque ligne. Le choix d'orientation s'effectue donc sur le quai de départ pour aller sur le quai de son choix. Ceci permet d'éviter les ruptures de charge en mezzanine ligne 15.

b. Réseau bus

A l'horizon Grand Paris Express, le STIF propose la desserte de la gare de Villejuif IGR par :

- la ligne 47 en terminus avec 1 arrêt dépose, 1 arrêt reprise, 1 point de régulation.
- la ligne 57 en terminus avec 1 arrêt dépose mutualisé avec celui de la ligne 47, 1 arrêt reprise et 1 point de régulation.
- la ligne 131 en passage avec 2 arrêts sur voirie.
- la ligne 162 en terminus avec 1 arrêt dépose, 1 arrêt reprise et 1 point de régulation
- la ligne 186 en terminus avec 1 arrêt dépose mutualisé avec la ligne 162, 1 arrêt reprise et 1 point de régulation.
- la ligne 380 en passage avec 2 arrêts mutualisés avec la ligne 131 et D1

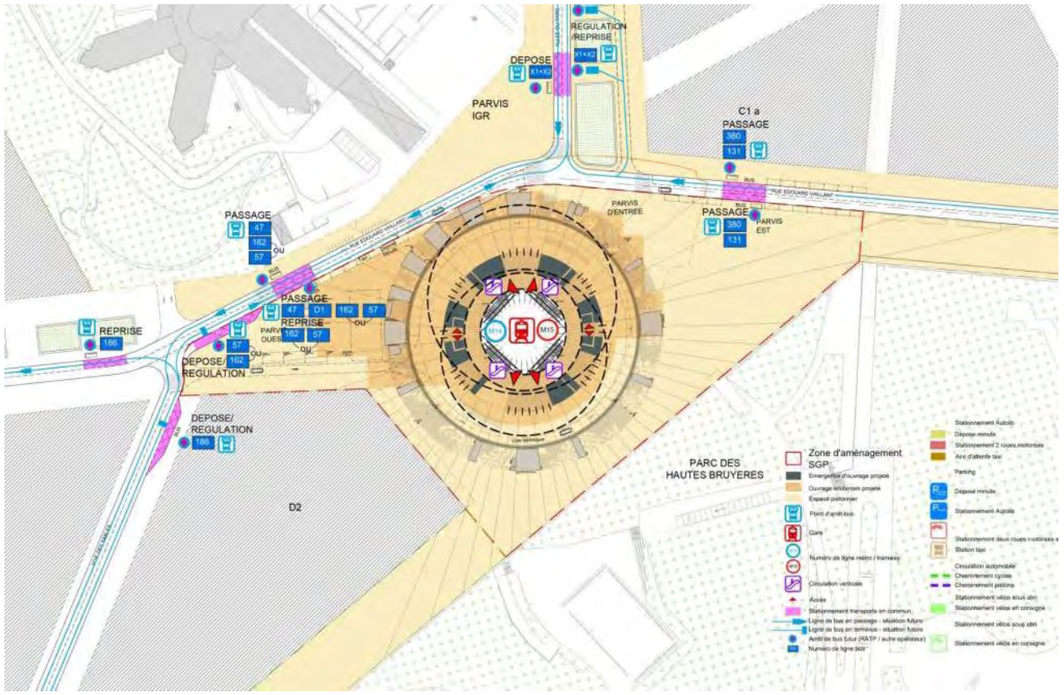
- la ligne D1 en passage avec 2 arrêts mutualisés avec la ligne 131 et 380
- la ligne X1, ligne express en provenance de l'A6, en terminus avec 1 arrêt dépose, 1 arrêt reprise et 1 point de régulation
- la ligne X2, ligne express nouvelle depuis le nord de l'Essonne en provenance de l'A6, en terminus avec 1 arrêt dépose, 1 arrêt reprise et 1 arrêt régulation

Les besoins prévisionnels du STIF sont donc : 2 arrêts sur voie et au mieux 15 postes à quai. Le STIF préconise de regrouper l'ensemble des postes à quai dans un pôle bus.

La question du traitement du mode bus sera développée dans le cadre de l'étude de pôle qui va être prochainement lancée en lien avec l'ensemble des partenaires concernés.

Il sera étudié différentes hypothèses permettant des correspondances optimales entre le bus et le Grand Paris Express tout en préservant les partis d'aménagement de l'espace public.

Pour tenir compte des contraintes du site, une des hypothèses pourrait être de constituer plusieurs pôles bus autour de la gare du Grand Paris Express.



Gare de Villejuif IGR – Proposition d'aménagement en faveur des bus à conforter dans le cadre de l'étude de pôle – échelle gare

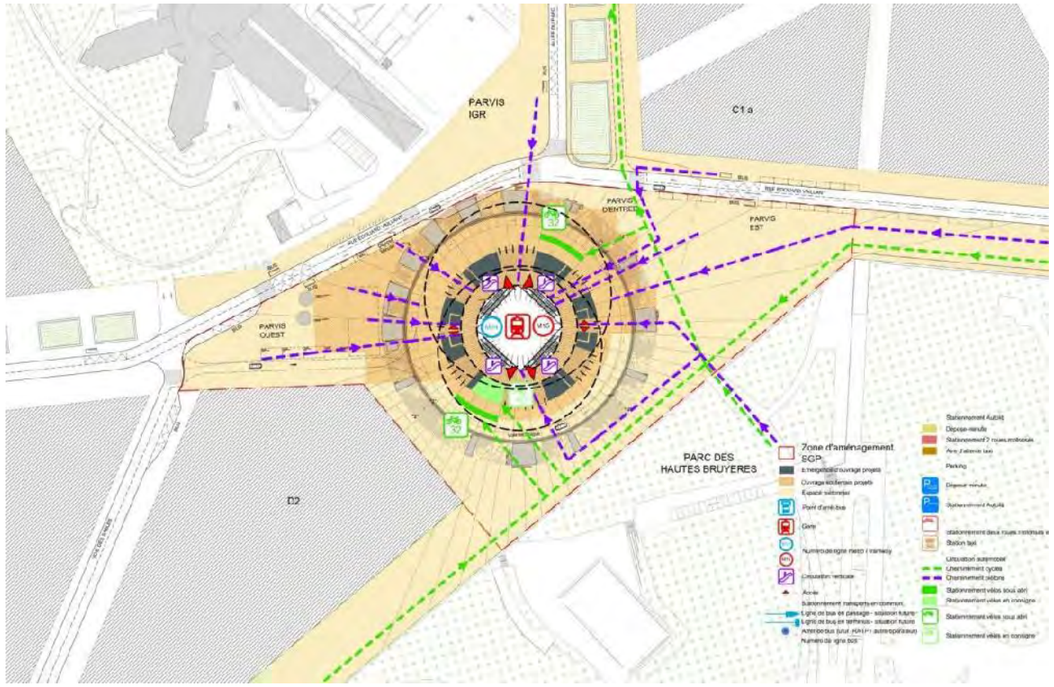
c. <u>Vélos</u>

Deux types de dispositifs pourront être implantés.

- Des abris vélos, d'une capacité minimale de 20 places, sécurisés par l'usager, éclairés, couverts et implantés dans un périmètre maximum de 70 mètres par rapport aux accès de la gare.

- Des consignes collectives avec accès via le passe Navigo d'une capacité minimale de 30 places à une distance maximale de 70 mètres par rapport aux accès. Elles doivent être positionnées en premier lieu, à l'intérieur des ouvrages.

- Une station de vélos en libre-service dont le nombre de vélos n'est pas connu à ce jour.



Gare de Villejuif IGR – modes doux

d. <u>Véhicules particuliers, stationnement</u>

L'offre actuelle de stationnement se trouve principalement en surface. L'aménageur de la ZAC a dénombré dans le périmètre concerné, 1107 places dont 194 en souterrain et 57 stationnements linéaires rue Edouard Vaillant. L'aménagement futur prévoit de supprimer au maximum les étendues de stationnements extérieurs IGR au profit d'espaces publics généreux en les concentrant dans un parking enterré sous la voie des sables (une étude de faisabilité est en cours). Le nombre de stationnements planifié à ce jour est de 848 places sur 5 niveaux dont une trentaine pourrait être attribuée au personnel d'exploitation de la gare.

L'entrée de ce parking enterré est aujourd'hui envisagée au croisement de la rue qui mène à La

Redoute et de la rue Edouard Vaillant. Il n'est pas prévu de réaliser de parc relais aux abords de la gare. Le linéaire de stationnement sur la rue Edouard Vaillant devrait rester quant à lui inchangé.

e. Autre réseau ou autre mode de transport

Deux zones de stationnement 2 roues sont implantées au nord du parvis côté IGR. Elles se trouvent dans un périmètre de moins de 50 mètres des accès à la gare et libèrent ainsi le parvis de la présence de motos.

La borne taxi se trouve à proximité de l'aire d'attente abritée par la toiture alors que le stationnement lui-même se fera le long de la rue Edouard Vaillant.

La dépose minute est également aménagée sur le parvis nord-ouest, le long de la rue Edouard Vaillant dans le prolongement du stationnement aménagé pour les taxis. Elle se trouve à moins de 40 mètres des accès et à moins de 20 mètres du parvis couvert.

Le stationnement des véhicules en livraison est prévu sur l'espace de parking réservé du parvis nord-est, ils pourront occasionnellement utiliser la voie technique circulaire dédiée aux véhicules d'interventions, aux convoyeurs de fonds et aux pompiers. Une aire de stationnement est réservée pour les convoyeurs de fonds sous la toiture, à côté du coffre à l'Est, près de l'espace de vente. Une station Autolib' est aménagée à l'est du parvis, le long de la rue Edouard Vaillant.

3.1.7.4 Processus de construction

De par son implantation géographique au droit d'un parc Départemental, la future gare est peu impactée par des travaux préparatoires concessionnaires.

La particularité de la paroi de la gare de Villejuif IGR réside dans sa forme cylindrique qui implique un comportement structurel différent de celui des autres gares puisque l'on bénéficie de la raideur cylindrique de la coque. Une recherche d'optimisation de l'épaisseur de la paroi a été nécessaire et des travaux spécifiques seront réalisés avec notamment un pré-terrassement sur 12 m de hauteur.

Les grands principes du phasage de la gare de Villejuif IGR sont les suivants :

1/ Démantèlement des réseaux du parc dans l'emprise chantier (arbres, jardins, éclairage, arrosage).

2/ Pré-terrassement sur 12 m de profondeur.

3/ Réalisation d'une enceinte en parois moulées depuis la plateforme de pré-terrassement.

4/ Terrassement et renforcement de la paroi moulée par coque béton jusqu'au niveau de la ligne 14

5/ Réalisation des quais souterrains voûtés (tunnel traditionnel) L14.

6/ Terrassement et renforcement de la paroi moulée par coque béton jusqu'au fond de fouille.

7/ Bétonnage radier et appuis du pont provisoire pour transit du tunnelier L14.

8/ Réalisation pont provisoire L14 (sous MOA RATP), transit du tunnelier.

9/ Réalisation des quais souterrains voûtés (tunnel traditionnel) L15.

10/ Réalisation des structures internes de la gare en remontant et des locaux techniques niveaux -1 en couronne.

11/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre et réalisation de la toiture.

Il est envisagé de faire transiter le tunnelier de la L15 avant réalisation des quais souterrains voûtés. Ces derniers seraient alors réalisés depuis le tunnel foré au tunnelier.

3.1.8 Gare de Villejuif Louis Aragon

3.1.8.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare de Villejuif Louis Aragon se situe au Sud-Est de la commune de Villejuif, dans un environnement urbain dense. Elle vient s'implanter au Nord de l'ilot dit « Aragon ». Le terrain est proche du centre-ville (au nord/ouest) mais également de la ZAC Aragon (au nord/est) et de l'hôpital Guiraud (à l'ouest). Un projet connexe potentiel sur l'ensemble de l'ilot dit « Aragon » est également en cours d'étude, dans le cadre de la réflexion sur l'évolution du quartier en lien avec la gare.

Le bâti environnant est principalement composé d'habitations entre R+1 et R+8, avec des commerces en rez-de-chaussée. En fond d'ilot, une gare routière pour 9 lignes de bus est surmontée d'un parking relais de 5 niveaux présentant une façade en treillis de béton et formant un ensemble assez massif en pointe d'ilot.



Insertion de la gare de Villejuif Louis Aragon
(Source : Société du Grand Paris)

3.1.8.2 Le projet de gare

La gare de Villejuif Louis Aragon vient s'implanter essentiellement sur les terrains dégagés par la démolition de bâtiments existants, rue Louis Aragon ou avenue de la République. Les aménagements de terrain consisteront pour l'essentiel à la création de parvis devant les entrées de gare et mise en place de l'intermodalité vélos et bus.

L'émergence de la gare se positionne en limite de parcelle, le long de l'avenue Louis Aragon dans une orientation nord/sud. Cette émergence vient s'implanter à la place des bâtiments démolis sur les parcelles acquises par la SGP. L'emprise au sol de l'émergence est de 528 m² (9,1m x 58m). Elle se compose d'un seul volume de 7m de haut abritant les deux accès de la gare, positionnés sur les côtés. Le parvis de la gare s'étend tout autour de l'émergence pour la mettre en valeur et favoriser les cheminements piétons, notamment les flux en interconnexions. L'intégralité des façades est donc visible et permet d'identifier la gare comme un équipement public. Un large passage central a été ajouté permettant de réduire l'emprise au sol de la gare, tout en améliorant l'intermodalité bus sur l'avenue Louis Aragon.



Vue de l'émergence depuis l'entrée Aragon/Stalingrad
(Source : Société du Grand Paris)

L'environnement très urbain et les intermodalités (tramway d'un côté et gare routière de l'autre) ont amené à prévoir les entrées de la gare en deux accès de part et d'autre de l'ilot, donnant sur deux carrefours opposés : Aragon/Stalingrad et Aragon/Gorki. Afin d'augmenter sa visibilité et permettre un large apport de lumière naturelle dans les niveaux inférieurs de la gare, les deux accès ont été placés dans une seule grande trémie surmontée d'une émergence vitrée.

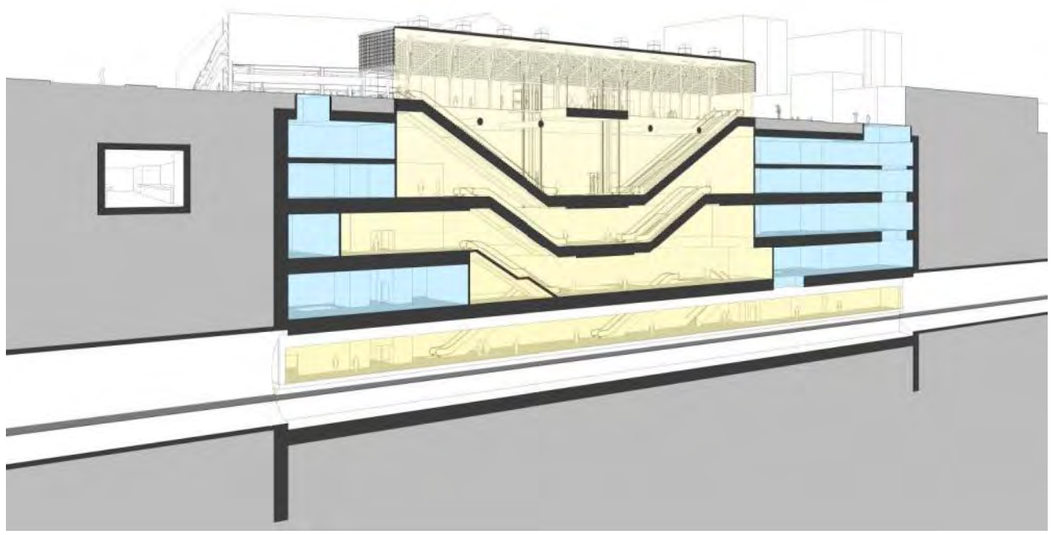
Cette émergence vitrée offre une visibilité à la gare du Grand Paris depuis tous les axes majeurs l'entourant. Une passerelle permet de passer au milieu de cette grande faille afin de garantir plus de fluidité sur l'espace urbain, tout en profitant du volume abrité de l'émergence. Elle permet également d'accéder aux ascenseurs situés au centre de la faille.

L'ensemble de la gare est structuré par l'organisation des circulations verticales entre la rue et la mezzanine du niveau -3, et par la position de la correspondance avec le métro ligne 7 au niveau -2. En effet, les deux grandes volées entre la rue et la salle des billets au niveau -1 initient deux puits de circulation face à face qui viennent se placer sous l'émergence vitrée, à l'aplomb de la trémie lumineuse. Ainsi la gare est organisée en deux parties : d'un côté l'ensemble des circulations

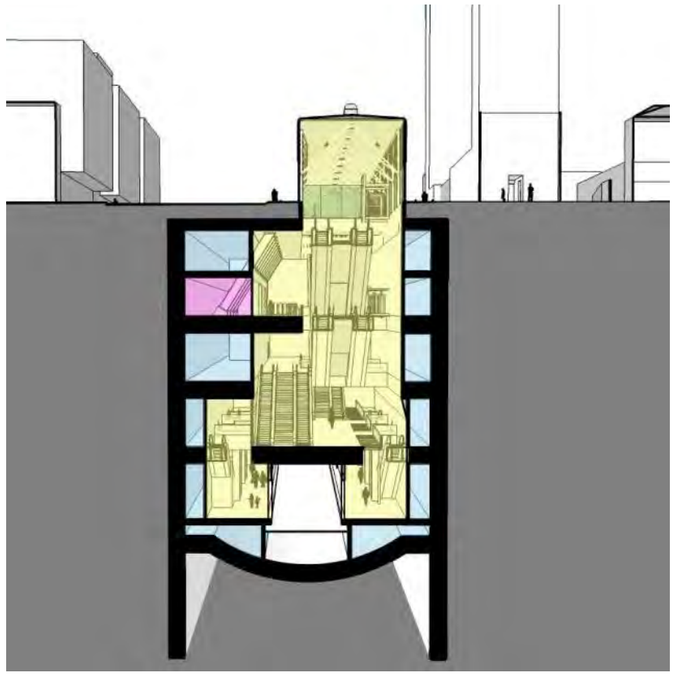
verticales qui se superposent, de l'autre les circulations horizontales et les services voyageurs. Tout autour sont placés les nombreux locaux techniques nécessaires au fonctionnement de la gare et à la décompression du tunnel, les usines de désenfumage tunnel étant positionnées dans les ouvrages annexes alentour.

La gare présente 5 niveaux dont 4 sont accessibles au public. Le dénivelé jusqu'aux quais se décomposent en 4 niveaux :

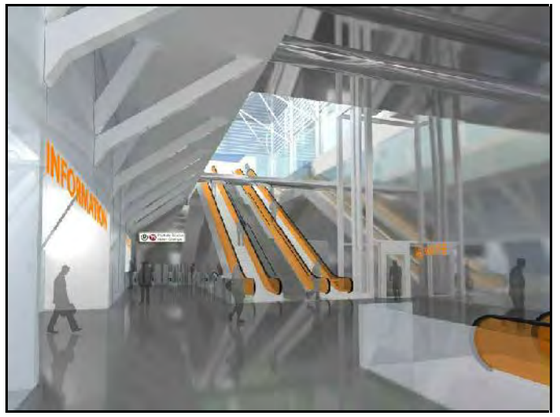
- Niveau 0 : accès des voyageurs, correspondance en surface avec le T7, la gare routière et le P+R
- Niveau -1 : accueil des voyageurs, commerce, contrôle des billets
- Niveau -2 : correspondance avec le métro ligne 7
- Niveau -3 : mezzanine de répartition des flux entre les quais La Défense et Noisy-Champs
- Niveau -4 : quais.



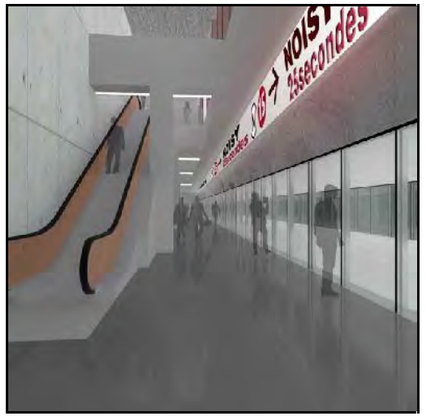
Profil longitudinal du projet de la gare de Villejuif Louis Aragon – jaune : espace voyageur et bleu : locaux techniques (Source : Société du Grand Paris)



Gare de Villejuif Louis Aragon – Coupe transversal / axonométrie



Vue d'ensemble depuis le niveau N-1
(Source : Société du Grand Paris)



Vue des quais situés au niveau N-4
(Source : Société du Grand Paris)

Il est prévu la possibilité d'accompagner le projet de gare avec un projet connexe pouvant s'appuyer sur la paroi moulée Sud de la gare. Ce projet connexe est en cours de définition par la

SGP en interface avec les services de la Ville et la RATP, propriétaire principal de l'ilot Aragon, situé au Sud de la gare.

3.1.8.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La correspondance avec le métro ligne 7 (Villejuif/Ivry-La Courneuve) s'effectue au niveau N–2 de la gare du Grand Paris, puis remonte de part et d'autre des quais selon la direction choisie. Les flux en correspondance représentent 56% des flux de la gare entre les niveaux N-2 et N-4.

Les flux se répartissent entre deux puits de remontées distincts entre la montée et à la descente. La correspondance ligne 7 vers GPE est efficace : 2.52min avec 1,10m/sec pour la vitesse des circulations verticales ou 2,21min avec 1,40m/sec pour la vitesse des circulations verticales. Elle et permet d'écouler sans difficulté le flux principal en heure de pointe du soir (120 voyageurs/minute).

La correspondance GPE vers la ligne 7 est de 2.94 min avec 1,10 m/sec pour la vitesse des circulations verticales ou 2,54min avec 1,40 m/sec pour la vitesse des circulations verticales.

Depuis la phase AVP, la conception et la réalisation de la correspondance sont du ressort de la RATP. Néanmoins, les principes définis lors de études préliminaires restent d'actualité, seule la largeur des escaliers a été élargie (3m au lieu de 2,40m).

b. Réseau bus

La gare du Grand Paris Express sera en interconnexion avec une gare routière regroupant 7 lignes de bus et 2 lignes de Noctilien (286, 180, 580, 162, 172, 185, V7 et N22, N15) située sur le Boulevard Maxime Gorki, ainsi que la ligne 172 située sur l'avenue Louis Aragon.

L'ensemble de ces connexions s'effectuent autour de l'ilot Aragon. La sortie prévue à l'angle Aragon/Gorki permet donc une correspondance très rapide vers l'ensemble des lignes de bus.

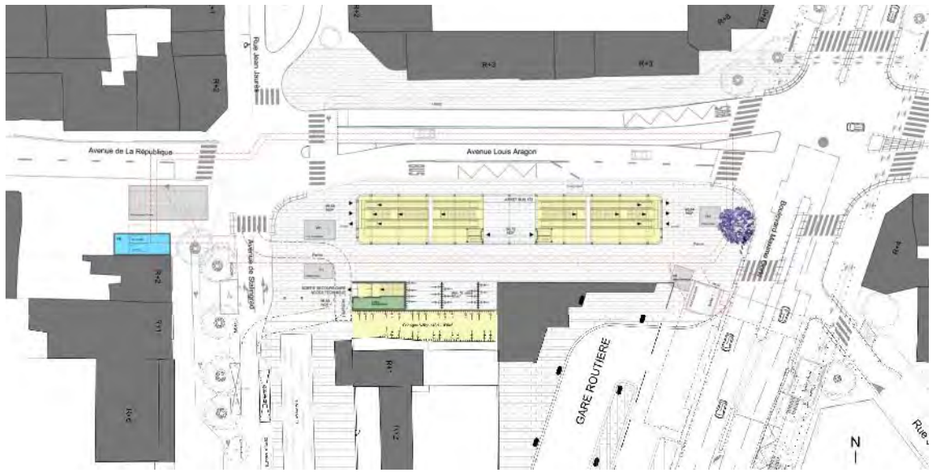


Gare de Villejuif Louis Aragon – Réseau bus – échelle du projet

c. Vélos

Cette parcelle est à proximité immédiate de la piste cyclable aménagée le long de l'avenue de Stalingrad et est en liaison directe, par un passage piétons surélevé, avec l'entrée de la gare Aragon/Stalingrad située à 50m.

La consigne Véligo de 140 places sera aménagée sur le parvis, et l'abri vélos de 75 places serait aménagé juste à coté. La gare sera donc reliée aux pistes cyclables aménagées Boulevard Gorki et Avenue Aragon.



Gare de Villejuif Louis Aragon – Modes doux 1

d. Véhicules particuliers, stationnement

Actuellement, un parc relais en superstructure de 472 places se situe au sud de l'ilot Aragon. Il n'est occupé qu'à 50% de sa capacité.



Gare de Villejuif Louis Aragon – stationnement

e. Autre réseau ou autre mode de transport

La gare du Grand Paris est également en interconnexion avec le terminus du tramway T7 qui relie Villejuif à Athis-Mons. Cette connexion s'effectue en surface à une distance d'environ 100m par rapport à l'entrée Aragon/Stalingrad.

Il est prévu en complément des interconnexions, l'aménagement d'une dépose minute (2 places) et d'une station de taxis (3 places) de l'autre côté de l'avenue Aragon, à la place du stationnement existant se trouvant en bordure de voie de bus.

Un parking deux roues (10 places) sera aménagé côté ouest de l'avenue Stalingrad.

3.1.8.4 Processus de construction

Le positionnement de la gare en pleine ville sous plusieurs avenues implique la présence de nombreux réseaux. La déviation des réseaux implique des déviations de circulation. Sur l'axe République / Aragon (RD 148), le maintien de la circulation implique une démolition des bâtiments situés sur les parcelles acquises ou à acquérir par la SGP afin de pouvoir basculer la circulation sur ces emprises.

Etant donné l'exiguïté du site, le maintien de la circulation sur l'axe RD148 n'est pas compatible avec une coactivité des travaux de déviation de réseaux et des travaux de génie civil de la gare. Les déviations de réseaux doivent donc être réalisées avant les travaux de génie civil de la gare.

Plusieurs contraintes ont générées une conception adaptée :

- Adaptation de la méthode de réalisation de la paroi de la gare pour permettre la mise en place du caniveau technique Nord-Sud avant les travaux de la gare,
- Biaisement des angles Nord-Est et Sud-Est de la gare pour libérer de l'espace,
- Positionnement de la grille de décompression et des puits de prise d'air et rejet fortement calé par les contraintes réseaux.

Les grands principes du phasage de la gare de Villejuif Louis Aragon sont les suivants :

1/ Déviation des réseaux et démolition des immeubles avenue Louis Aragon sud.

2/ Réalisation des parois de pieux sécants et du caniveau réseaux de « pontage » de la gare.

3/ Basculement de la circulation avenue Louis Aragon sur l'emprise des immeubles démolis.

4/ Démolitions des parcelles situées à l'Ouest.

5/ Réalisation des parois moulées de la boîte gare et de la dalle supérieure de la gare au nord.

6/ Réalisation des parois moulées de la boîte gare et de la dalle supérieure de la gare au sud.

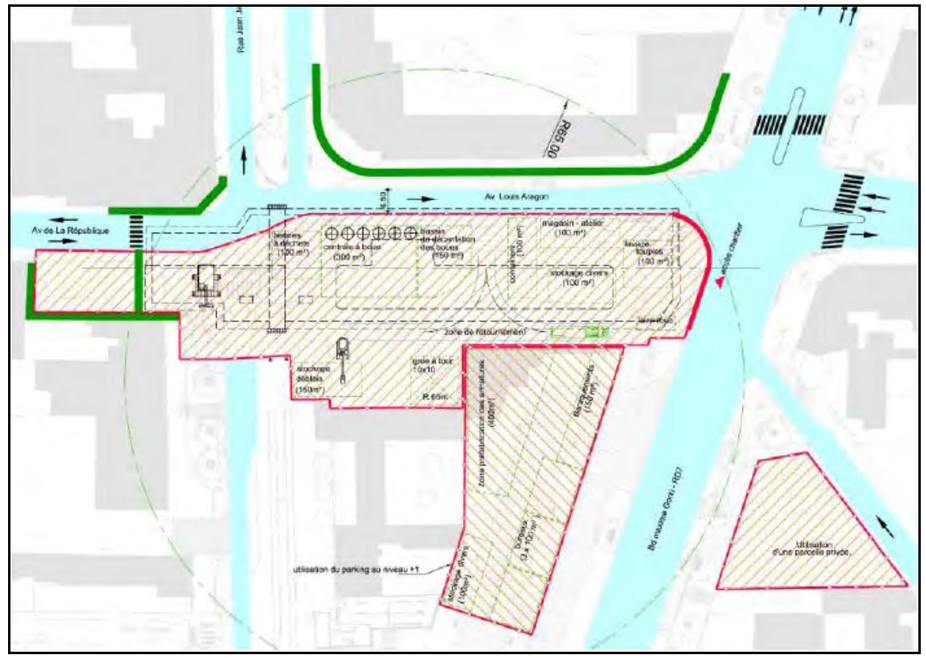
7/ Terrassement de la boîte gare et réalisation partielle du niveau N-2 en descendant. Ces travaux se font en taupe sous la dalle supérieure.

8/ Sortie des tunneliers des tronçons T2 et T3.

9/ Réalisation des structures internes de la gare en remontant.

10/ Réalisation sous Maîtrise d'ouvrage (MOA) RATP de la correspondance M7.

11/ Aménagements de surface et travaux de second œuvre. Réalisation de l'émergence (halle).



Plan à titre indicatif de la zone chantier
(Source : Société du Grand Paris)

3.1.9 Gare de Vitry Centre

3.1.9.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare de Vitry Centre s'implante au niveau du centre-ville de Vitry-sur-Seine, sous le parc du Coteau. Le secteur de la gare est marqué par un milieu urbain mixte, riche en équipements administratifs et culturels et présentant un parc habité dense (logements collectifs de moyenne et grande hauteur).

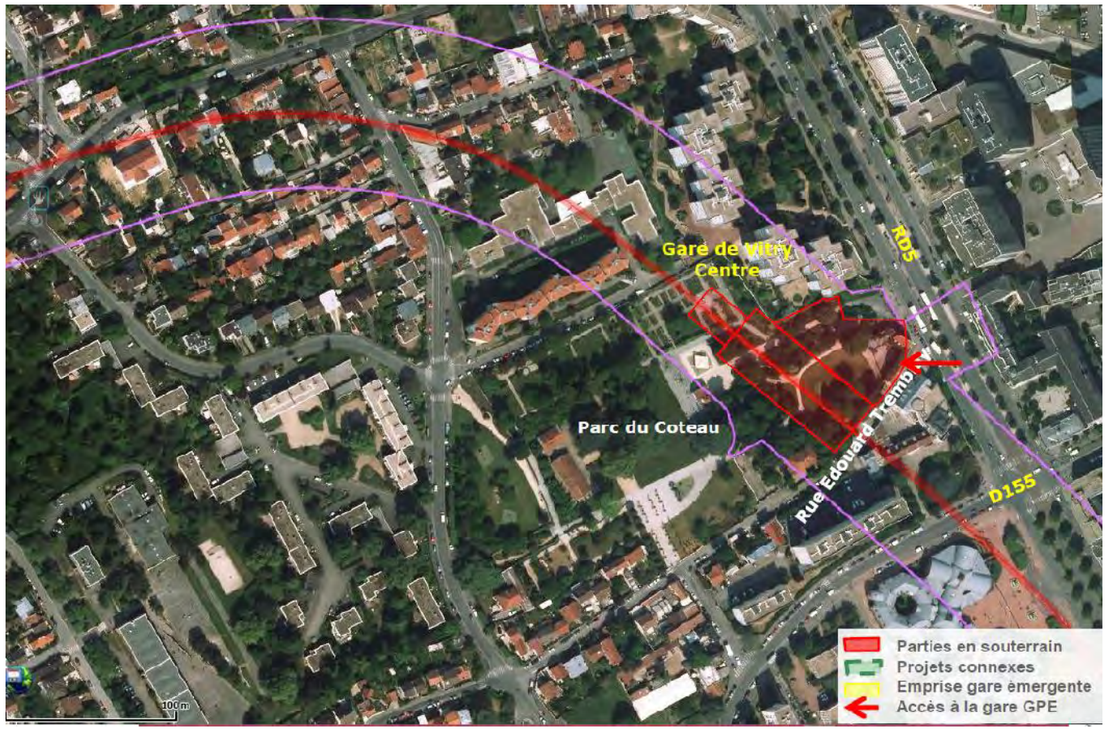
Le territoire qu'elle est appelée à desservir comprend des équipements administratifs (hôtel de ville), sportifs et culturels (le Musée d'Art contemporain du Val-de-Marne : MAC-VAL, le théâtre Jean-Vilar, la bibliothèque Nelson-Mandela). Située sous le parc du Coteau, la gare s'ouvre sur la RD5 ou avenue Maximilien-Robespierre, le long de laquelle sont prévus divers programmes de ZAC, quartiers d'habitat dense particulièrement concernés par le nouvel équipement.

La partie souterraine de la gare projetée se situe principalement sous la partie Est du parc du Coteau. Elle est orientée dans le sens nord-ouest/sud-est, en cohérence avec le tracé du tunnel. Son implantation à l'intérieur du parc ne lui offre une visibilité que depuis la RD5.

Le projet joue sur la topographie naturelle du site et les mouvements de terrain du parc pour créer la continuité souhaitable avec l'avenue Maximilien-Robespierre.



Vue de l'entrée de la gare de Vitry Centre



Insertion de la gare de Vitry Centre (Source : Société du Grand Paris)

Le projet de la ZAC Rouget de Lisle porté par la ville vise en une requalification d'un secteur en friche à l'entrée Sud de la ville autour de la RD5. Les intentions de programmation de la ZAC permettent de définir 136 000 m² de Surface Plancher Constructible supplémentaire (870 logements, dont 42 % sociaux et 65 000 m2 d'activités tertiaires, PME et PMI, et 5 000 m² de commerces de proximité et services). En outre, la RD5 bénéficiera d'une requalification et d'un réaménagement afin de recevoir le Tramway T9 Paris-Orly (TPO) dont la mise en service est prévue à l'horizon 2020.

3.1.9.2 Le projet de gare

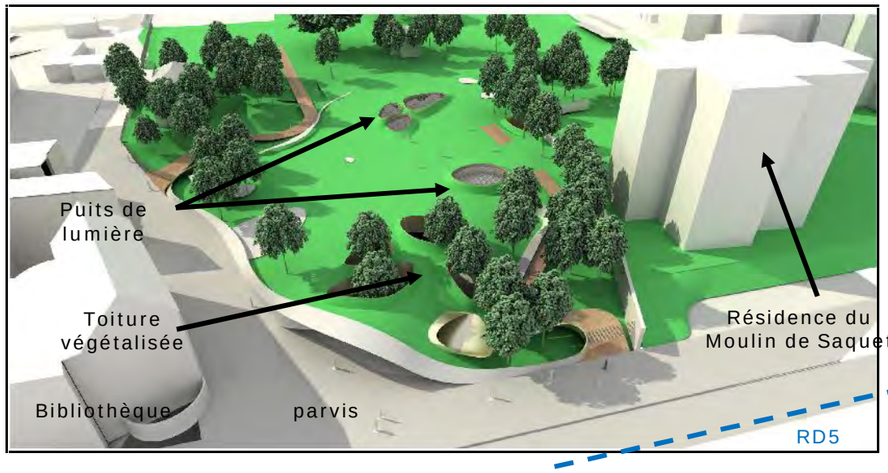
La gare se positionne en diagonal par rapport à la route départementale 5. Elle se loge sous le Parc du Coteau. Le toit à l'entrée de la gare est en continuité avec le parc grâce à la réalisation d'une toiture végétalisée pensée comme le prolongement du Parc du Coteau.

La gare possède deux accès (côté Est donnant sur la RD5 ; côté Sud (entrée de service) au niveau de la rue Edouard Tremblay). Un parvis en pente douce (<4%), accessible aux PMR, relie ces deux entrées à la gare. La visibilité avec le tramway Paris-Orly T9, situé à un peu plus de 50m du parvis, est directe et permet de renforcer le caractère intermodal du lieu.

Le niveau quai se prolonge en une partie souterraine sous le Jardin des Découverte au Nord –Est du Parc du Coteau. La section souterraine logée sous le Jardin des Découvertes permet de préserver cette partie du Parc du Coteau durant la phase chantier.

L'entrée de la gare se trouve en bas du parvis sous le parc du Coteau. La toiture de la gare est pensée comme un prolongement du parc. Une moyenne de 1,5 m de terre est prévue en toiture. L'apport de lumière naturelle se fait par une verrière au-dessus du hall d'accueil et de trois autres verrières regroupée au-dessus du palier de distribution au cœur de la grotte où les circulations verticales relient les quais au rez-de-chaussée de la gare.

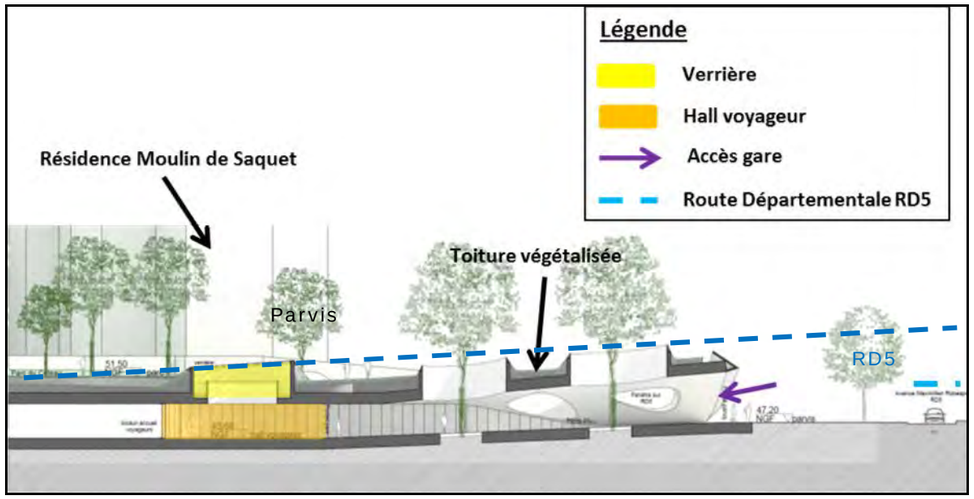
L'intégration de l'élément végétal en continuité du paysage environnant se fait sur le parvis par Pour faciliter la fluidité des déplacements, garantir la sécurité et éviter de générer des espaces sans usage, Il n'y a pas de recoin sur le parvis. Le parvis sera principalement recouvert de pierre naturelle en harmonie et en continuité du plateau sécurisé abritant la station de tramway. Il n'y a pas à proprement parler de bâtiment en émergence.
Les espaces d'accueil, les sorties de secours, les commerces ou les services comme VELIGO sont situés en RDC sous le parc du Coteau. Un accès de service est prévu côté rue E. Tremblay. La consigne VELIGO a également son propre accès depuis la rue E. Tremblay. Un dialogue entre le monde souterrain et la ville s'amorce depuis le parvis et l'accès à la gare. La descente progressive par une pente douce permet aux voyageurs de passer d'un univers à l'autre.



Perspective de la gare de Vitry Centre (Source : Société du Grand Paris)



Intérieur de la gare (Source de Société du Grand Paris)

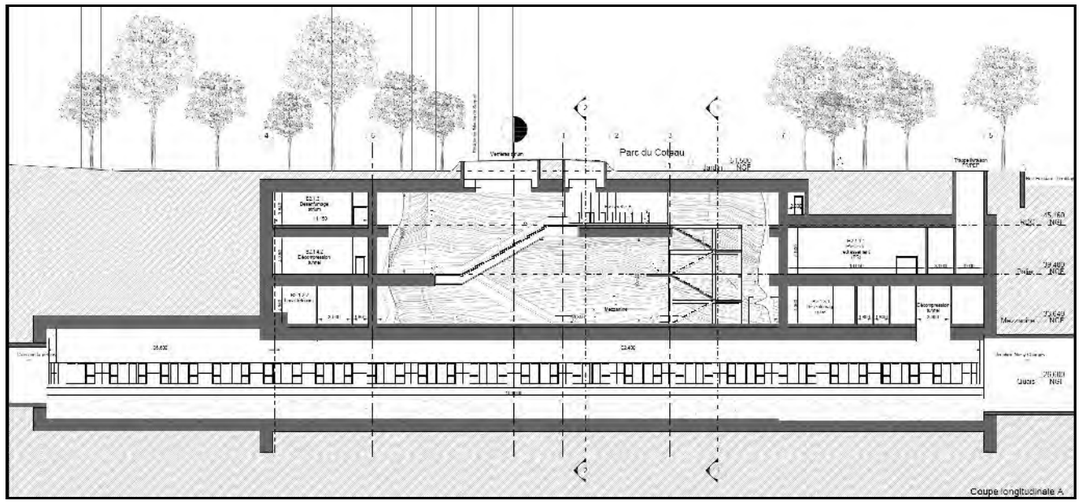


La gare ne constitue pas à proprement parlé un bâtiment en émergence. Seuls les accès à cette dernière le sont. Du fait de son implantation au niveau du parc, le projet ne comprend pas de projet connexe.

D'emprises au sol constituant un rectangle de 81x31 m, la gare est profonde d'environ 30m et est composée de 4 niveaux souterrains :

- Le niveau 0 (Hall et RDC) à environ 6m sous le TN,
- Le niveau -1 (Palier) à environ 11m sous le TN,
- Le niveau -2 (Mezzanine) à environ 17m sous le TN,
- Le niveau -3 (Quais) à environ 24m sous le TN.

La gare accueillera des commerces et services (dont VELIGO, service de stationnement collectif fermé des vélos).



Profil en travers longitudinal de la gare de Vitry Centre (Source : Société du Grand Paris)

3.1.9.3 Correspondances et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La gare de Vitry Centre ne comporte pas de correspondance avec un mode lourd de transport

b. Intermodalité

Il est prévu de gérer les différents flux par la création d'un plateau traversant sécurisé au niveau de la station de tramway T9 sur le modèle de la station 'Cité Universitaire' du tramway T3, à Paris. Une attention particulière a été apportée à l'accès à la gare. Les voyageurs se rendant de la station de tramway (40% des flux) ou de la ville (60% des flux) vers la gare, empruntent le plateau sécurisé autour des quais pour rejoindre le parvis de la gare.

Les temps de parcours estimés du milieu de quai T9 au milieu de quai GPE est estimé 3.48 min.

c. Réseau bus

Au-delà de la ligne 183 qui sera supprimée à la mise en service du tramway, trois lignes de bus traversent le secteur : 172, 180, 132. Le positionnement des arrêts de bus est à l'étude. Des arrêts seront prévus à proximité du plateau traversant face à la gare du GPE (études en cours, MOE T9).

d. Vélos

Deux espaces de stationnement pour vélos seront positionnés au droit de l'émergence dans l'emprise du bâtiment gare donnant sur le parvis :

- Des abris Véligo de 60 places sur le parvis.
- Une consigne sécurisée Véligo de 40 places dans la gare.

Des pistes cyclables seront créées sur l'avenue Maximilien-Robespierre (RD5) dans le cadre du projet de tramway T9.

e. Véhicules particuliers, stationnement

Quatre parcs de stationnement ont été recensés dans un périmètre de 500 m autour de la future gare, dont un dépend d'un supermarché. Ils sont exploités par la SEMISE, société d'économie mixte à Vitry-sur-Seine. Le projet de requalification du boulevard (RD5) devra prévoir des places de stationnement PMR à proximité de la gare et de son parvis.

Actuellement, une station de taxis est située à proximité de la mairie. Le projet de la requalification du boulevard (RD 5) dans le cadre du projet de tramway T9 prévoit la reconstitution de place pour les taxis. Une aire de dépose-reprise et un espace de stationnement pour des véhicules en autopartage pourraient également être créés.

3.1.9.4 Processus de construction

La méthode constructive retenue est celle d'un bâtiment voyageur accolé à un puits de descente constitué d'un ouvrage réalisé à ciel ouvert à l'abri de parois moulées.

La séquence constructive de la gare se dissocie en plusieurs zones de travaux réalisées suivant des méthodes différentes :

- Zone infrastructure ciel ouvert : structure réalisée à ciel ouvert, impactant donc les emprises du parc du Coteau ;
- Zone infrastructure souterraine : partie souterraine sous le parc des Découvertes, réalisée sans porter atteinte aux emprises aériennes du parc ;
- Zone bâtiment voyageurs (BV) : zone qui peut elle-même être subdivisée en deux secteurs avec un premier secteur de services regroupant les locaux d'exploitation de la gare, et un second correspondant à un couloir d'accès du parvis extérieur vers le secteur de services ;
- Zone parc : zone réaménagée à la suite des travaux de la gare.

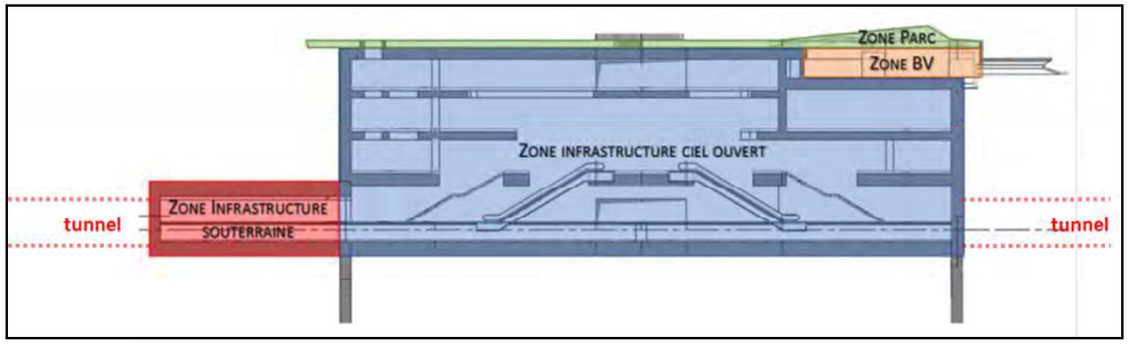


Schéma des zones de travaux selon les méthodes utilisées
(Source : Société du Grand Paris)

Une première étape de travaux préparatoires est nécessaire, elle comprend la déviation de réseaux, la mise en place de la zone de chantier sur une partie du parc, des démolitions de bâtiments existants.

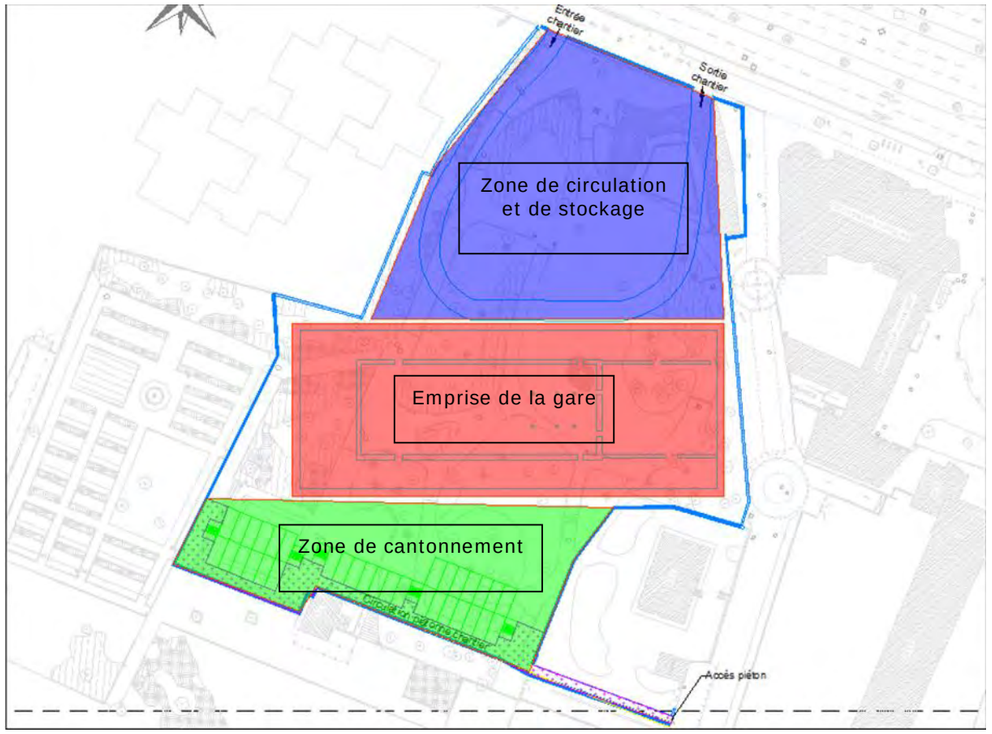
La réalisation de la gare se déroule par étape. La gare de Vitry-Centre est réalisée en tranchée couverte « couverture première » à l'abri de parois moulées. La méthode des parois moulées ainsi que celle de « tranchée couverte couverture première » sont détaillées dans le chapitre « Réalisation des gares par méthode dite des parois moulées » de la présentation du projet.

Le phasage de construction de la gare de Vitry-Centre est donc le suivant:

- Réalisation de la paroi moulée ;
- Réalisation de la dalle de couverture ;

- Réalisation des dalles niveau Hall et mezzanine ;
- Réalisation du radier de la gare une fois arrivé en fond de fouille ;
- Réalisation d'un bouchon d'injection pour l'arrivée du tunnelier ;
- Réalisation de la partie souterraine ;
- Passage du tunnelier.

Les travaux de finition comprennent notamment la réalisation des quais, des escaliers et de la dalle mezzanine.



Zonage de l'emprise chantier de la gare de Vitry Centre

3.1.10 Gare Les Ardoines

3.1.10.1 Localisation et contexte urbain actuel

La future gare s'implante au droit de l'actuelle gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine, dans le département du Val-de-Marne.
La gare actuelle est desservie par les trains de la ligne C du RER ainsi que par les lignes de bus 182 et N133 (ligne nocturne). Elle est également une gare de passage pour l'ensemble du trafic TER, Grandes Lignes (Intercités, Téoz) vers le centre et le sud- ouest et les trains de nuit (Lunéa, Elipsos).

Le site souffre de coupures urbaines importantes. Dans le secteur de la gare l'importance du faisceau ferré et le manque de franchissements créent une vraie rupture entre quartiers Est et Ouest. La gare dessert un tissu urbain varié - industriel à l'est et pavillonnaire à l'ouest - voué à se transformer avec le projet d'intérêt national « Orly Rungis Seine Amont », dont fait partie le projet de la ZAC Gare Ardoines, qui se construira progressivement autour de la gare existante.

Le projet d'intérêt national « Orly Rungis Seine Amont », dont fait partie le projet de la ZAC « Gare Ardoines » s'étend sur 49 hectares et vise essentiellement la reconversion d'un territoire marqué par un passé industriel, son désenclavement et le développement des activités (secteur des biotechnologies, cluster eaux-milieux-sol, éco-construction). Cette reconversion s'effectuera principalement par une restructuration et une densification urbaine. La requalification des espaces industriels permettra d'optimiser l'implantation des activités et de tendre vers une utilisation plus durable du territoire. En outre, ce projet, situé sur un nœud de communication, prévoit la construction de 100 000 m² dont environ deux tiers dédiés au tertiaire. Le secteur représentera environ 21 300 emplois et 4 200 logements.



Insertion de la gare des Ardoines (Source : Société du Grand Paris)

D'importantes transformations auront lieu au cœur du projet de la ZAC Gare Ardoines :

- la création de la gare Grand Paris Express en interconnexion avec le RER C,
- la réalisation d'un franchissement des voies ferrées par un pont (projet du Conseil départemental 94) intégrant le transport en site propre TZen,
- la valorisation des halles SNCF permettant d'enclencher une dynamique métropolitaine de part et d'autre du faisceau ferré,
- la reconfiguration des activités ferroviaires RFF et SNCF (projet de création d'une 6ème voie et élargissement des quais existants).

Cette dynamique répond aux besoins de développement et de diversification de la ville par la création de logements, d'activités, d'emplois, d'équipements et de services de la ville et de la région.

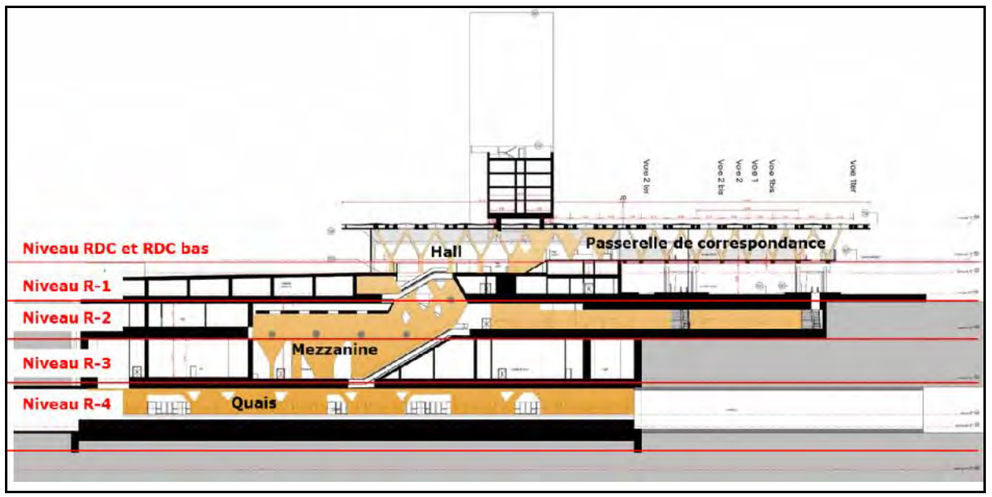
3.1.10.2 Le projet de gare

L'accès à la gare depuis toutes les directions et depuis les autres modes de transport, Tzen, réseau de bus, est facilité. Les ruptures de niveaux à l'intérieur de la gare sont minimisées. La gare a une emprise au sol de 4 022 m^2 pour une surface de terrain de 13 500m^2. Elle s'organise dans un simple volume parallélépipédique, qui réunit les espaces GPE et SNCF.

Il est important de souligner le double accès au réseau RER, un accès haut direct depuis la ville et un accès souterrain pour la correspondance. Cette disposition raccourcit le temps d'accès aux quais des voyageurs et permet de soulager les flux au niveau de la correspondance souterraine.

La gare sera constituée de 5 niveaux destinés à l'accueil et au déplacement du public.

- Le niveau RDC haut (42 ,78 NGF) avec un accès direct depuis le futur franchissement des voies ferrées, regroupe autour du hall de la gare SNCF, la zone de vente de billets et la ligne de contrôle,
- Le niveau RDC bas (39,90 NGF), avec son vaste hall, distribue les accès vers les deux réseaux de transport. Il accueille sur sa périphérie la vente des billets GPE, l'accueil des voyageurs, un point multiservice et un commerce. Au centre le puits d'accès aux quais,
- Le niveau R-1 - palier (38,62 NGF) est un espace intermédiaire entre le hall et le puits d'accès au niveau de la correspondance souterraine et aux quais du GPE,
- Le niveau R-2 (34,90 NGF) de la correspondance dispose d'un vaste espace d'échange, situé dans l'axe du couloir de correspondance et des remontées mécaniques en provenance des quais,
- Le niveau R-3 mezzanine (+28,32 NGF et +18,14 NGF) réunit les flux en provenance des deux quais dans un vaste espace double hauteur qui oriente les voyageurs vers la correspondance ou la sortie, ou inversement pour distribuer les flux rentrant vers les deux quais,
- Le niveau R-4 (+11,10 NGF) des quais comporte une zone libre de tout équipement pour le stationnement et le déplacement des voyageurs et une zone contigüe intégrant les escaliers mécaniques, les escaliers fixes et quelques locaux techniques.

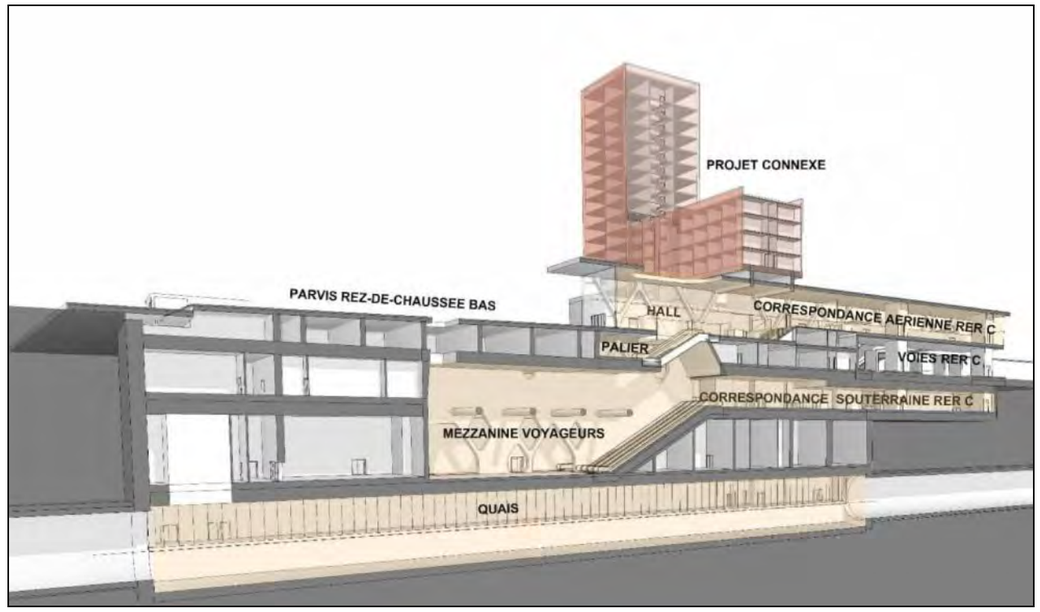


Profil longitudinal de la gare des Ardoines (Source : Société du Grand Paris)



Vue depuis la mezzanine (à gauche) et depuis le hall (à droite)
(Source : Société du Grand Paris)

Au niveau de cette gare, il est prévu la réalisation d'un projet connexe en surplomb de la gare regroupant des logements étudiants et une résidence « service ».



Vue à titre indicatif de la gare et du projet connexe possible
(Source : Société du Grand Paris)

3.1.10.3 Correspondances et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

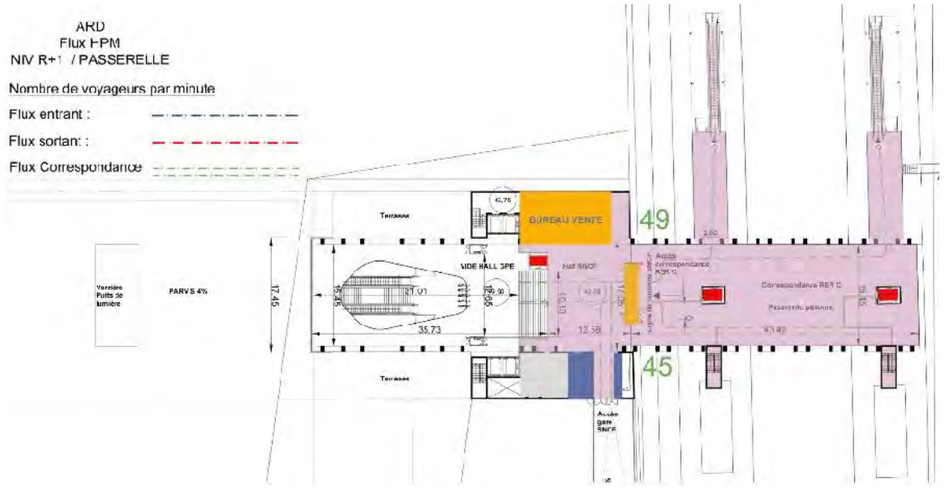
La gare du GPE est en correspondance directe avec le RER C. Il y a deux niveaux de correspondance :

- le niveau R+1 (Rez-de-Chaussée haut) où l'accès au RER C depuis la ville se fait de plain-pied depuis le parvis par une passerelle aérienne qui passe sur les quais ;

- le niveau R-2 (Salle d'échange) où la correspondance au RER C se fait directement depuis le réseau du GPE par un passage souterrain qui passe sous les quais.

72 % des voyageurs de la ligne 15 Sud sont en correspondance avec le RER C. Le temps de correspondance s'établit à 4 mn 40 s.

Un cheminement UFR (usagers en fauteuils roulants) est prévu pour accéder à chaque niveau de correspondance depuis le parvis.



Plan de correspondance avec le réseau RER C, flux HPM - gare Les Ardoines – VPA

b. Intermodalité

Une étude de pôle sera prochainement lancée pour affiner le programme d'aménagements autour de la gare.

c. Réseau bus

Au stade d'avancement des études de la ZAC l'implantation du pôle bus n'est pas encore arrêtée. Ce pôle bus serait implantée au nord du parvis avec des arrêts sur la rue Léon Geoffroy. Le Tzen marquera son arrêt sur le nouveau franchissement. Le positionnement de ces équipements permettra de positionner les aires de dépose-reprise, taxi et éventuellement auto partage.

d. Vélos

Le programme de la ZAC prévoit l'aménagement de pistes cyclables pour les accès à la gare. Les abris et consignes vélos seront implantés au sud-est, entre le parvis d'entrée de la gare SNCF et celui du GPE le long de la rampe du franchissement qui supportera la piste cyclable.

La consigne de 40 vélos s'insérera dans un volume fermé sous le parvis d'entrée de la gare SNCF. Une rampe à faible pente permet d'y accéder depuis le parvis d'entrée de la gare GPE. Un abri pour 20 vélos y est implanté.

En fonction du positionnement du pôle de bus au nord, d'autres abris pourront être créés à proximité.

e. Véhicules particuliers, stationnement

Le parking de la gare existant a une capacité de 400 places environ. L'EPA ORSA envisage de créer un parking sous la culée du pont et un autre sous le parvis.

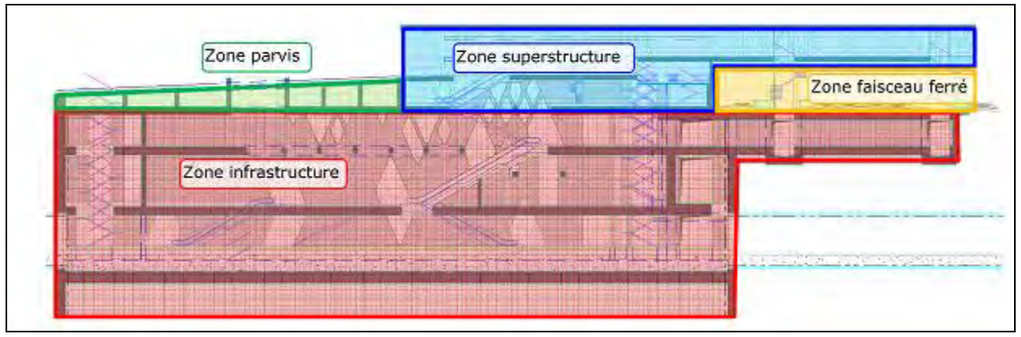
3.1.10.4 Processus de construction

L'implantation de la gare est liée à de nombreuses contraintes :

- Prise en compte de l'évolution de la gare ferroviaire des Ardoines : élargissement des quais et création d'une future 6ème voie,
- Insertion de la gare sur la future Place de la gare en minimisant les impacts sur la voirie,
- Niveau du rail lié au passage du tunnelier sous les voies du faisceau ferroviaire,
- Passage de la voie de raccordement au SMI au sein de la gare,
- Interface avec le pont de franchissement du RFN voulu par l'EPA ORSA,
- Prise en compte des contraintes liées au projet urbain (en particulier la modification du niveau du terrain naturel).
- Prise en compte du risque inondation lié à la proximité avec la Seine.

Avant le démarrage des travaux de Génie Civil, une série de travaux préalables sont nécessaires :

- Démolition des hangars existants,
- Dépollution éventuelle des sols,
- Opération éventuelle de dépollution pyrotechnique
- Dévoiement des réseaux concessionnaires (poste ERDF),
- Pose de l'instrumentation nécessaire à l'auscultation des voies ferrées.



Zonage structurel de la gare (coupe transversale)

Phases des travaux :

Les principaux travaux de génie Civil seront réalisés suivant la séquence suivante :

- Travaux de génie civil - infrastructure
  - Phase 1 : travaux spéciaux d'injection et de soutènement dans la zone Est prioritaire,
  - Phase 2 : travaux de soutènement, terrassement et réalisation du radier dans la zone Ouest (en parallèle du chantier du passage souterrain côté Est),
  - Phase 3 : libération de l'emprise SNCF et terrassement à ciel ouvert. Travaux à ciel ouvert dans la zone Est (réalisation des voiles tout hauteur, de la dalle de la mezzanine 1, 2 et palier), travaux en sous-œuvre côté Ouest (réalisation des voiles toute hauteur, et parties des dalles non réalisées).
- Travaux de Génie Civil – Passerelle d'accès
  - Phase 4 : Préfabrication et poussage de la passerelle de correspondance métallique.
- Travaux de Génie Civil - Superstructure
  - Phase 5 : Réalisation de la partie aérienne.

Le chantier de génie civil se déroule avec une contrainte majeure : la libération d'une zone pour des travaux SNCF. De ce fait, un phasage priorisant la zone SNCF, pour la réalisation de l'ouvrage ripé sous voies, est mis en place.

3.1.11 Gare Le Vert de Maisons

3.1.11.1 Localisation et contexte urbain actuel

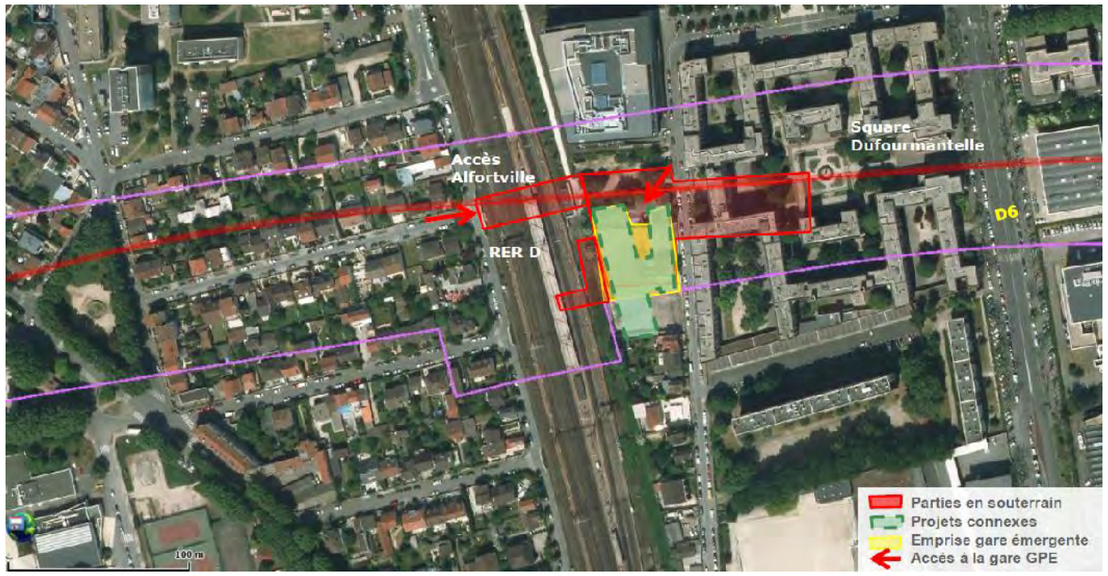
La future gare de Vert de Maisons se situe en limite des communes d'Alfortville et de Maisons Alfort. Elle occupe une partie du parvis de la gare RER D existante, dont elle assure la correspondance. L'implantation retenue permet une desserte optimale des deux communes.

Le faisceau ferroviaire existant supporte les voies de la Ligne à Grande Vitesse (LGV) Paris-Lyon-Marseille, des TER Bourgogne, des Corail Inter cités, ainsi que celles du Transilien R et du RER D. Il se situe à environ 5 m au-dessus du terrain naturel, ce qui a pour conséquence une importante coupure spatiale entre les deux communes.

La gare dessert un tissu urbain mixte et constitué de grands ensembles à l'Est et pavillonnaire à l'Ouest. A ce titre, il s'agit d'une gare de centre-ville, qui a pour objectif d'améliorer la desserte des quartiers résidentiels et de reconnecter les tissus urbains. Elle a pour ambition de renforcer l'attractivité et le dynamisme du quartier de Vert-de-Maisons par l'implantation d'activités tertiaires sur la gare et commerciales sur le parvis.

À proximité immédiate du site, plusieurs éléments marquants qui forgent l'identité du lieu peuvent être identifiés :

- À l'Est, le square Dufourmantelle, ensemble d'Habitation à Bon Marché des années 1920 dont la qualité architecturale en fait encore aujourd'hui une référence en matière de logement social. Au cœur de cet ensemble classé à l'inventaire des Monument Historiques, une jolie cour carrée, bien proportionnée et aux aménagements paysagers très géométriques, offre un espace de promenade et de jeu qualitatif,
- Au Nord, un bâtiment tertiaire récent dont les hauteurs et le traitement des façades s'harmonise avec ceux du square Dufourmantelle,
- Au Sud, un pavillon et des terrains disponibles qui permettront la construction de la gare et du projet connexe,
- À l'Ouest, le passage souterrain qui relie Maisons-Alfort à Alfortville donne accès aux quais du RER D. Dans le cadre des aménagements du parvis de la gare, la « coulée verte » qui longe actuellement les voies ferrées se prolongera vers le sud. La SNCF propose d'intégrer dans le talus - de part et d'autre de l'entrée du souterrain - les locaux nécessaires au fonctionnement de la gare du RER D.



Insertion de la gare Le Vert de Maisons (source : Société du Grand Paris)

3.1.11.2 Le projet de gare

La gare en alignement sur le front urbain de l'avenue de la Liberté est couplée avec l'immeuble de bureaux connexe. Elle s'en distingue formellement par un volume en avancée sur le parvis qui crée l'effet de baïonnette qui relie visuellement le porche d'entrée du Square Dufourmantelle à l'accès au passage souterrain. Par cet effet le parvis se trouve divisé en trois zones différenciées par l'orientation du calepinage du revêtement de sol en pierre :

- A l'Est, une zone qui intègre le passage des voitures et le traitement paysagé de l'entrée du square Dufourmantelle,
- Au centre, une zone qui oriente les voyageurs vers l'entrée de la gare ou vers les commerces placés en vis-à-vis,
- Au fond, une zone qui met en scène la nouvelle façade de la gare du RER D et du passage souterrain.

S'agissant du bâtiment, au nord la façade d'entrée principale est largement ouverte sur le parvis. Elle est couronnée par un débord de toiture important qui la protège des intempéries et qui intègre le nom de la gare. A l'est, la façade des accès techniques et logistiques qui donnent sur l'avenue de la Liberté forme un socle homogène habillé d'une vêture métallique qui assoie l'aile des bureaux bardée de terre cuite. Les percements dans la façade de terre cuite sont similaires en proportion à ceux des logements HBM et s'harmonisent avec ceux de l'immeuble de bureaux contemporain situé en vis-à-vis du parvis. La façade ouest qui borde la « coulée verte » et la voie ferroviaire est traitée de façon identique à la façade est : opaque, elle intègre la majeure partie des sorties de secours de la gare. La façade de l'immeuble de bureaux est composée d'un mur-rideau en double peau formant écran aux bruits des trains. La façade Sud de l'immeuble de bureau intègre un volume largement vitré pour le hall d'entrée.

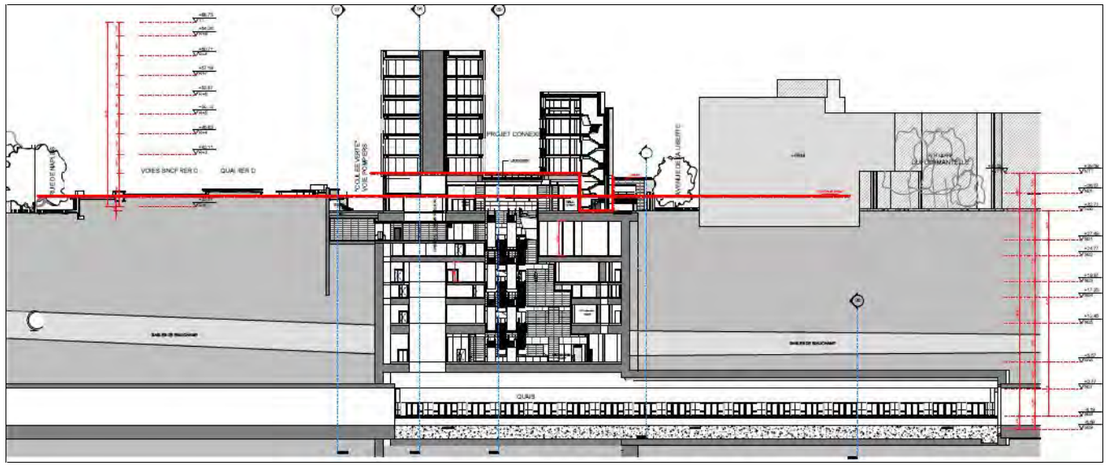


Vue de l'entrée de la gare depuis le parvis

Compte tenu de la surface de terrain constructible et de la profondeur des quais (à -36,96 mètres), la gare s'organise sur plusieurs niveaux, dans un volume très compact.

Les niveaux fonctionnels de la gare sont répartis de la manière suivante :

- Niveau+1 mezzanine hall : locaux du personnel accessible aux handicapés (vestiaires, sanitaires, salle de détente), bureau, infirmerie et plenum technique de dévoiement des gaines de désenfumage/ventilation dans le projet connexe
- Niveau RDC hall-parvis : accès à la gare et passage piétons vers Alfortville,
- Niveau Entresol couloir de correspondance avec le RER D,
- Niveau R-1 salle d'échange et de correspondance avec le RER D,
- Niveau R-2 paliers intermédiaires escalators,
- Niveau R-3 paliers intermédiaires escalators,
- Niveau R-4 mezzanine voyageurs: Cet espace de distribution des quais est une zone hors sinistre compartimentée,
- Niveau R-5 palier d'accès à la mezzanine voyageurs,
- Niveau R-6 quais: sorties de secours par escaliers encloisonnés donnant accès directement à l'extérieur.



Coupe transversale de la gare du Vert-de-Maison (Source : Société du Grand Paris)

Pour cette gare, il est prévu un projet connexe constitué d'un bâtiment tertiaire superposé à la gare composé de deux ailes reliées entre elles par un noyau central :

- L'une, parallèle au faisceau des voies ferroviaires, a une hauteur de 31,72 m en rive (R+7) et une épaisseur de 18 mètres ; le denier niveau desservi est à 27,20 m (<28 m),
- L'autre, à l'alignement des immeubles de l'avenue de la Liberté, a une hauteur 20,40 m en rive (R+ 4) et une épaisseur de 12 mètres. Identique à celle du monument historique (HBM).



Vue depuis le Square Dufourmantelle avec le projet connexe (visuel à titre indicatif)

3.1.11.3 Correspondances et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

Il y a deux niveaux de correspondance :

- Le niveau RDC où la correspondance au RER D se fait directement depuis la ville par le passage souterrain qui donne accès aux quais et aussi à Alfortville
- Le niveau R-1 (Salle d'échange) où la correspondance au RER D se fait directement depuis le réseau du GPE par un passage souterrain qui passe sous la « coulée verte » et sous les quais.

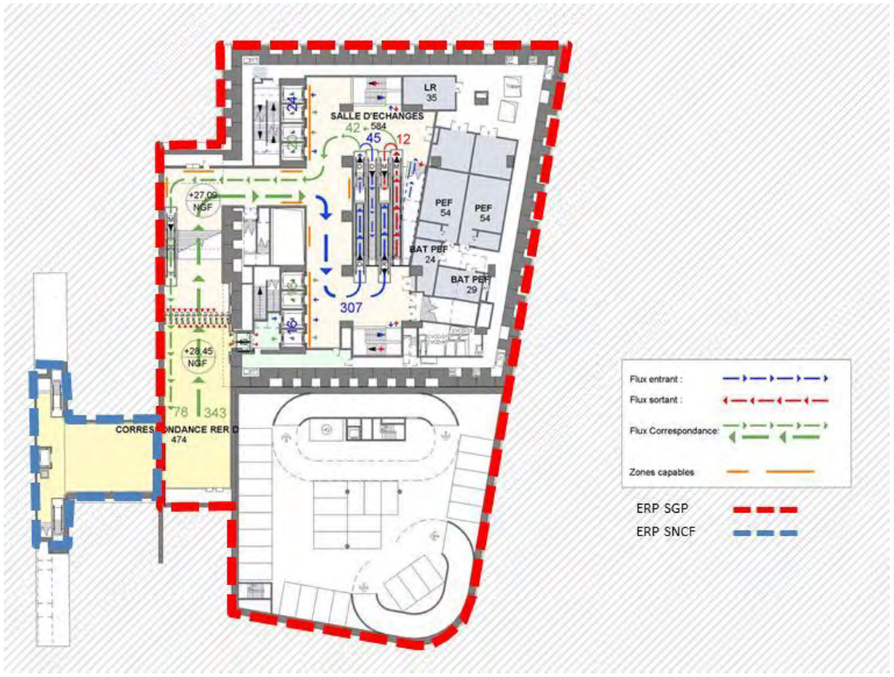
81 % des voyageurs de la ligne 15 Sud sont en correspondances avec les modes lourds.

Le temps de correspondance avec le RER D s'établit à 4 mn 32 s.

Les largeurs du couloir de correspondance et des circulations verticales aux quais ont été définies par RFF.

Le besoin en appareils de contrôle, défini par RFF, est de 11 appareils standard et 2 appareils élargis.

Un cheminement UFR (usagers en fauteuils roulants) est prévu pour accéder à chaque niveau de correspondance depuis le parvis.



Plan de correspondance avec le réseau RER D gare de Vert de Maisons

b. Réseau bus

Un travail d'amélioration de la desserte par le mode bus de la future gare sera entrepris dans le cadre de l'étude de pôle envisagée.

Il sera notamment étudié la possibilité de rapprocher de la gare les arrêts des lignes 181 (côté Maisons-Alfort) et 103 (côté Alfortville) afin de réduire les temps de correspondance.

Les évolutions d'offre proposées seront également prises en compte à l'issue de la démarche de restructuration des réseaux de bus pilotée par le STIF.

c. Vélos

La piste cyclable intégrée aux aménagements de la « coulée verte » sera prolongée vers la gare. Les abris et consignes vélos seront implantés le long de la « coulée verte », entre le talus SNCF et l'ensemble gare/projet connexe proche de l'entrée de chaque gare.

La consigne de 40 vélos sera intégrée à la gare et donnera directement sur la piste cyclable. Un abri pour 50 vélos sera intégré en face dans le talus. 30 emplacements supplémentaires seront aménagés côté Alfortville.



Plan de localisation des abris vélos et de la piste cyclable. Gare de Vert de Maisons

d. Véhicules particuliers, stationnement

La gare ne dispose pas actuellement d'une offre de stationnement en parc relais.

Un parking souterrain de 196 places environ est prévu pour l'immeuble de bureau connexe.

Un parking de 10 places pour le stationnement des motos est prévu contre le mur pignon du bâtiment qui accueille les commerces.



Plan de localisation des places de stationnement. Gare de Vert de Maisons

e. Autre réseau ou autre mode de transport

Pour les autres réseaux d'intermodalité, il existe :

- 1 dépose-minutes avec une borne taxi, sera aménagée le long de l'avenue de la Liberté proche de l'entrée de la gare du GPE ;
- 10 places pour deux roues motorisées.

Des espaces seront aménagés pour accueillir le stationnement de véhicules en auto partage.

3.1.11.4 Processus de construction

L'emprise chantier est divisée en deux zones :

- La zone des travaux principaux est située sur le parvis de la gare existante et sur les parcelles de l'ancien projet SERCIB. Sa surface est de 6 190 m²,
- Une seconde zone déportée au nord (surface 1 750 m²), rue de Rome, avec les installations de base vie.

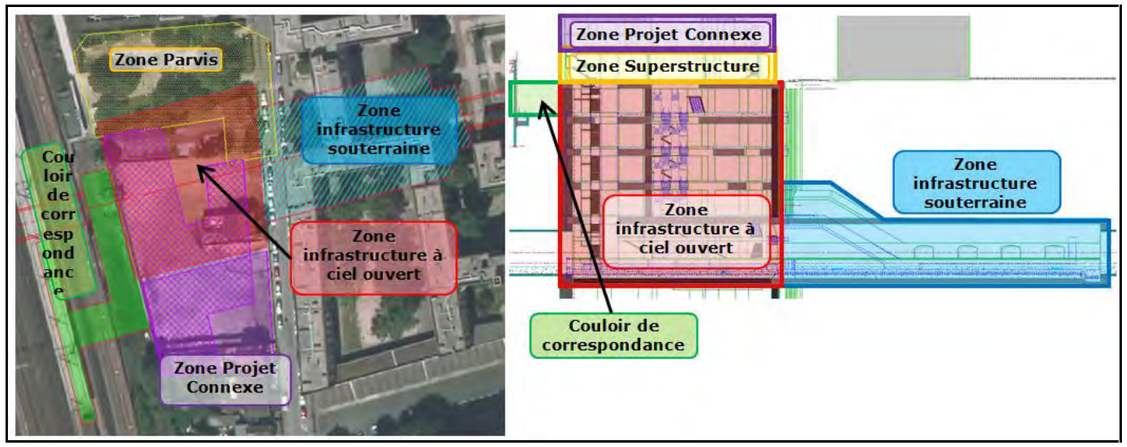
Avant le démarrage des travaux de Génie Civil, une série de travaux préalables sont nécessaires :

- Démolitions des bâtiments existants,
- Dépollution des sols,
- Dévoiement des réseaux concessionnaires,
- Pose de l'instrumentation nécessaire à l'auscultation des voies ferrées.

Phases des travaux :

- Installation de chantier et travaux spéciaux :
  - Remblaiement d'une plate-forme le long des voies du RFN
  - Réalisation des parois moulées (avec des panneaux de 3 m) le long des voies du RFN,

  Injection de prétraitement des marnes et caillasses au droit des parois moulées
- Réalisation des parois moulées périmétriques et préfondés/barrettes :
  - Réduction de la rampe si nécessaire pour faire les parois moulées en T,
  - Parois moulées de la boîte gare,
  - Réalisation de 18 préfondés.
- Travaux spéciaux :
  - Forage et réalisation de la jupe injectée dans les calcaires grossiers.
- Terrassement et bétonnage, travaux spéciaux :
  - Terrassement et réalisation de la dalle de couverture,
  - Terrassement niveau R-1 et Dalle R-1 puis niveau R-2 et Dalle R-2,
  - Démolition de la paroi moulée et réalisation des 2 galeries d'injection sous sas en parallèle par passes de 1,40 m avec blindage et béton projeté,
  - Terrassement niveau R-3 et Dalle R-3 puis niveau R-4 et Dalle R-4,
  - Terrassement et pose de 2 lits de butons avant d'atteindre le fond de fouille,
  - Forage de micropieux pour reprendre les sous-pressions, sur 1/3 de la surface du radier,
  - Réalisation du radier et dépose des lits de butons.
- Travaux souterrains – Réalisation de la section souterraine :
  - Réalisation des culées basses puis hautes (terrassement avec blindage et béton projeté puis bétonnage en reculant),
  - Réalisation du four (terrassement avec blindage et béton projeté),
  - Réalisation des abattages latéraux (terrassement par passes avec bétonnage de la voûte toute largeur à l'avancement),
  - Terrassement puis clouage du stross.
- Réalisation du couloir de correspondance :
  - Terrassement du remblai restant,
  - Réalisation de la dalle de couverture,
  - Terrassement en sous-œuvre et démolition des parois en T,
  - Injection du bouchon d'entrée du tunnelier,
  - Réalisation du radier et du couloir de correspondance restant.
- Travaux de finalisation :
  - Passage tunnelier,
  - Réalisation des deux couloirs de liaison
  - Comblement des galeries d'injection sous sas,
  - Réalisation des voiles en remontant et découpe des préfondés.



Zonage structurel de la gare

3.1.12 Gare de Créteil l'Echât

3.1.12.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare de Créteil l'Echat se situe sur la commune de Créteil, dans un environnement étalé et fragmenté à dominante minérale. Elle s'inscrit dans une stratégie de connexion de ces différents territoires très hétérogènes et disparates marqués par l'hôpital Henri Mondor et l'Université, des bâtiments de bureaux ainsi que le tracé du métro de la ligne 8.

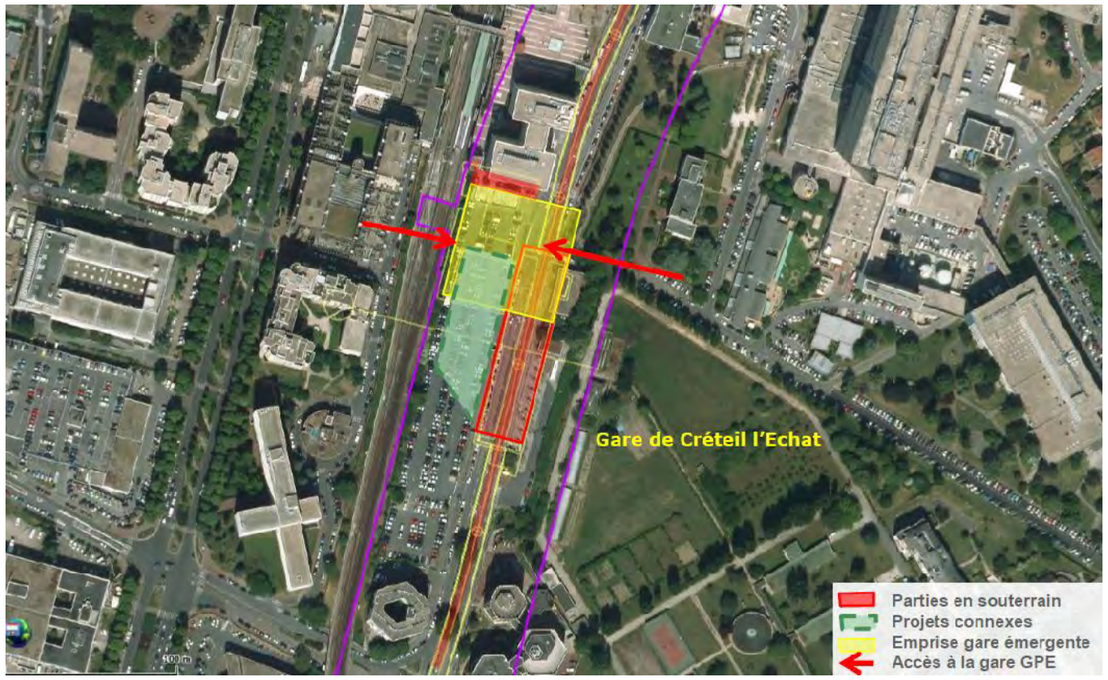
Le projet de la nouvelle ZAC de l'Echat, développé à l'Est de la rue Gustave Eiffel, offre au quartier une nouvelle dynamique urbaine, dans laquelle s'inscrit le projet de gare GPE. Ce dernier devrait également être un point de départ à une requalification diffuse du quartier, développée plus loin. La nouvelle gare de Créteil l'Echat joue le rôle de gare de nouvelle centralité, « pièce d'union » des différentes entités éloignées dans le quartier.

Le bâti environnant est composé essentiellement d'immeubles de bureaux ou de logements récents ou datant d'après-guerre en béton aux façades enduites ou en parements de béton préfabriqué ponctuées de balcons en verre ou métal. L'urbanisme est un urbanisme de dalle en béton où l'usage de la voiture est largement favorisé au détriment du piéton qui n'est pas à une échelle adaptée. L'hôpital Henri Mondor, un des plus grands centres hospitaliers de la région parisienne est également un élément hors d'échelle, l'importance de son emprise créant une importante rupture des continuités urbaines piétonnes dans l'agglomération, le quartier de l'Echât et la zone pavillonnaire de Champeval à l'Est constituée de petits pavillons de banlieue en R+1 ou R+2.

Toute la tranchée opaque formée par le percement du sillage du métro aérien génère de grands pans de murs en béton animés par des mises en peintures vieillissantes et datées visibles depuis les dalles et passerelles de liaison métalliques qui franchissent les voies.

Les abords de la gare de métro de l'Echat sont dotés d'un vaste parking de surface de 300 places adressé rue Gustave Eiffel. Ce parking est de conception ancienne et dégradé.

D'une manière générale, les projets connexes sont prioritairement développés en surplomb des émergences des gares mais peuvent s'étendre à quelques bâtiments mitoyens en fonction des différentes priorités morphologiques et programmatiques accordées aux futurs projets. C'est le cas de la gare de Créteil l'Echat à laquelle la SGP propose d'accoler un programme mixte (résidence étudiante, bureaux, Logements), qui répond au nouveau projet immobilier de l'Echât située en face de l'autre côté de la rue Gustave Eiffel. Les projets connexes accueilleront un parking de 380 places.



Insertion de la gare de Créteil l'Echat (source : Société du Grand Paris)

3.1.12.2 Le projet de gare

L'émergence de bâtiment voyageur décrit un U qui entoure le nouveau parvis de la gare de Créteil l'Echat. La forme de ce bâtiment est liée à la volonté de ramener une petite échelle, plus humaine au premier plan du parvis, avec un bâtiments qui se retourne autour des usagers de la place et vient ponctuellement les abriter et les protéger devant les deux grosses masses construites que représentent l'immeuble Solidarité et le futur projet connexe de résidence étudiante. Le projet connexe viendra s'implanter en surplomb de la partie du bâtiment voyageur en connexion avec la boite gare.

L'architecture de cette émergence gare sera une architecture légère, composée d'une structure métallique minimum et de façades rideaux transparentes destinées à laisser percevoir le passage des métros depuis le parvis de la gare.

La gare de Créteil l'Echât se décompose en cinq parties :

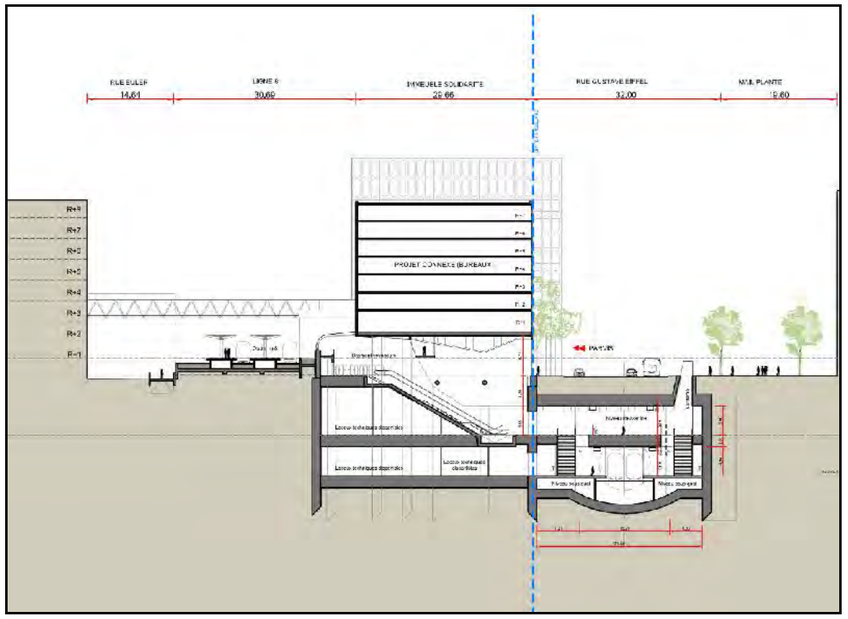
- la boîte quais, qui comprend :
    - o les quais 21 mètres environ sous le niveau du parvis,
    - o la mezzanine de desserte de ces derniers,
    - o un certain nombre de locaux techniques.
- la salle d'accès, qui correspond à l'extrémité sud de la salle d'échange de la gare SGP.
    - o Elle permet le passage de la ligne de contrôle qui la sépare de la salle d'échange proprement dite et donne accès aux escaliers qui desservent la boite quai.
    - o Elle abrite tant dans sa partie émergente que dans ses niveaux de sous-sol des locaux d'exploitation et des locaux techniques.
- La salle d'échange, largement ouverte sur le parvis. Elle possède une double façade vitrée qui permet une orientation visuelle simple et met en lien :
    - o Le parvis, la rue Gustave Eiffel et ses futurs aménagement,
    - o La rue Albert Einstein et ses futurs aménagement,
    - o La salle d'échange de la gare RATP de la ligne 8 et ses commerces,
    - o La dalle Felix Eboué et ses aménagements.
- Le lien de ville, couloir souterrain qui permet de mettre en communication la gare SGP avec la rue Albert Einstein, située de l'autre côté des voies RATP par rapport à la gare SGP,
- Les commerces qui se distribuent au nord et au sud du parvis.



Vue montrant l'organisation des espaces extérieurs avec le parvis et les circulations
(Source : Société du Grand Paris)

La gare de Créteil L'Echat s'organise suivant 4 niveaux répartis de la manière suivante :

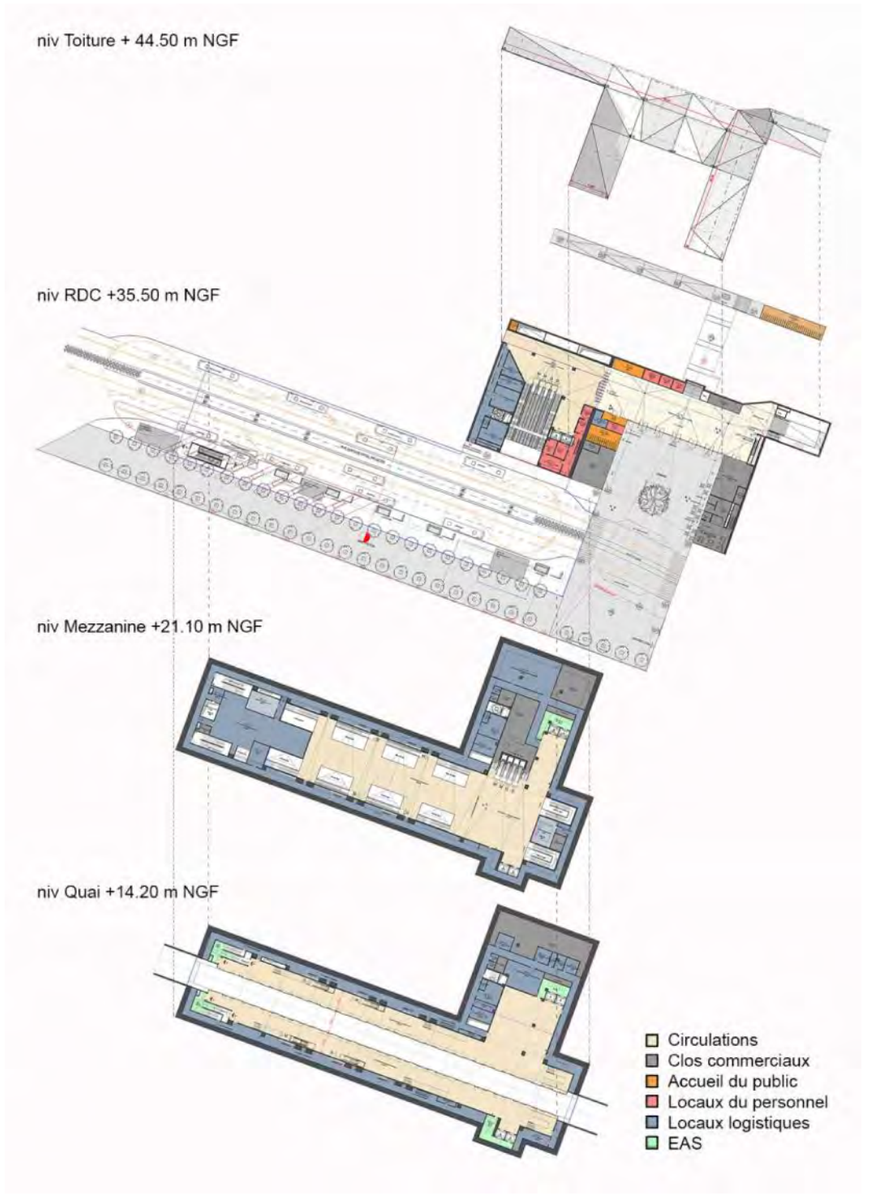
- Le niveau R+1 : Locaux sûreté - sécurité, commerces et services,
- Le niveau Parvis : Accès à la gare GPE depuis le parvis: espace voyageur GPE, ligne de contrôle GPE, accès handicapés, commerces et services. Accès à la station de métro de la ligne 8, accès au lien de ville et accès à la dalle Eboué. Locaux du personnel,
- Les niveaux Entresol et correspondances : Accès à la gare GPE depuis la rue Albert Einstein. Correspondance souterraine vers les quais de la ligne 8, ligne de contrôle accès de la ligne 8, locaux techniques,
- Le niveau Mezzanine Accès aux quais, locaux techniques,
- Le niveau quais : Quai direction La Défense et quai direction Noisy-Champ, locaux techniques.



Coupe transversale générale de la gare (Source : Société du Grand Paris)



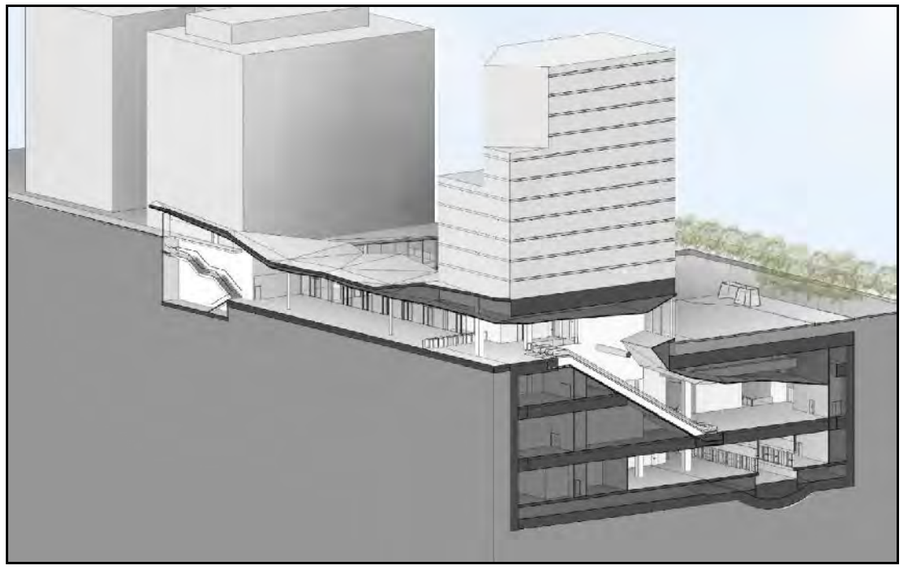
Vue depuis le parvis de la gare de Créteil l'Echat (Source : Société du Grand Paris)



Perspective mezzanine de définition des matériaux - ANMA, novembre 2014

Le projet de gare de Créteil l'Echat s'articule autour de plusieurs bâtiments situés sur l'emprise du parking existant et, pour partie, en surplomb de la salle d'accès à la gare. Une partie de ce programme est constituée des éléments suivants :

- Un bâtiment de logements étudiants essentiellement en surplomb de l'émergence de la gare, 6 000 m² environ,
- Un programme de logements libres, 6 000 m² environ,
- Un programme de bureaux, 6 000m² environ,
- Deux niveaux de stationnement, un niveau remplaçant le parking public de surface actuel, un niveau destiné au programme mixte décrit précédemment, soit environ 180 places par niveau.



Vue à titre indicatif de la gare et du projet annexe potentiel (Source : Société du Grand Paris)

3.1.12.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La correspondance avec la ligne M8 se fait en traversant le hall de la gare GPE puis en rentrant dans le réseau au niveau de la station de métro M8 existante par son accès actuel qui sera réhabilitée par l'exploitant RATP pour accueillir les effectifs du Grand Paris Express en correspondance.

Depuis le hall de la gare, le cheminement se fait par l'actuelle entrée existante composée d'un escalier fixe, d'un ascenseur PMR et d'un escalier fixe desservant la dalle Eboué.

Les calculs en dimensionnement définissent une largeur de l'escalier de 4.0m. Mais suite aux études des flux dynamiques, celui-ci sera élargi à 4.40m afin de limiter au maximum l'effet d'étranglement et les bouchons. L'ascenseur PMR et l'accès à la dalle Eboué seront conservés.

Cette correspondance avec la station de la ligne M8 se fera avec deux niveaux de contrôle au lieu d'un demandé dans le programme initial.

Le temps de parcours estimé est de 4 mn 31 s de quai à quai.

b. Intermodalité

La gare de Créteil l'Echat doit devenir un levier de requalification des continuités urbaines. Elle impulsera un nouveau maillage de l'espace public et organiser autour de lui la transformation d'un quartier discontinu. À Créteil l'Echat, les connexions qui seront réalisées au niveau de la gare sont de différentes natures en fonction des flux qui les empruntent ou des différents moments de la journée. Une étude de pôle sera prochainement lancée pour affiner le programme d'aménagements autour de la gare.

c. Réseau bus

La gare bus existante en épis sera démolie pour laisser place à un mail piéton qui longera la rue Gustave Eiffel et rejoindra la place traversante de la gare et la nouvelle entrée ouest de l'hôpital Henri Mondor. Un nouveau pôle bus, linéaire et de chaque côté de la rue Gustave Eiffel sera réalisé. Au plus proche du parvis de la gare, le pôle bus sera dotée, coté est, d'arrêts de bus mutualisés avec les puits de lumière qui éclairent la boite quai. Côté ouest, les arrêts de bus seront en interface avec le front bâti des projets connexes construits le long de la rue Gustave Eiffel.

Un nouveau local d'exploitation pour les conducteurs sera réalisé dans le bâtiment gare au niveau rez-de-chaussée. Il aura un accès dédié depuis la rue Gustave Eiffel.

Compte tenu de son implantation, le temps d'accès à la gare depuis la gare bus n'excédera pas les 2 minutes ; 5 minutes pour accéder aux quais du Grand Paris Express.

d. Vélos

Il est préconisé pour la gare de Créteil l'Echat de créer une capacité d'accueil de 80 places pour le stationnement de Véligo en consignes et de 40 places en abri.

Les Véligo ont été répartis sur plusieurs emprises :

- entre les lanterneaux de la rue Gustave Eiffel côté est,

- le long des voies de la RATP du côté de la rue Albert Einstein côté ouest.

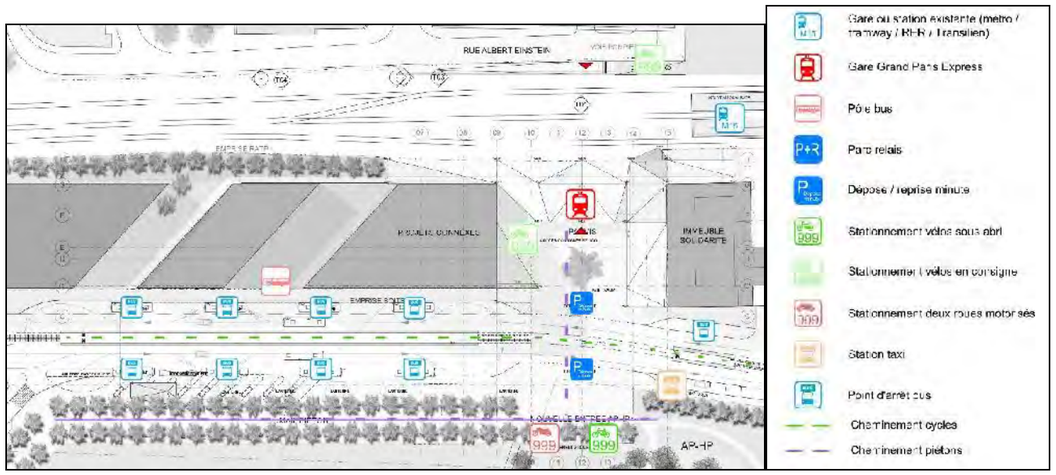
e. Véhicules particuliers, stationnement

Les abords de la gare de métro de l'Echat sont dotés d'un parking de surface de 300 places avenue Gustave Eiffel. Le nouveau pôle bus sera réalisé en partie sur l'emprise de l'actuel parking.

Le projet connexe qui viendra en partie en surplomb de la gare accueillera un parking souterrain de 380 places environ (places publiques/privatives).

f. Autre réseau ou autre mode de transport

Des places pour les taxis et pour les véhicules en auto partage sont aussi prévues aux abords du parvis.



Plan des aménagements intermodaux, gare de Créteil l'Echat

3.1.12.4 Processus de construction

Les grands principes du phasage de la gare de Créteil l'Echât sont les suivants :

- Déviation des réseaux concessionnaires
- Réalisation des bouchons d'entrée et sortie du tunnelier,
- Traitement préparatoire du sous-sol de la boite gare (Injections, Jet grouting, étanchéité)
- Réalisation des parois moulées, du terrassement de surface, de la dalle de surface et des jupes de la boite gare,
- Réalisation des parois moulées, des barrettes, du terrassement de surface, de la dalle de surface et des jupes de l'ouvrage d'accès,
- Terrassement des boite gare et ouvrage d'accès sous les dalles de surface et réalisation des différents planchers butons et radiers.
- Passage du tunnelier,
- Réalisation de la dalle de reprise du projet connexe en plancher haut du R+1 du l'ouvrage d'accès,
- Réalisation du bâtiment voyageur.

3.1.13 Gare de Saint-Maur Créteil

3.1.13.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare de Saint-Maur Créteil s'inscrit dans un secteur dense et contraint, à dominance pavillonnaire et marqué par une forte centralité urbaine.

Située au Nord-Ouest de la commune de Saint-Maur-des-Fossés, dans le Val-de-Marne (94), la gare de Saint-Maur Créteil joue un rôle de pôle intermodal de par sa proximité de la gare existante du RER A de Saint-Maur Créteil et du TVM (ligne de bus Trans-Val-de-Marne).

La gare, présentant une orientation Nord-Ouest/Sud-Est, est perpendiculaire aux voies ferrées du RER A (branche Boissy-Saint-Léger) et située au Nord des voies du RER A.

La boîte-quai est implantée au niveau du parvis de la gare du RER A. La gare est limitée :

- Au Nord par les habitions de la rue Bobillot, de type RDC à R+5,
- Au sud par des immeubles de bureaux situés en mitoyenneté du RER A (côté parvis),
- A l'Est par les bâtiments de commerce et services de petite à moyenne taille (R+3 à R+5) de la rue des Remises,
- A l'Ouest par les bâtiments mixtes de petite à moyenne taille (RDC, R+2, R+3 à R+6) de l'avenue Desgenettes.

La gare est positionnée sur un parvis déjà existant. Celui-ci est marqué par la présence d'un imposant immeuble de bureaux accolé au quai Nord de la ligne du RER A. Ces trois bâtiments ont fait l'objet d'une acquisition par la Société du Grand Paris et sont prévus d'être démolis avant le démarrage des travaux. Des émergences liées aux accès au parking souterrain, situé sous le parvis, sont également positionnées ponctuellement à la surface de la place.

La future gare est située aux abords directs de l'actuelle gare Saint-Maur-Créteil du RER A. Cette ligne relie Paris à Boissy-Saint-Léger. La gare de Saint-Maur – Créteil, réalisée en 1969, est constituée d'une plate-forme pour les voies et de quais reposant sur un tablier constitué par des poutrelles métalliques.



Insertion de la gare de Saint-Maur Créteil (Source : Société du Grand Paris)

L'étude préliminaire a développé un programme mixte aux abords de la gare. L'imposant immeuble de bureaux existant sera détruit au profit d'un ensemble composé de 7 000 m² de logements et 1 500 m² de commerces. Ces projets connexes devront être fragmentés de façon à respecter le tissu urbain de centre bourg et permettre ainsi des transparences et un apport de lumière direct sur la place.

3.1.13.2 Le projet de gare

La gare de Saint-Maur Créteil vient s'insérer dans un contexte urbain déjà constitué, dans un quartier dynamique de Saint-Maur-des-Fossés, et peut ainsi être qualifiée de « gare de proximité ». La gare doit s'insérer de façon harmonieuse sur une future place de centre de bourg redessinée.

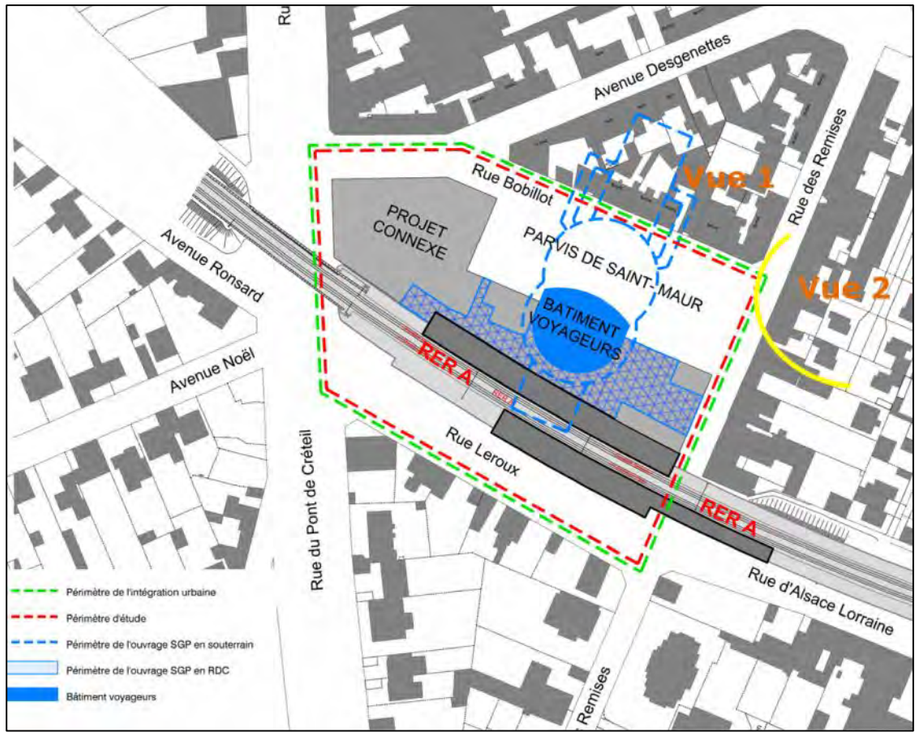
Axée au centre de la place, l'architecture de l'émergence doit renforcer et participer à cette appartenance à une place de proximité en retrouvant les petites échelles des commerces qui l'entourent. L'émergence gare est envisagée comme une halle de marché, avec une toiture en verrière qui laissera pénétrer de la lumière dans tout le volume de distribution du hall et agira comme une véritable fenêtre ouverte sur le transport et sur la ville.

Par ailleurs, la gare de Saint-Maur Créteil a également pour vocation de réconcilier les deux espaces morcelés par la coupure urbaine que constitue le RER A :

- Le centre-bourg au Nord de la butte des voies du RER A,
- Le quartier pavillonnaire et petits habitats collectifs au Sud-Est des voies.



Vue depuis le parvis de la gare de Saint Maur Créteil (Source : Société du Grand Paris)

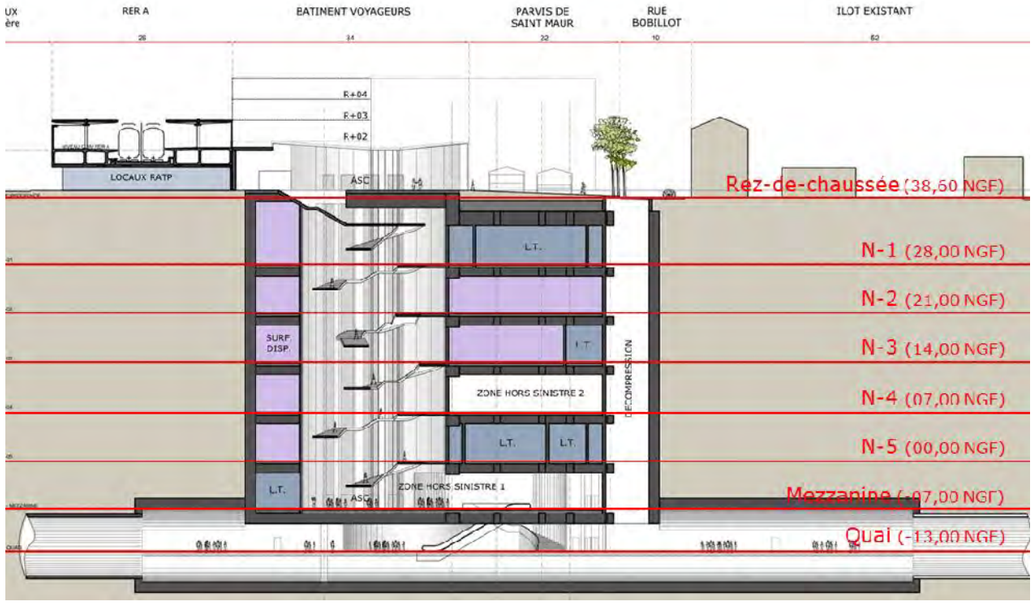


Insertion de la gare et du projet connexe dans son environnement (Source : Société du Grand Paris)

Le projet de gare profonde de Saint-Maur Créteil est composé de 9 niveaux (type R-8). Cette gare est d'une profondeur de 57,6 m :

- Le niveau hall de la gare (RdC) au niveau de la rue (niveau de référence, à 0 m (38,60 NGF),
- Le niveau R-1 à -10,60 m,
- Le niveau R-2 à -17,60 m,
- Le niveau R-3 à -24,60 m,
- Le niveau R-4 à 31,60 m,
- Le niveau R-5 à -38,60 m,
- Le niveau Mezzanine R-6 à -45,60 m,
- Le niveau quai R-7 à -51,60 m,
- Le niveau sous-quai, à -57,60 m (-19 NGF).

En provenance de la gare routière rue Leroux, les voyageurs accèdent au bâtiment gare par l'ancien lien de ville, longent les espaces d'accueil avant de pénétrer dans le hall du Grand Paris. Les voyageurs en provenance du Parvis de Saint Maur ont un accès dédié vers le Grand Paris au Nord. Enfin, les correspondants en provenance du RER A accèdent au bâtiment gare par une circulation dédiée.



Coupe longitudinale de la gare de Saint-Maur Créteil – projet gare profonde (Source : Société du Grand Paris)

Le projet intègre un projet immobilier connexe sans surplomb de part et d'autre du bâtiment voyageur. Composé de logements et commerces en RDC, celui-ci participe à renforcer l'intensité urbaine au cœur du parvis de Saint-Maur.



Vue du hall de la gare (Source : Société du Grand Paris)

3.1.13.3 Correspondances et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La création de la gare Saint-Maur Créteil, en correspondance avec la branche de Boissy-Saint Léger du RER A, améliorera significativement l'accessibilité des territoires du sud-est du Val-de-Marne et contribuera à la baisse de charge du RER A. Pour cela, l'objectif est d'assurer la meilleure correspondance avec le RER A.

Les mouvements majoritaires correspondent au parcours Paris (RER A) / La Défense (41%) et Boissy (RER A) / La Défense (17%).

Le bâtiment voyageurs au centre de la place est positionné au plus proche de la correspondance avec le RER A dont ses quais se situent à 44.40 NGF, soit + 5 m 80 par rapport au niveau RDC.

Sorti du Grand Paris Express, le correspondant passe une seule ligne de contrôle pour être conduit vers une circulation commune desservant dans un premier temps le quai du RER A en direction de Boissy et dans un second temps le quai du RER A en direction de Paris.

Pour des raisons architecturales cette circulation n'est pas réduite en fonction des flux, c'est pourquoi elle a été dimensionné au plus large en prenant en compte les flux entrants/sortants des deux quais.

Temps de parcours Quais GPE > Quais RER A

- Le temps de parcours moyen Quais GPE-RER A Paris est de 5 min 21 s.
- Le temps de parcours moyen Quais GPE-RER A Boissy est de 5 min 11 s.

b. Réseau bus

Le site de Saint-Maur Créteil est desservi par de nombreux réseaux de transports. La sortie sud de la gare s'ouvre sur un pôle bus comprenant le TVM. Ce pôle devrait à terme accueillir le prolongement du TVM vers Noisy-le-Grand Mont-d'Est. Par ailleurs, cinq lignes de bus traversent le secteur : 306,107, 317, 112, 111.

Actuellement, le pôle est éclaté et comprend 5 postes à quai.

La rue Leroux est réaménagée au profit du pôle bus. Le trottoir est élargi, le terre-plein central entre les voies de bus et RER est réduit.

Il conviendra de consolider cette proposition dans la suite des études en fonction des données programmatiques détaillées du STIF et de son réseau projeté.

c. Vélos

Un projet de pistes cyclables sur les bords de Marne est à l'étude (projet des berges à La Pie). Une consigne et un abri-vélo Véligo seront créés à moins de 70 m de la gare côté parvis.

Les demandes du Stif sont les suivantes :

- 80 places (abris),
- consigne : 160m²,
- réserve foncière : 100m².

L'abri-vélo sera à intégrer de part et d'autres de la gare de Saint-Maur.

d. Véhicules particuliers, stationnement

Quatre zones de stationnement ont été recensées autour de la gare de Saint-Maur Créteil :

- Rue Bobillot (pas de stationnement PMR existant) ;
- Rue Leroux (pas de stationnement PMR existant) ;
- Parking public reconstruit sous le parvis de Saint-Maur ;
- Parc de stationnement à l'angle de l'avenue Noël et la rue du Pont de Créteil.

Le parking existant est situé sous le parvis du marché. Les usagers y accèdent par deux rampes situées de part et d'autre du parvis. L'accès piéton est situé au milieu du parvis.

La création de puits pour la réalisation de la gare induit la démolition et la reconstruction d'un parking en lieu et place de l'ancien.

En phase chantier l'objectif est de restituer le plus de places publiques sur le site où à proximité de la gare. Les études ont montré une capacité de restitution de 110 places environ pendant les travaux.

A terme, le projet prévoit un parking de deux niveaux de part et d'autre des puits de la gare sous le parvis et le futur projet connexe. Il est recensé au total environ 240 places.

3.1.13.4 Processus de construction

Zone Ouest - côté rue du Pont de Créteil

1ère phase de démolition du parking et installations de chantier :

- Fermeture du parking RER – Saint Maur Créteil,
- Mise en place de l'étaiement de la dalle de couverture non impactée par la phase 1 de la démolition (étaiement sur les deux niveaux) afin de reprendre les charges liées aux machines de parois moulées et les charges liées au parking modulaire,
- Mise en place des bracons depuis la dalle du R-1 pour soutenir les parois périmétriques du parking (parois moulées côté RER A et parois berlinoises côté rue du Pont de Créteil et rue Bobillot),
- Démolition depuis la dalle de couverture, de la dalle du R-1 et de la dalle du R-2,
- Réalisation de la rampe d'accès au fond de fouille et installation de chantier.

Réalisation de la structure générale :

- Zone Nord (rue Bobillot) - hors de l'emprise du parking : 1ère phase de réalisation de la paroi moulée,
- Zone sud – parking : 2ème phase de démolition du parking et installations de chantier,
- Travaux entre parois moulées,
- Depuis niveau R-5 : Terrassement des deux lobes en plots alternés avec forages pour traitement d'étanchement de la Craie des parties voûtées nord et sud,
- Travaux souterrains de la gare souterraine nord puis sud,
- Fin des travaux de génie civil :
  - Réalisation de la rehausse des parois (voiles verticaux du R-1),
  - Réalisation de la dalle de couverture,
  - Travaux de finitions du génie civil (quais, poteaux, voiles, paillasses, etc.).

3.1.14 Gare de Champigny Centre

3.1.14.1 Localisation et contexte urbain actuel

Située sur la commune de Champigny-sur-Marne, la gare de Champigny-Centre présente une délimitation particulière :

- À l'Est, sa limite est matérialisée par une voie de fret ferroviaire. Implantée sur un talus qui traverse la vallée de la Marne du Nord au Sud, elle divise le territoire en deux, n'offrant que ponctuellement des « points de rencontre » pour assurer la continuité du réseau viaire grâce à des « ponts-rail ». Malgré la relative proximité de cette parcelle avec l'Hôtel de Ville (700 m), le talus, en surplomb de près de 10 m par rapport au terrain naturel, la distancie et l'isole du noyau central de Champigny,

- A l'Ouest, des bâtiments tertiaires et d'habitat collectif de petite à moyenne hauteur,

- Au Nord, le cimetière du Centre délimite la profondeur de la parcelle,

- Au Sud et à l'Ouest, un tissu urbain mixte associe pavillons particuliers, petits et moyens habitats collectifs, bâtis d'activités et de commerces. La gare s'installe ainsi dans un environnement peu dense, objet d'attention pour la collectivité en matière de valorisation et de densification urbaine.

Par ailleurs, la gare de Champigny-Centre constitue un point d'interconnexion entre les Lignes 15 Sud et 15 Est du Grand Paris Express.

La boîte gare de la Ligne 15 Sud se situe sous la RD4 (avenue Roger Salengro). L'accès à la gare se trouve sur la parcelle des services techniques de Champigny, acquise par la Société du Grand Paris pour y implanter la gare. Cette parcelle est à l'angle de la rue du Cimetière et de l'avenue Roger Salengro, elle est bordée à l'Est par les voies SNCF de Grande Ceinture et au Nord par le cimetière.

Au droit de la gare projetée, l'avenue Salengro, d'une largeur entre bâtis d'une trentaine de mètres, est bordée côté nord par une contre-allée, des trottoirs, des arbres et du stationnement. Les immeubles sont de type R+6 avec un niveau de sous-sol (résidence de la Planchette), et des commerces et activités en rez-de-chaussée. Le côté sud de l'avenue est occupé par un trottoir, des arbres et des stationnements en épis. Les bâtis sont plus hétéroclites de ce côté : activités commerciales en rez-de-chaussée, immeubles de logement en R+5 à R+7, pavillons R+1 ou R+2. La chaussée comporte quatre voies de circulation.

En continuant vers l'Est, au-delà du pont-rail SNCF, de l'habitat résidentiel de type R+1 à R+4 occupe le côté Nord de l'avenue, alors que côté Sud, les immeubles sont plus variés : de R+1 à R+7. De chaque côté de la RD4, des commerces sont en rez-de-chaussée. A l'Ouest de la gare, les bâtis sont de hauteur modérée : R+1 / R+2, sauf en face du rond-point Jean-Baptiste Clément (R+6 et R+4 côté sud de la RD4). De nombreuses activités commerciales (concessionnaires automobiles, matériel médical…) sont positionnées de part et d'autres de la RD4. L'Est des voies fret SNCF de Grande Ceinture est actuellement occupé par l'Eglise Réformée.

Ce contexte urbain a pour conséquence une réalisation de la gare de Champigny-Centre sous forte contrainte, notamment au niveau de la largeur disponible pour implanter la boîte-quai sous l'avenue. En effet, la présence de bâtiment restreint celle-ci à 26 m.



Insertion de la gare de Champigny Centre (Source : Société du Grand Paris)

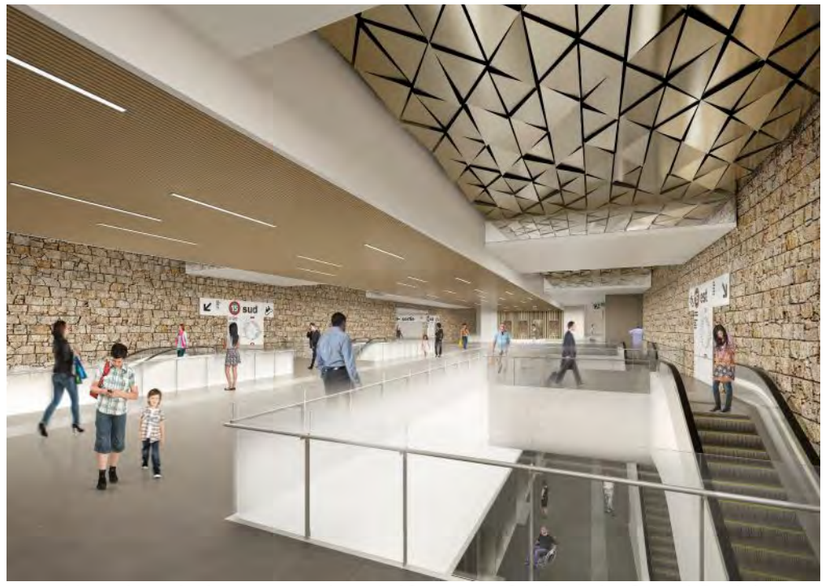
La gare du GPE est située à l'Ouest de deux voies de fret électrifiées situées sur une plate-forme en talus, à 10 mètres au-dessus du niveau de l'avenue Roger Salengro (RD4). Le franchissement de la voirie par les voies se fait au moyen d'un pont-rail en maçonnerie, réalisé fin 19ème siècle et modifié en 1947.

3.1.14.2 Le projet de gare

La gare de Champigny Centre s'inscrit dans un milieu déjà urbanisé, peu dense mais fortement contraint principalement par les bâtiments d'habitation au Sud de l'avenue Roger Salengro, qui contraignent la largeur de la gare en souterrain, et les voies ferrées de la SNCF à l'Est.



Perspective de la gare – Vue depuis l'Ouest (Source : Société du Grand Paris)



Vue depuis la mezzanine 1 (Source : Société du Grand Paris)

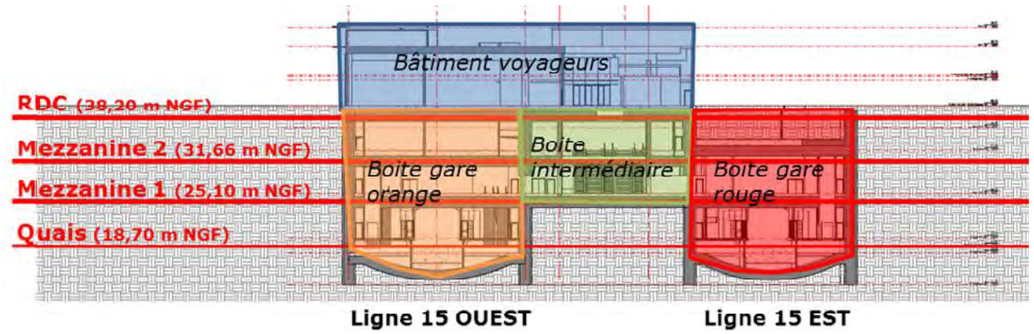
La gare de Champigny Centre se décompose en plusieurs parties :

- La boîte gare ligne 15 Sud. La boîte-quais de la ligne 15-Sud est implantée sous la RD4,
- La boîte gare ligne 15 Est, zone à ciel ouvert et zone en souterrain. La boîte-quais ligne 15 Est est située au nord de la parcelle acquise par la Société du Grand Paris, parallèlement' à la boîte-quais de la ligne Rouge (distance de 50 m environ entre les axes des deux boîtes). Le tympan est a été implanté en pied du talus des voies SNCF, il n'est donc pas aligné avec le tympan est de la gare ligne 15 Sud.
- Le bâtiment voyageurs, commun aux deux lignes (Ligne 15 Sud et Ligne 15 Est), situé sur l'actuelle emprise des services technique de la ville de Champigny-sur-Marne et acquise par la Société du Grand Paris,
- La boîte intermédiaire. Entre les boîtes ligne 15 Sud et ligne 15 Est (rouge et orange), une zone de 1 600 m² environ, située sous le parvis futur et terrassée également à l'abri de parois moulées, comprend les circulations verticales (EF, EM et ascenseurs), des locaux techniques et les escaliers de secours regroupés dans une seule gaine à partir du niveau mezzanine 1.
- Le lien de ville / passage couvert (étude SNCF). Le lien de ville qui permet de relier l'Est et l'Ouest de Champigny est prévu au Nord de la RD4 et de l'ouvrage actuel de franchissement.

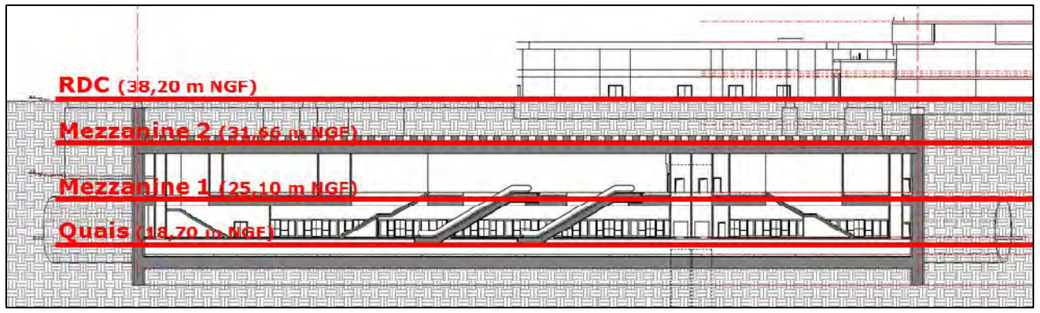
La gare est composée de 4 niveaux (type R-3), et d'une profondeur de 20.48 m :

- Le niveau RDC, hall de la gare au niveau de la rue à 39,18 m NGF. D'une hauteur de 6 m environ, le hall est profondément ancré en fond de parcelle à la faveur d'un parvis large et facilitant les interconnexions entre modalités de transport : bus, dépose minute, taxi, espace vélo etc.,
- Le niveau Mezzanine 2 à 31,50 m NGF,
- Le niveau Mezzanine 1 à 25,10 m NGF,
- Le niveau quais de la Ligne 15 Sud et de la Ligne 15 Est, tous deux à 18,70 m NGF.

La gare de Champigny est un nœud entre deux branches de la ligne 15 à l'horizon de la mise en service du tronçon Champigny/Saint-Denis–Pleyel. Cette gare a vocation de permettre l'interconnectivité des deux lignes.



Coupe transversale de la gare de Champigny Centre (Source : Société du Grand Paris)



Coupe longitudinale de la gare de Champigny Centre – ligne 15 Sud (Source : Société du Grand Paris)

Le bâtiment-voyageurs pourra comprendre au-dessus un projet connexe comme une résidence étudiante, et une tour de logement.



Vue du parvis de la gare

3.1.14.3 Correspondances et intermodalité

a. Réseau en correspondance – Ligne 15 Est – Ligne 15 Sud

À l'horizon 2030, la gare de Champigny Centre sera le nœud de jonction entre les deux branches de la ligne 15, la branche Sud Pont de Sèvres – Noisy-Champs et la branche Est Champigny Centre – Saint-Denis-Pleyel.

Les deux branches, Sud et Est, sont desservies en alternance par les trains à destination ou en provenance de La Défense.

On suppose que les voyageurs en provenance de La Défense, par exemple, souhaitant rejoindre Saint-Denis-Pleyel et Noisy-Champs ne font que transiter par la gare de Champigny Centre en train, ayant fait le choix de la destination en amont. Par conséquent, ces voyageurs n'engendrent pas de flux au sein de la gare.

Les études de flux voyageurs montrent que les parcours en correspondance sont minoritaires : ils représentent 10% des flux projetés en gare de Champigny Centre.

5,6% des voyageurs effectuent une correspondance du quai Sud direction La Défense au quai Est direction Pleyel-Saint-Denis. Ces voyageurs empruntent le couloir de correspondance situé à -20,48 m, qui relie les 2 quais par un parcours direct et rapide, sans dénivelé. Les usagers concernés par cette correspondance ne quittent pas le niveau des quais et n'interfèrent pas avec le reste des flux de la gare. Leur temps de parcours est estimé à 1:22 min.

4,6% des voyageurs effectuent une correspondance du quai Est direction La Défense au quai Sud direction Noisy-Champs. Ces voyageurs doivent transiter par la Mezzanine 1 pour effectuer leur correspondance. De fait, ils empruntent les escaliers mécaniques ou fixes du quai Est Direction La Défense pour monter à la Mezzanine 1 et les EM ou EF du quai Sud direction Noisy-Champs pour rejoindre ce dernier.

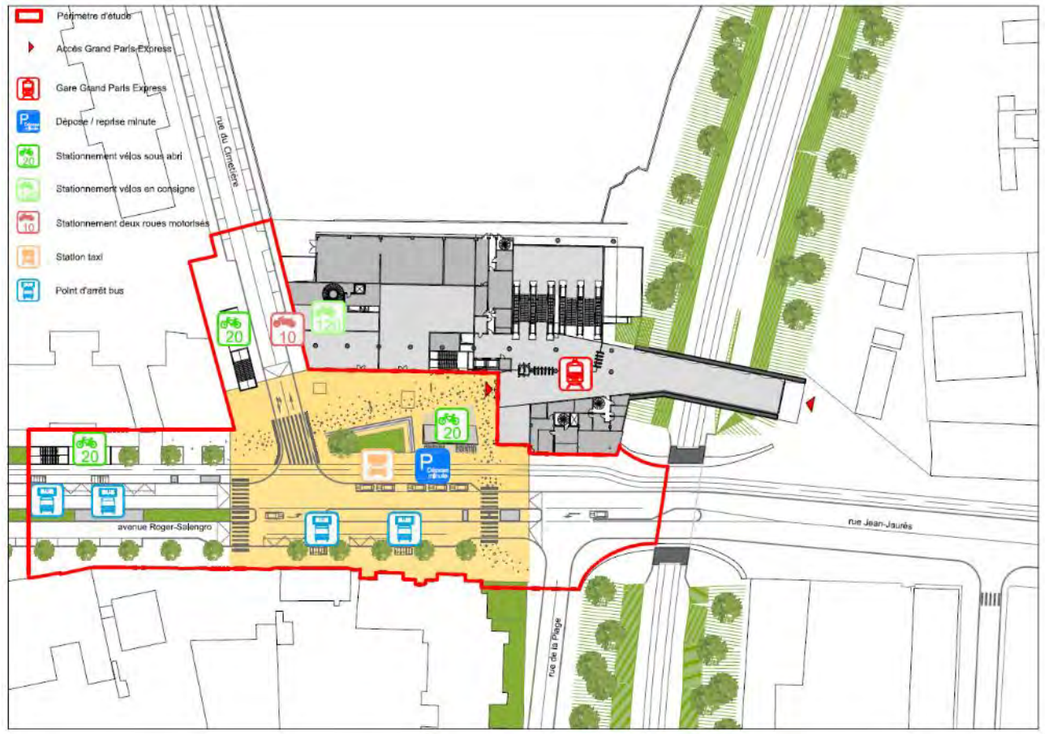
Le quai Est direction La Défense comme le quai Sud direction Noisy-Champs proposent respectivement 2 ascenseurs. Ceux-ci assurent aux UFR la liaison entre les quais et la Mezzanine 1 pour effectuer la correspondance.

b. Intermodalité

La gare et le nouveau parvis vont créer une nouvelle centralité autour de laquelle vont s'organiser les différentes offres de transport.

Une étude de pôle sera prochainement lancée pour affiner le programme d'aménagements autour de la gare. La gare, compacte, privilégie les correspondances courtes et une orientation intuitive et naturelle.

L'aménagement des parvis favorise des déplacements rapides, confortables et sécurisés, en conformité avec les règles d'accessibilité des établissements recevant du public.



Plan des aménagements intermodaux (RA, déc. 2014)

c. Réseau bus

La parcelle choisie pour l'implantation de la gare de Champigny Centre est actuellement desservie par 2 lignes de bus en journée et une ligne la nuit :

108 : Champigny-Jeanne Vacher – Joinville-le-Pont RER A. Cette ligne dessert les principaux quartiers à proximité de la gare, à savoir le centre-ville et la fourchette de Champigny-sur-Marne. La fréquence est très importante avec un bus toutes les 6 à 12 mins en journée.

110 : Joinville-le-Pont (RER A) – Villiers-sur-Marne/Le Plessis-Trévise (RER E). Bus de desserte de la zone commerciale des Armoiries (Ikéa, Truffaut…). La fréquence est d'environ un bus toutes les 20 à 30 mins.

Noctilien 33 : Gare de Lyon (SNCF/RER A/métros) -Villiers-sur-Marne/Le Plessis-Trévise (RER E).

Les arrêts sont actuellement positionnés sur l'avenue Salengro, à l'Ouest du site de la gare.

À plus large échelle, le site est desservi par deux lignes passant respectivement sur la rue de Verdun au Sud (201) et le boulevard Gabriel-Péri (116).

Les déposes bus sur le trottoir Nord de l'avenue Salengro (directions Joinville-le-Pont/Gare de Lyon) conservent leur position. Les espaces seront agrandis dans le cadre de la reconfiguration de l'avenue Salengro.

Les déposes bus sur le trottoir Sud de l'avenue Salengro (directions Champigny-Jeanne Vacher / Villiers-sur-Marne / Le Plessis-Trévise) seront repositionnés face au parvis de la gare. Leur nouvelle position donnera une meilleure visibilité au réseau bus depuis la gare et permettra d'optimiser l'intermodalité et les temps de parcours des voyageurs.

La réorganisation du réseau bus aux abords de la gare devra être menée en intégrant le projet de requalification de la RD4. Ce point sera pris en compte dans le cadre de l'étude de pôle qui démarrera prochainement.

d. Vélos

L'accès à la gare en vélo sera facilité par l'aménagement du parvis et le réaménagement des rues adjacentes.

À l'Est du talus ferroviaire, la voirie offre dans chaque sens une piste cyclable entre les voies et les places de stationnement. À l'Ouest du talus ferroviaire, l'étude urbaine en cours pour le réaménagement du tronçon allant jusqu'à la « Fourchette » de Champigny. Il serait proposé l'aménagement d'une piste cyclable double sens au Nord de la voirie, côté parvis.

3 abris vélos seront répartis autour de la gare.

Les consignes Véligo sont intégrées à l'intérieur du bâtiment-voyageurs, au sein du bâtiment envisagé en phase 2 (horizon 2030). L'accès aux consignes se trouve rue du Cimetière.

e. Véhicules particuliers, stationnement

Le décompte réalisé sur site identifie environ 70 places existantes.

Le projet de la gare du Grand Paris s'accompagnera d'un réaménagement de l'avenue Salengro et de la rue du Cimetière. Peu de places de stationnement en épis seront impactées.

f. Autre réseau ou autre mode de transport

La dépose des taxis est proposée sur l'avenue Salengro, en bordure du parvis, proche de l'entrée principale de la gare.

Ces espaces pourraient également accueillir le stationnement de véhicules en auto partage.

Les emplacements deux-roues motorisés se trouvent rue du Cimetière, à une distance de 65 m de l'entrée de la gare, soit un temps de parcours estimé à une minute.

3.1.14.4 Processus de construction

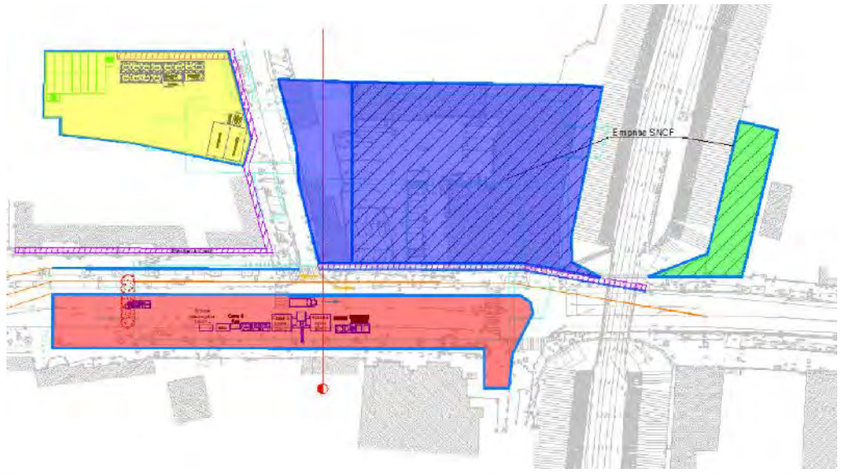
Avant le démarrage des travaux de Génie Civil, une série de travaux préalables sont nécessaires :

- Dévoiement des réseaux concessionnaires,
- Démolitions des bâtiments existants : entreprise SOMAFRAC, bâtiments des services techniques municipaux, bâtiments privés des 2, 4, 6 rue du cimetière et du 3 rue du cimetière,
- Dépollution des sols.

Réalisation de la structure générale

Compte tenu des contraintes du site et du planning de passage du tunnelier, 2 phases sont identifiées :

- Première phase : gare Rouge L15-Sud. La position de la gare Champigny Centre sous l'Avenue Roger Salengro (RD4) impose un phasage complexe des emprises. L'avenue Roger Salengro ayant une largeur de trente mètres environ, il est impossible de réaliser la boîte-gare en une seule phase, puisque cela impliquerait une coupure totale de la circulation sur un des axes principaux. De plus, de nombreux réseaux sont présents sous l'avenue Roger Salengro, notamment d'importants réseaux DSEA, qui interdisent eux aussi la coupure toute largeur de la chaussée. Il est donc nécessaire de réaliser la boîte gare Rouge en demi-chaussée, c'est-à-dire réaliser dans un premier temps la moitié des parois moulées et la moitié de la dalle de couverture, puis basculer les emprises pour répéter l'opération, en ayant déplacé la circulation sur la dalle précédemment réalisée.



Emprise chantier de la première phase (Source : Société du Grand Paris)

- Deuxième phase : gare Orange L15-Est. La nécessité de traiter l'ensemble de la partie souterraine depuis la surface tout en conservant en permanence au moins un sens de circulation impose de phaser les emprises. Le chantier comprend deux emprises pendant l'ensemble des travaux : la zone principale des travaux (en rouge), se situant au droit de la gare Orange et de l'ouvrage intermédiaire ; l'emprise « Boulonnerie » (en jaune) où sont situées la plupart des installations de chantier (base-vie, centrales, etc.). Ces deux emprises varient en fonction des zones des travaux réalisés depuis la surface

3.1.15 Gare de Bry-Villiers-Champigny

3.1.15.1 Localisation et contexte urbain actuel

A la jonction des trois communes de Champigny-sur-Marne, Bry-sur-Marne et Villiers-sur-Marne, la gare de Bry-Villiers-Champigny se situe sur un plateau morcelé par les infrastructures routières et ferrées :

- Au Sud, le faisceau ferré existant qui supporte notamment la circulation de trains de la ligne E du RER et de Transiliens,
- Au Nord, l'autoroute A4,
- A l'Est, le boulevard Jean Monnet (RD10).

La gare s'inscrit sur un site aujourd'hui non construit promis à un développement urbain d'envergure.

Le site choisi n'est aujourd'hui pas construit. Il est jouxté au Nord par un practice de golf, à l'Est par un tissu commercial accueillant Bricorama et Ikéa et à l'Ouest, le long des voies ferrées, par un tissu pavillonnaire de faible envergure. Sa desserte est actuellement très sommaire par un réseau de voieries limité. Les différences altimétriques liées à la topographie du lieu et la présence des voies ferrées en complexifient également l'accès. Seul le chemin des Boutareines, en passage sous l'ouvrage existant de franchissement des voies ferrées permet l'accès au terrain naturel.

Sur le territoire de la gare et à l'échelle de la ZAC Marne Europe, l'EPA MARNE étudie actuellement la programmation, les coûts d'aménagement principaux et le phasage des travaux du projet urbain, composés d'environ 50% de bâtis de logements et de 50% de bâtis dédiés à des activités économiques, commerciales et de services.

A l'Est de la gare, la RD10, axe routier actuellement constitué de 2 x 1 voie bordé de part et d'autre de deux pistes cyclables traverse les voies ferrées au Sud-Est de la gare.

La RD 10 sera requalifiée selon le projet urbain de l'EPA MARNE visant à positionner latéralement le futur ouvrage de génie civil de l'Altival, support du TCSP.

L'ouvrage supportant la RD10, réalisé en 2009, est positionné sur un remblai en terre armé d'une hauteur moyenne de 7 m. La présence de couches compressibles fortement argileuses sous le remblai a induit le renforcement du sol par des colonnes à module contrôlé qui ancrent l'ouvrage dans le Calcaire de Champigny afin de limiter le tassement résiduel. En entrée de la gare de Bry-Villiers-Champigny, le tunnel métro en provenance de Noisy-Champs est en interface avec une partie de ces colonnes.

Aucun stationnement le long de la RD 10 n'est présent à ce jour sur le site. Seules les enseignes commerciales proposent des surfaces de stationnement à destination de leur clientèle.



Insertion de la gare de Bry-Villiers-Champigny (Source : Société du Grand Paris)

La gare du GPE est située parallèlement aux voies existantes du RFN supportant le RER E (en direction de Tournan) et la ligne P du Transilien (en provenance de Paris Est). La gare de Bry-Villiers-Champigny accueillera, en plus de la Ligne 15 Sud, une nouvelle station du RER E, entre les stations « Le Boullereaux Champigny » et « Villiers sur Marne Le Plessis Trévise ». Les Transiliens ne marqueront pas d'arrêt. Les voies sur le RFN seront élargies à 3 ou 4 voies.

3.1.15.2 Le projet de gare

La gare s'inscrit dans un grand projet de réaménagement du secteur avec la création de la ZAC « Simonettes Nord », du futur quartier « Marne-Europe » et du site de maintenance et de remisage (SMR) de Champigny.

Ces perspectives d'aménagement bénéficieront largement à l'ensemble des usagers de ce secteur, notamment en termes d'infrastructures de transport : connexion avec la ligne E du RER, mise en place de transports en commun en site propre. La gare sera l'élément fédérateur du nouveau secteur. Elle doit marquer un échelon dans le parcours de la nouvelle RD10.

La gare de Bry-Villiers-Champigny est une gare double qui accueillera :

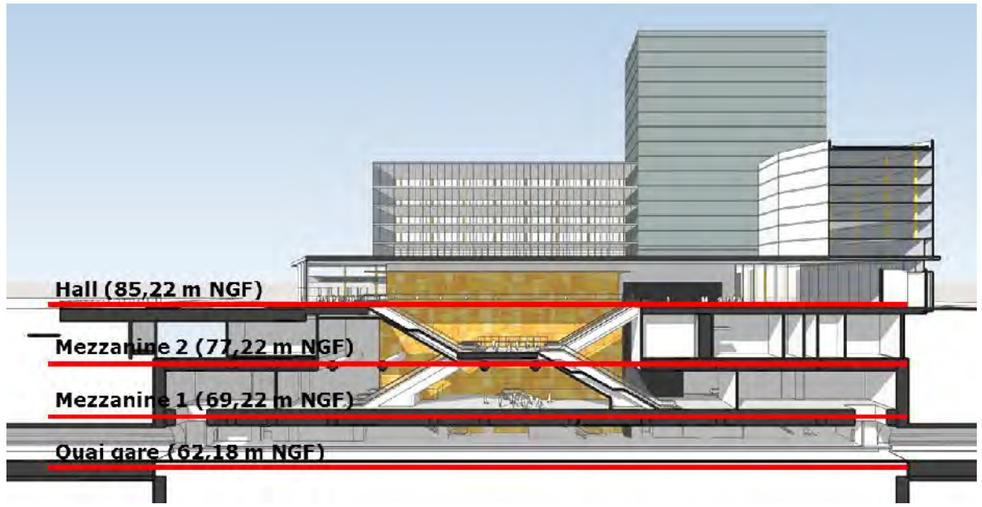
- La ligne 15 du réseau du Grand Paris Express,
- Un nouvel arrêt du RER E et du Transilien.



Vue depuis la mezzanine 1

La gare est composée de 4 niveaux (type R-3), et d'une profondeur de 23,05 m :

- Le niveau hall de la gare au niveau du parvis à 85,22 m TN,
- Le niveau mezzanine 2 et locaux techniques respectivement à 77,22 m et 78,18 m,
- Le niveau mezzanine 1 et locaux techniques à 69,22 m donnant accès aux quais RFF du RER E à 68,42 m,
- Le niveau quais de la Ligne 15 à 62,18 m.



Coupe longitudinale de la gare de Bry-Villiers-Champigny – avec projet connexe
(Source : Société du Grand Paris)

Actuellement, le projet de la gare est développé avec une gare L15 Sud en correspondance souterraine avec le réseau RER E avec projet connexe. Le projet connexe est constitué de 3 bâtiments :

- Une résidence de logements étudiants en R+15 au nord-est de la gare,
- Un immeuble de bureaux en R+5 au nord de la gare,
- Une résidence de service en R+5 le long du boulevard urbain Jean-Monnet en surplomb du bâtiment voyageurs de la gare.

-



Vue à titre indicatif du projet connexe (Source : Société du Grand Paris)

3.1.15.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La gare de Bry-Villiers-Champigny est une gare double. Elle accueillera à terme une porte d'accès au réseau du Grand Paris Express et à celui du RER E et des trains Transilien ligne P, qui circulent sur les voies ferrées existantes mais à ce jour ne marquent pas l'arrêt sur le site. Les deux gares, sous deux maîtrises d'ouvrage différentes, seront toutefois regroupées dans un bâtiment unique. Une cohérence architecturale entre les deux projets est à l'étude. Elle nécessite du fait des spécificités précédemment listées une réflexion complète quant à l'organisation d'un accès aux deux réseaux. L'hypothèse de gestion de cette correspondance se fait par voie souterraine, quant à la correspondance gare RFN bus se fait en passant par le bâtiment voyageurs.

Dans cette interconnexion souterraine, les flux importants de correspondance disposent d'un parcours optimisé pour passer d'un réseau à l'autre. Depuis les quais du réseau ferré national, les voyageurs rejoignent via des escaliers fixes, mécaniques et ascenseurs un couloir de correspondance passant sous le niveau des voies existantes. Ils accèdent à la mezzanine 1 sans rupture de niveau. Une ligne de contrôle régule l'accès des voyageurs à la ligne 15. Les voyageurs en correspondance rejoignent ensuite le reste des voyageurs provenant de la ville.

Cette correspondance représente un temps de parcours moyen calculé de 3,16 min.

b. Intermodalité

Une étude de pôle sera prochainement lancée pour affiner le programme d'aménagements autour de la gare.

c. Réseau bus

Actuellement, seule la ligne 110 approche le site en longeant le nord du golf. Les transformations en réflexion sur l'ensemble du territoire qui encadre la gare s'accompagnent de réflexion quant à la desserte bus du quartier.

Le projet de transport en commun en site propre Altival, porté par le Conseil Départemental du Val-de-Marne traversera le quartier suivant un tracé Nord-Sud sur la RD10. Des lignes de bus en passage ou en terminus à la gare de Bry-Villiers-Champigny s'articuleront avec l'Altival.

Des éléments de programme ont été communiqués par le STIF pour aménager un pôle bus :

- 4 quais de régulation,
- 9 quais de terminus.

La proposition d'aménagement du pôle bus s'inscrit dans les limites de l'enquête parcellaire. Le pôle dispose de quatre postes à quais et quatre postes de régulation. Un poste à quai et un poste de régulation peuvent accueillir un bus articulé.

Le site propre Altival pourrait également accueillir des lignes de bus en passage sur le boulevard urbain. Les arrêts de ces lignes seraient mutualisés.

La communication des niveaux d'offre et des itinéraires envisagés permettra d'affiner le programme d'aménagements en faveur des bus. Cette question sera prise en compte dans le cadre de l'étude de pôle qui démarrera prochainement.

Une surface dédiée aux conducteurs a été réservée au sein de la gare. Ce local d'une surface approximative de 30 m², positionné en rez-de-chaussée du projet connexe, dispose d'un accès direct sur l'espace public et pourra être aménagé en fonction des besoins exprimés par l'exploitant.

d. Vélos

Les besoins exprimés par le STIF à ce stade des études prévoient l'installation d'une part de 80 m² de consignes vélos (80 places avec cycles superposés) et de 80 m² d'abris vélos (40 places).

Le plan de développement proposé par EPAMARNE évoque des aménagements cyclables sur le boulevard urbain, ceux-ci restent néanmoins en cours de définition. Il peut être supposé qu'à minima le boulevard urbain comprendra des surfaces dédiées aux cycles et à maxima, qu'un réseau plus large assurera la circulation cycle sur l'ensemble de ce nouveau quartier.

L'espace dédié à la consigne vélos (80 m²) est intégré au rez-de-chaussée de la gare.

Sur le parvis piéton, les espaces ont été réservés pour permettre l'installation des abris vélos (80 m²). Étant donné les différents phasages de réalisation de la gare et du quartier, les positions identifiées à ce jour pour localiser ces équipements de façon optimale vis-à-vis de l'espace public, sont en-dehors du périmètre de la maîtrise d'ouvrage de la SGP.

Ce thème reste bien entendu à consolider en fonction de l'avancée des réflexions urbaines et de réalisation de l'EPAMARNE. Il sera pris en compte dans le cadre de l'étude de pôle qui sera lancée prochainement.

e. Véhicules particuliers, stationnement

Le projet urbain EPAMARNE propose des axes urbains Nord-Sud comprenant des stationnements longitudinaux. A ce stade des études, ils ne sont pas précisés et devront être consolidés en fonction de l'avancement des études du projet Altival.

Dans le cadre du projet de gare avec projet connexe, ces stationnements de surface pourront être complétés par une zone de stationnement souterraine dédiée au projet connexe et ce en fonction du programme en cours de définition.

A ce stade, il n'est pas prévu de créer un parc relais à proximité de la gare. Un projet de mutualisation des stationnements pourrait toutefois être envisagé avec l'enseigne Bricorama ou avec le centre commercial « Les Simonettes Nord ».

f. Autre réseau ou autre mode de transport

Inclus dans les aménagements prévus par EPAMARNE, trois déposes-minutes ainsi qu'une borne taxi sont dessinés le long du parvis sur la façade Nord de la gare. Ces espaces pourraient également accueillir le stationnement de véhicules en auto partage.

3.1.15.4 Processus de construction

L'emprise chantier, d'une surface d'environ 16 000 m², est divisée en deux zones :

- Une plateforme haute au nord à 85 NGF IGN 69 d'environ 9 100 m² comprenant toutes les installations principales de chantier,
- Une plateforme basse au sud à 79 NGF IGN 69 d'environ 6 900 m².

Un défrichage complet de la zone est à prévoir avant l'aménagement des plateformes de travail.

La gare est réalisée à ciel ouvert sous deux contraintes de planning majeures : le lancement du tunnelier T3 en direction de la gare de Champigny-Centre et la réception du tunnelier T1 en provenance de Noisy-Champs. Pour pallier à ces contraintes, une paroi armée aux coulis (PAC) transversale est réalisée afin de séparer la gare en deux zones : une zone prioritaire à l'ouest permettant le lancement du tunnelier T3, et une zone non prioritaire à l'est à réaliser dans un second temps pour la réception du tunnelier T1. La position de la PAC permet un montage complet du tunnelier T3 en gare et donc l'obtention de meilleures cadences de creusement les premiers mois.

- PHASE 1 : Aménagement de deux plateformes de travail.
  - Réalisation d'une plateforme haute au nord à 85 NGF IGN 69 en cohérence avec les données topographiques actuelles et le nivellement définitif du parvis,
  - Réalisation d'une plateforme basse au sud à 79 NGF IGN 69 en cohérence avec l'accès à une zone technique.
- PHASE 2 : Installation de chantier et réalisation des parois moulées.
  - Réalisation des barrettes de liaisonnement,
  - Réalisation des parois moulées nord et sud en parallèle,
  - Réalisation du radier de liaisonnement entre la PM nord et les barrettes rendant possible le terrassement du talus dans la boîte gare,
  - Dans la zone prioritaire définie comme zone de lancement tunnelier (T3), réalisation de la paroi moulée transversale à l'ouest, et de la PAC centrale,
  - Début du terrassement dans la zone prioritaire, fin des PM dans la zone non prioritaire (incluant les parois moulées du couloir de correspondance et du bâtiment voyageur).

Réalisation de la PAC centrale et terrassement

- PHASE 3 : Terrassement et bétonnage du radier en zone prioritaire et non prioritaire.
  - Pose de deux liernes pour libérer le maximum de place pour le montage du tunnelier et les installations spécifiques. Pose de 3 lits de butons (dont le dernier est à déposer une fois le radier réalisé),
  - A la fin du terrassement dans la zone prioritaire, réalisation du radier puis dépose du dernier lit de butons pour permettre le montage et lancement du tunnelier T3,
  - Fin du terrassement dans la zone non prioritaire, puis bétonnage du radier.

Terrassement et bétonnage radier en zone prioritaire et non prioritaire

- PHASE 4 : Lancement du tunnelier T3, terrassement et bétonnage dans la zone non prioritaire.
  - Montage et lancement du tunnelier T3 dans la zone prioritaire,
  - Réalisation partielle des dalles et poteaux de la mezzanine 1 et 2 (file 7 à 19),
  - Réservation d'une trémie pour démontage de la tête du tunnelier T1,
  - Réalisation du couloir de correspondance souterrain (terrassement, bétonnage du radier puis de la dalle de couverture),
  - Réalisation du bassin de rétention des eaux pluviales sous le futur bâtiment voyageur (terrassement, bétonnage du radier, des voiles puis de la dalle de couverture).

- PHASE 5 : Bétonnage, arrivée et sortie du tunnelier T1.
  - Réalisation des dalles et des poteaux restants des niveaux mezzanines 1 et 2 (file 4 à 7),
  - Réalisation des têtes de pieux et de leurs rehausses pour la future dalle du pôle bus,
  - Lorsque l'emprise initialement dédiée au fonctionnement du tunnelier est dégagée, réalisation de toute la zone technique à l'Ouest de la boîte gare,
  - Soutènement de type murs en L à l'extrémité Ouest avec circulation dans la parcelle BP013.

- PHASE 6 : Fin de bétonnage (Dalles rez-de-chaussée et R+1).
  - En dehors de la boîte gare, réalisation de la dalle du pôle bus,
  - Réalisation des poteaux (métalliques et béton) et des voiles du niveau mezzanine 2,
  - Réalisation de la dalle du rez-de-chaussée,
  - Réalisation des poteaux et des voiles du niveau rez-de-chaussée,
  - Réalisation de la dalle de répartition R+1 pour le scénario de base avec projet connexe, ou de la toiture pour le scénario sans projet connexe.

- PHASE 7 : Fin gros-œuvre, finition des travaux GC (quais etc…)

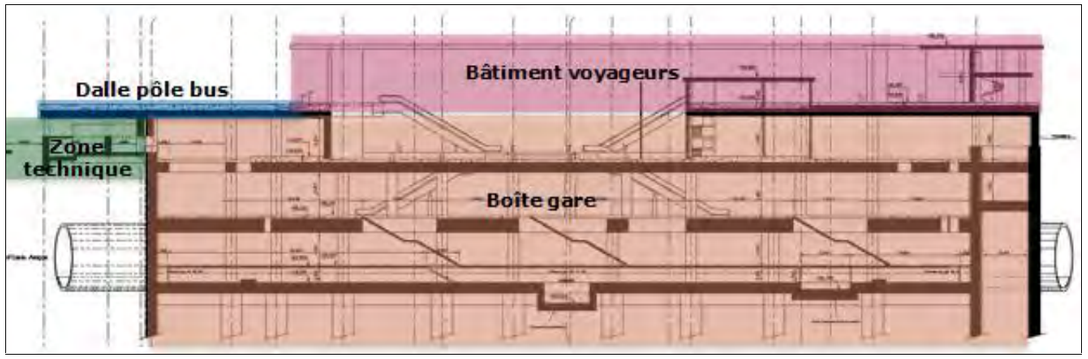


Schéma des différentes parties de la gare (Source : Société du Grand Paris)

3.1.16 Gare de Noisy-Champs

3.1.16.1 Localisation et contexte urbain actuel

La gare emblématique de Noisy Champs, sur le réseau du Grand Paris Express, prend place dans un territoire situé à la limite des communes de Noisy le Grand et de Champs sur Marne, dans un contexte urbain et paysager en pleine mutation. En correspondance avec le RER A, elle est une station d'interconnexion majeure de la métropole, offrant une grande richesse de destinations possibles. Placée dans l'axe du futur boulevard du Ru de Nesle, la gare est parfaitement repérable dans le paysage urbain.

La nouvelle gare de Noisy-Champs est insérée au croisement de deux axes de circulation – l'axe routier du boulevard nord-sud du Rû de Nesles et l'axe ferroviaire de la ligne est-ouest du RER A.

Elle est au centre de quatre secteurs urbains très distincts :

- Les quartiers d'habitation du Champy, du Haut-Bâtons et le centre commercial du Champy, au Nord-Ouest,
- Les quartiers d'habitation de Champs-sur-Marne, le Bois de grâce, au Nord-Est,
- Le quartier de la Butte verte, au Sud-Ouest,
- La cité Descartes, au Sud-Est.

Le premier bâtiment visible à proximité immédiate du site est la gare actuelle du RER-A, situé sur la commune de Champs sur Marne, à l'extrémité est des quais du RER. Construite en 1980, elle s'ouvre latéralement sur les deux boulevards encadrants, le bd Archimède et le bd Newton. Elle sera maintenue en service dans un premier temps.

A proximité immédiate de la gare, deux espaces boisés sont identifiés :

- Au Nord-Est du site, une friche arborée s'inscrit entre le boulevard du Rû de Nesles, le boulevard Archimède, l'avenue Ampère et rue Nelson Mandela, non-empruntable pour le public. Elle est recouverte d'une végétation herbacée relativement dense.
- Au sud-est de la future gare, une zone boisée, non-classée, bordée par le boulevard de Newton, l'avenue Ampère et le boulevard Blaise Pascal entoure l'ISIEE (l'École Supérieure d'Ingénieurs en Électronique et Électrotechnique).

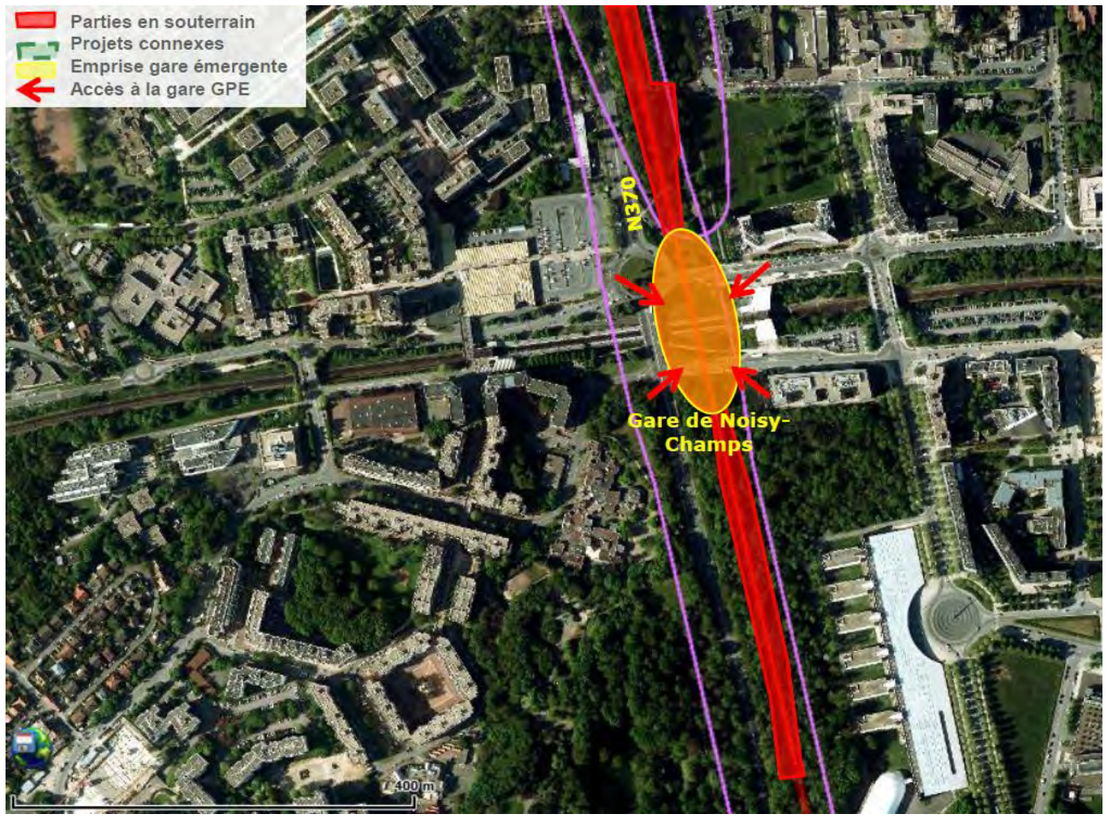
De part et d'autre, deux bâtiments d'activité tertiaires sont aussi très présents, l'un au nord du boulevard d'Archimède, l'autre au sud du boulevard Newton. Ces immeubles, de hauteur R+6 et R+5, sont de dessin moderne, à toiture plate. Leurs façades vitrées réfléchissantes, composées avec des huisseries métalliques, sont sans modénatures particulières.

Au nord-ouest, le supermarché U occupe un hangar industriel générique, composé d'un seul niveau d'environ 6 mètres de haut. Il présente une façade en taule ondulée métallique blanche devant laquelle se déploie, à ciel ouvert, un parking commercial bitumé.

L'arrivée du nouveau pôle multimodal est le moteur d'un ambitieux projet de restructuration du boulevard du Rû de Nesles et de ses abords, pour composer un nouveau quartier autour de la gare, et de part et d'autre du boulevard.

Les projets urbains en cours de discussion s'accordent pour que la place de la gare soit un espace public généreux et fédérateur, un lieu d'intermodalité forte des transports, un lieu d'échange et d'intensification urbaine, pour créer un front de place dense et mixte, mêlant activités, commerces et logements. L'urbanisation impactera fortement les espaces boisés existants autour de la gare. Subsisteront des continuités végétales ainsi que des parcs urbains bordés de bâtiments, notamment dans la perspective des diagonales d'accès à la gare, au Sud-Est et au Nord-Est.

Dans l'environnement proche de la gare actuelle du RER A, trois parkings existent : coté Noisy le Grand, un parc relais en ouvrage de 327 places au droit du centre commercial Champy ; Coté Champs sur Marne, boulevard de Newton, deux parc relais de surface de 76 et 276 places. Aux termes des projets urbains, ces emplacements pourraient être impactés et intégrés dans les nouveaux projets.



Insertion de la gare de Noisy-Champs (Source : Société du Grand Paris)

3.1.16.2 Le projet de gare

Moteur d'un ambitieux projet de restructuration, la gare est au centre d'une place, lieu de continuités urbaines et végétales, où se croisent les liaisons principales du site : le mail des étudiants, les promenades arborées et les cheminements piétons depuis les boulevards et les quartiers riverains.

La nouvelle gare de Noisy-Champs accueille les terminus de trois lignes de métro :

- La nouvelle ligne rouge, M15, provenant de Pont de Sèvres,
- La nouvelle ligne rouge, M16, provenant du Bourget,
- La ligne orange, M11, prolongée depuis Rosny Bois-Perrier.

L'émergence de la gare est un signal fort, l'emblème fédérateur qui identifie ce lieu de convergence, ce carrefour de tous les mouvements, cette place de toutes les vies et de tous les services.

Elle est formée de deux spirales coniques qui se déploient depuis deux directions opposées et se réunissent en s'élevant au sommet, au centre de la gare. Sa silhouette présente des visages variables selon les angles de découverte. Elle permet de filtrer la lumière, de jouer sur les reflets, les transparences et les opacités et offre la nuit des images étonnantes.

La gare de Noisy-Champs est conçue comme une gare à « ciel ouvert » sous le niveau de référence de la ville.



Vue à titre indicatif du contexte urbain au droit de la gare de Noisy Champs
(Source : Société du Grand Paris)



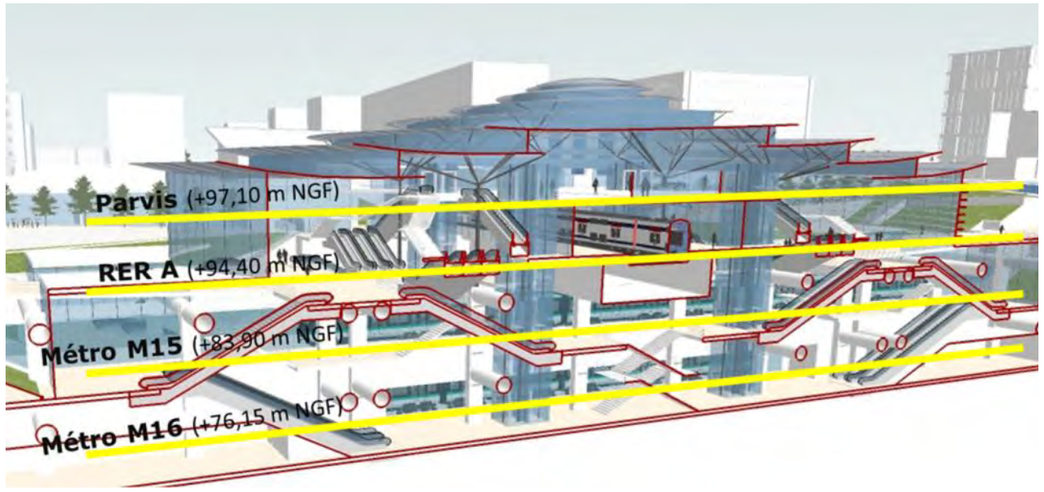
Vue à titre indicatif des perspectives depuis les rampes extérieures

Trois lieux composent le site de la gare. Chacun répond à des fonctions d'intermodalité, de représentation, de mise en scène architecturale mais aussi d'irrigation urbaine :

- Le hall de la gare, central et traversant, est axé sur le grand axe piéton développé par Noisy le Grand. Il est ouvert sur les villes à l'est et à l'ouest et permet l'accès facile à l'ensemble des métros et aux deux directions du RER A,
- Les entrées sud et nord de la gare sont placées sur deux larges parvis situés de part et d'autre du hall, dans l'axe des boulevards Archimède et Newton remis en valeur par la ville de Champs sur Marne. Ils permettent les échanges entre les métros, les bus et les parkings autos et vélos,
- Deux patios jardins sont positionnés au bord de ces parvis. Eléments importants de continuité urbaine et végétale, ils amènent la lumière naturelle et le jardin jusqu'aux quais et remplissent des fonctions de sécurité et d'accès au parking.

Quatre niveaux composent la gare intermodale de Noisy-Champs. Chacun correspond à un mode de transport et à une affectation précise :

- Le parvis - bus, taxis, voitures, vélos - (+97,10 m NGF) : niveau du hall central traversant, lieu d'accueil, de commerce et de service. Il permet d'accéder à l'ensemble des modes de transport,
- Le RER-A (+91,40 m NGF) : niveau de distribution modale et des échanges vers le RER, tous les métros et les parkings,
- La ligne du métro M15 (+83,90 m NGF),
- La ligne du métro M16 (+76,15 m NGF), niveau des locaux techniques.



Coupe transversale de la gare de Noisy-Champs (Source : Société du Grand Paris)

Du fait des projets de restructuration prévus à proximité immédiate de la gare, il n'est pas prévu de projet connexe.

3.1.16.3 Correspondance et intermodalité

a. Correspondances avec les modes lourds

La gare est en correspondance avec la ligne A du RER A et avec la future station en terminus du prolongement de la ligne 11 du métro.

Les correspondances avec la ligne A du RER sont inhérentes à la conception de la gare du GPE. Pour les voyageurs provenant des métros, la passerelle transversale reliant les flux des niveaux inférieurs des quais du GPE intercepte la passerelle longitudinale au-dessus des voies du métro et conduit les voyageurs en correspondance au quai du RER A.

De part et d'autre de cet accès, les voyageurs empruntant les ascenseurs panoramiques et ceux provenant du niveau rue et étant passés par le hall de la gare trouvent des accès direct vers les quais en correspondance avec le RER A.

La connexion entre le M15/16 et M11 se réalise au niveau d'échange avec le RER A.

Les schémas d'aménagement proposés respectent :

- le positionnement de la ligne et de la station M11, à l'ouest du pont et du boulevard actuel du Ru de Nesle ;
- les principes constructifs communiqués pour la station M11 ;
- l'altitude des quais M11 à 72,00 NGF, soit 19,40 m en dessous du niveau des échanges (91,40 NGF).

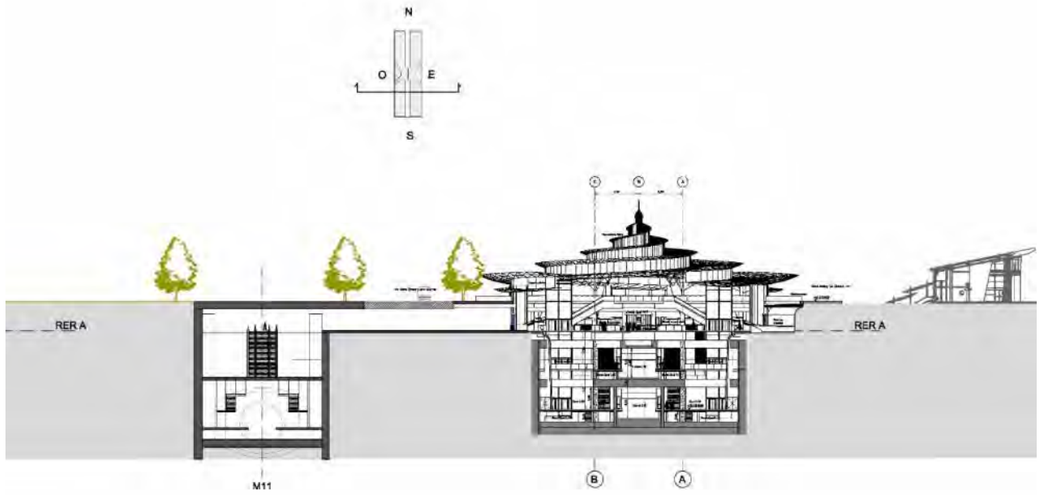
De part et d'autre, des quais du RER A, les deux espaces situés entre les culées et les piles intermédiaires sont rendus disponibles et permettent d'optimiser à terme les connexions entre M15/16, RER A et M11, sans percements complémentaires sous les voiries routières.

Les parois latérales, de part et d'autre des quais du RER A, sont positionnées à une distance de 1 m de la limite extérieure des quais actuels (leur largeur peut ainsi passer de 4 m à 5 m au droit de l'ouvrage).

A chaque extrémité, deux volées d'escaliers (9,7 m de franchissement chacune) et les ascenseurs assurent la remontée des voyageurs depuis les quais M11 jusqu'au niveau des échanges SGP et RER A.

Les temps de correspondances des voyageurs de la ligne 15 Sud sont les suivants :

- avec le RER A : 3 mn 7 s ;
- avec la Ligne 16 : 2 mn 22 s.



Coupes transversale et longitudinale connexion avec la ligne M11 (AREP 01/12/2014)

b. Intermodalité

Une étude de pôle sera prochainement lancée pour affiner le programme d'aménagements autour de la gare.

c. Réseau bus

L'organisation du réseau bus aux abords de la gare devra être menée en intégrant les orientations qui seront données au projet urbain. Cette question sera prise en compte dans le cadre de l'étude de pôle qui démarrera prochainement.

d. Vélos

Les emplacements pour les vélos sont placés à l'extrémité sud de la gare et sont accessibles depuis l'espace public via des rampes en pente douce.

Ainsi, le cycliste peut approcher son vélo au plus près et le laisser dans un espace à l'abri, sécurisé et à proximité immédiate des transports.

Les besoins, précisés par le STIF, sont intégrés au projet :

- 100 places de vélo type « Consigne » (100 m²)
- 60 places de vélo type « Abris » (120 M²)
- Espace réservé pour 40 places de vélo type « Consigne » (40 m²)
- Espace réservé pour 40 places de vélo type « Abris » (80 M²)



Itinéraires cyclables, HORIZON LIGNE M15 - AD/AREP (01/12/2014)

e. Véhicules particuliers, stationnement

À l'horizon de la mise en service de la ligne M15, sans réalisation de projets urbains, les parkings existants continuent à fonctionner (parc relais en ouvrage du Champy (327 places), parcs relais de surface boulevard Archimède (76 et 276 places).

La réalisation de la ligne M15 en tranchée ouverte aux abords de la gare, offre la possibilité de réaliser 2 parkings supplémentaires d'environ 100 places au nord et 160 places environ au sud en liaison directe avec la gare.

La maîtrise d'ouvrage de la réalisation des parkings n'est pas identifiée. Les modalités de financement et de gestion ne sont pas établies à ce stade. Ces aspects devront faire l'objet d'échanges avec le STIF et les deux communes concernées dans le développement des études.

Des stationnements motos seront également prévus dans ces parkings.

Les entrées et sorties du parking s'intégreront à la future morphologie du Boulevard du Ru de Nesle et du projet urbain.

Des accès routiers provisoires sont réalisés en attendant la réalisation du futur Boulevard du Ru de Nesle et du projet urbain.

Les aires de dépose-reprise, prise en charge taxi, stationnement type vélo en libre-service seront positionnés autour du parvis de la gare selon le projet urbain qui sera retenu.

Le stationnement des deux roues motorisés est prévu dans le parking (40 places), à proximité directe.

De même les voitures en auto partage, les branchements aux bornes électriques pourraient être situés au niveau – 1 du parking aux emplacements les plus proches de l'accès gare.

3.1.16.4 Processus de construction

L'implantation de la gare de Noisy-Champs et ses terminus est contrainte par :

- Le passage sous les voies du RER A. Le positionnement de la boite-quai sous les voies ferrées du RER A existantes perpendiculairement à ces dernières, le long du boulevard du Ru de Nesle, nécessitant la reprise en sous-œuvre des infrastructures du RER, a été arrêté afin de privilégier la meilleure correspondance possible avec le RER A,
- La Zone Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistiques et Floristique (ZNIEFF),
- La position vis-à-vis du pont routier du Bd du Ru de Nesle pour la gare et du Bd du Ru de Nesle plus globalement pour l'arrière-gare et l'avant-gare,
- L'accident géologique au nord du site qui impacte le profil en long de la ligne 16.

La gare de Noisy Champs se décompose en deux parties :

- La boite gare : structure réalisée sous le terrain naturel,
- La superstructure : hall d'accueil de la gare.

Le dévoiement des réseaux concessionnaires ne pourra se faire avant le démarrage des travaux de Génie Civil car il nécessite la réalisation de panneaux de parois moulées complétées par une dalle de couverture sur laquelle seront positionnés les concessionnaires déviés.

Le dévoiement des réseaux concessionnaires se fait en deux étapes. Une phase provisoire pour dégager les réseaux des emprises nécessaires aux travaux de ripage du tablier RATP puis une phase où les réseaux seront positionnés en définitif sur la dalle de couverture préalablement réalisée pendant les travaux de génie civil

Réalisation de la structure générale

En raison de la topographie très variable du site (niveau bd du Ru de Nesle, niveau talus, niveau quai, ….), la réalisation de la gare se décompose en multiples zones. Les premières phases de réalisation permettent de distinguer des chantiers au nord et au sud des voies du RER A.

Premiers travaux : ouvrage RATP (décrit au chapitre 3.2.1)

Zone au Sud des voies du RER A

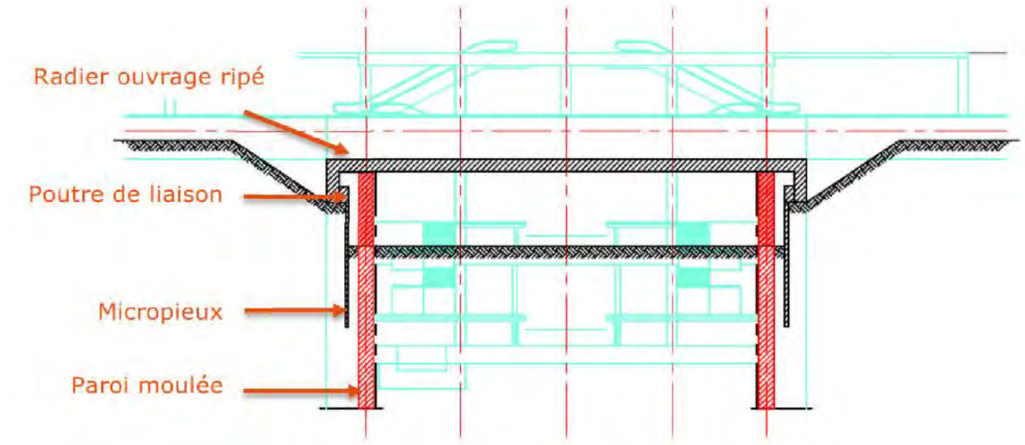
- Remblaiement pour mise à niveau, réalisation des parois moulées, parois moulées en T et barrettes, terrassement, butonnage du niveau +96.0 à +86.0,
- Terrassement, butonnage jusqu'au niveau 83.5 NGF,
- Terrassement et butonnage jusqu'au niveau 81.0 NGF pour la réalisation d'une plateforme de travail permettant l'accès des matériels lourds pour les parois moulées sous l'ouvrage ripé,
- Réalisation des rehausses à 91.0 NGF, puis réalisation dalles/radiers et contre-voiles entre les parois RATP et les rehausses (zones 4bis).

Zone au Nord des voies du RER A :

- Démolition de l'ouvrage cadre situé sous le boulevard d'Archimède, remblaiement jusqu'au niveau +96 NGF, mise en place de mur en L en zone 8 puis remblaiement jusqu'au niveau 96.0 NGF, réalisation des parois moulées, parois moulées en T et barrettes à 60.0 NGF.
- Enlèvement des murs en L, terrassement, butonnage jusqu'au niveau 91.0 NGF, réalisation des parois moulées à 60.0 NGF,
- Terrassement, butonnage jusqu'au niveau 83.5 NGF puis reprise des terrassements et butonnage jusqu'au niveau 81.0 NGF,
- Terrassement, talutage 91 NGF, réalisation de l'ensemble voile- dalle/radier.

Zone centrale : en sous œuvre des voies du RER A (Réalisation de la zone sous l'ouvrage poussé RATP)

- Réalisation des micropieux à l'abri des longrines de ripage de l'ouvrage RATP,
- Réalisation de la poutre de liaison permettant de tenir la tête des micropieux,
- Terrassement par passe de 1 mètre, gunitage jusqu'au niveau 81 NGF pour dégager une hauteur sous dalle de 6.5m autorisant l'amenée d'un atelier de paroi moulée,
- Réalisation des murettes guides (la murette guide côté ouvrage servant de poutre),
- Réalisation de la paroi moulées et des barrettes du niveau 81 au niveau 60 NGF,
- Réalisation de la rehausse des parois moulées jusqu'à la sous face du tablier.



Coupe transversale sous le tablier du RER A (Source : Société du Grand Paris)

Toutes zones :

- Terrassement, butonnage jusqu'au radier,
- Réalisation du radier,
- Réalisation des voiles du tunnel ligne 16 et des poteaux de liaison radier, dalle ligne 16, avec retrait des butons provisoires,
- Montage de l'étaiement et coffrage de la dalle ligne 15,
- Réalisation de la dalle ligne 15,
- Réalisation des voiles de tunnel ligne 15 et des poteaux ligne 15 (de 82.0 NGF à 88.0 NGF), réalisation des poutres, poteaux et dalle de quais de la ligne 16,
- Réalisation butons définitifs, dalles de couverture (89.5 NGF),
- Réalisation des poteaux (89.5 à 95.4), butons et dalles niveau voirie,
- Réalisation des poutres, poteaux et dalles de quais ligne 15,
- Démolition des appuis provisoires de l'ouvrage RATP positionnés dans la future gare, fermeture des trémies,
- Réalisation des paillasses d'escaliers et des diverses rampes d'accès.

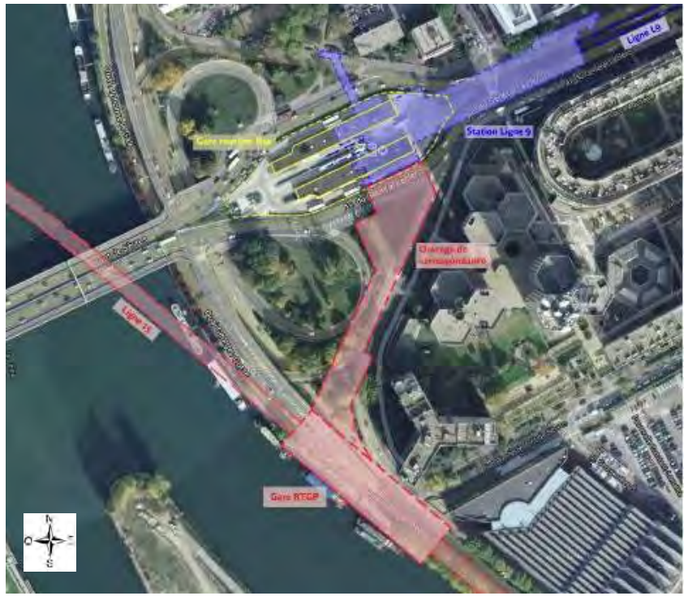
3.2 Interconnexions des gares avec les ouvrages SNCF et RATP

Le présent chapitre présente les interconnexions existantes et à venir entre les futurs ouvrages de la Société du Grand Paris (Grand Paris Express - Ligne 15 Sud) et ceux de la RATP et de la SNCF.
Un descriptif technique synthétique est réalisé à l'échelle de chaque gare concerné par ce type d'interface de la Ligne 15 Sud. La présentation aborde tout d'abord les interconnexions avec les ouvrages de la RATP puis avec les ouvrages de la SNCF.

3.2.1 Les interconnexions SGP - RATP

3.2.1.1 Gare de Pont de Sèvres

La station de Métro existante, station de Pont-de-Sèvres, constitue le terminus de la ligne 9 à l'Ouest de Paris. Celle-ci est implantée sous une importante gare routière, au niveau de l'avenue du Général Leclerc, qui irrigue majoritairement le sud – ouest du département des Hauts-de-Seine.



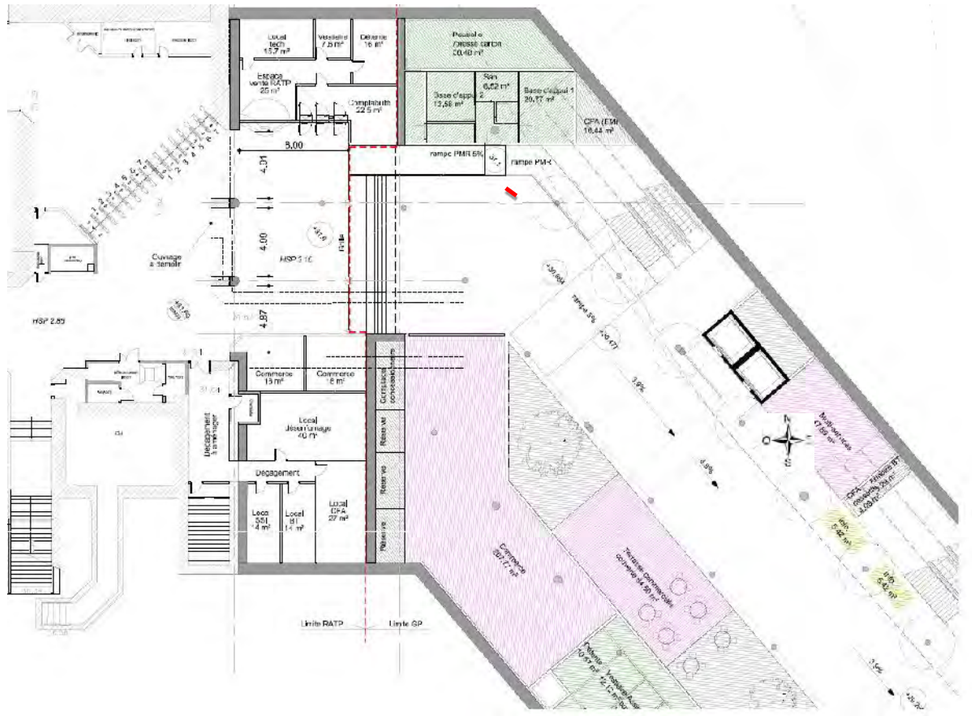
Insertion de la nouvelle gare (en rouge) et gare existante L9 (en bleu) (Source : AVP technique RATP)

La future gare de Pont de Sèvres (L15 Sud) vient s'implanter au sud de la station existante, le long de la Seine, à l'écart de l'important carrefour routier. La totalité des infrastructures du projet de la SGP est projetée en sous-sol et un important ouvrage de correspondance relie les deux établissements souterrains.
Le projet comprend également la mise en accessibilité de la gare routière, correspondance GPE / BUS, via la salle d'échange RATP, avec la création de deux ascenseurs.

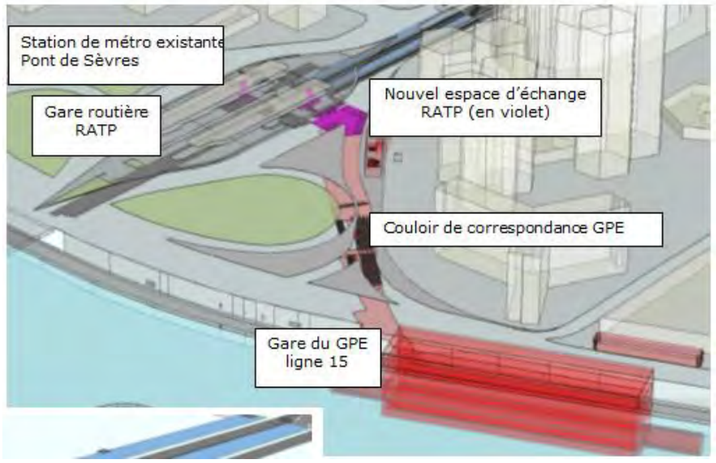
Il est à noter que le département des Hauts-de-Seine envisage de repositionner la gare routière dans le cadre d'un projet connexe de réaménagement de la tête du Pont-de-Sèvres. Les correspondances de la RATP et de la SGP devront être compatibles avec la gare routière existante tout en prévoyant des réservations préservant le devenir de la correspondance avec une gare routière reconfigurée.

Le système de sécurité Incendie et la sonorisation de sécurité seront mises à niveau pour toute la station et le temps d'évacuation de la station sera inférieur à 5 minutes.

Les deux Etablissements Recevant du Public souterrains seront reliés par un important ouvrage de correspondance, lui aussi souterrain, où sera située une nouvelle salle d'échange RATP. A la suite des travaux de correspondance, la station changera de catégorie en passant de la 3e à la 2e catégorie. En effet, en situation projetée, la station sera susceptible de recevoir 864 personnes contre 419 aujourd'hui. La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Pont de Sèvres – Plan des périmètres(Source : RATP-SGP)



PDS - Vue 3D de l'interconnexion projetée L9/L15 (Source : RATP)

3.2.1.2 Gare Châtillon-Montrouge

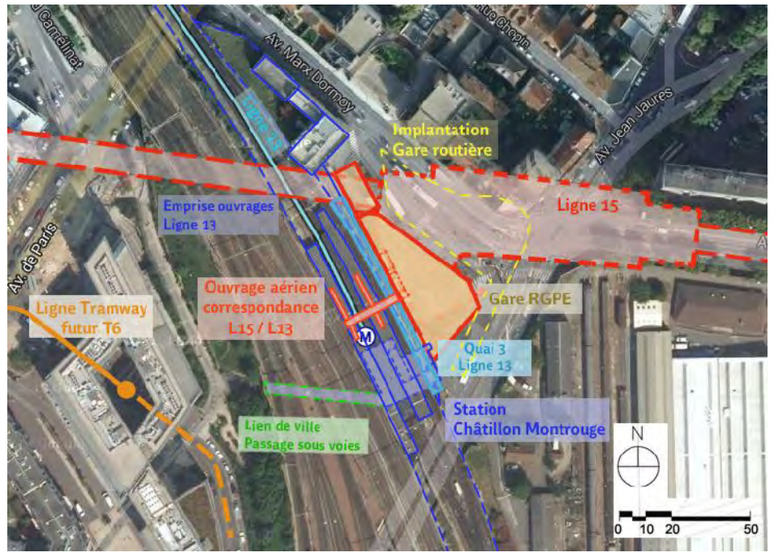
La future gare L15 vient s'implanter, au nord de la station existante, au droit de la gare routière Bus.

La ligne 13 emprunte une ancienne plateforme du projet de ligne entre Paris et Chartres par Gallardon qui ne desservait que les ateliers SNCF de Châtillon-Montrouge et la gare de marchandises. La station de Métro existante constitue le terminus de la ligne 13.

Il s'agit d'un ERP de type Gare aérienne de 5ème Catégorie située en remblai par rapport aux environnants. Composée de quais aériens situés sur un talus dominant la gare routière, la station comprend un quai central, « quai départ » et un quai latéral, « quai arrivée ». Ce quai est adjacent à un faisceau de voies SNCF.

Le projet se situe dans un contexte urbain dense : plateforme ferroviaire, gare routière, avenues avec un fort trafic, immeubles…

La figure suivante localise la station du Métro 13 existante et les aménagements de la future Gare de Chatillon-Montrouge :



CHM - Plan de situation – Etat projeté (Source : RATP)

L'essentiel des infrastructures du projet de la SGP est projeté en sous-sol. Seul le bâtiment de la gare est conçu en émergence au niveau de la voirie. Celui-ci sera accolé à l'emprise des voies RATP afin de favoriser une correspondance directe avec la ligne 13 du Métro.

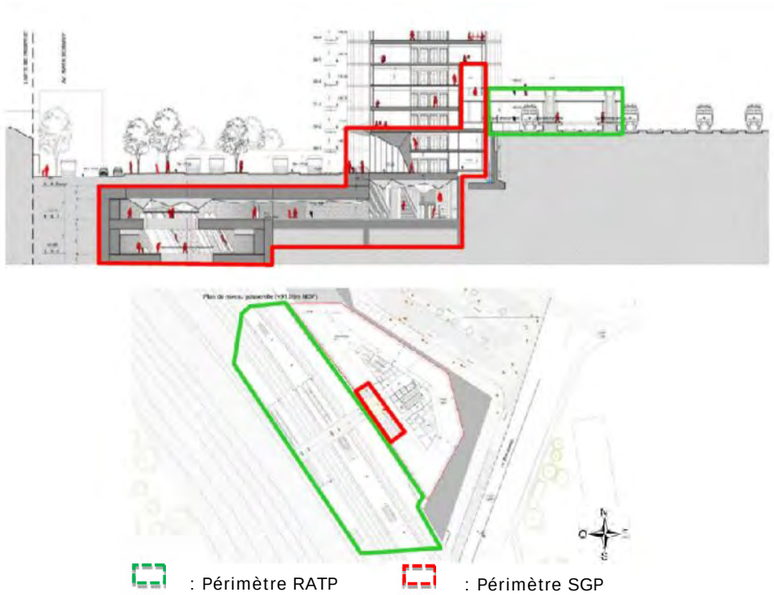
La correspondance L15 / L13 s'effectuera via une passerelle aérienne couverte au-dessus des voies reliant les quais aériens de la station au bâtiment voyageurs GPE via plusieurs circulations verticales. Les principaux ouvrages de ce projet de correspondance en station de Châtillon Montrouge sont donc :

- la création d'une passerelle au-dessus des voies du métro,
- la création d'un troisième quai « latéral départ » situé côté gare routière, au droit du mur de soutènement existant.
- La création d'une issue de secours depuis ce nouveau quai

Chatillon Montrouge figure parmi les stations critiques de par les emprises chantier importantes et les coupures d'exploitation nécessaires aux travaux de correspondance, notamment pour la mise en place de la passerelle.

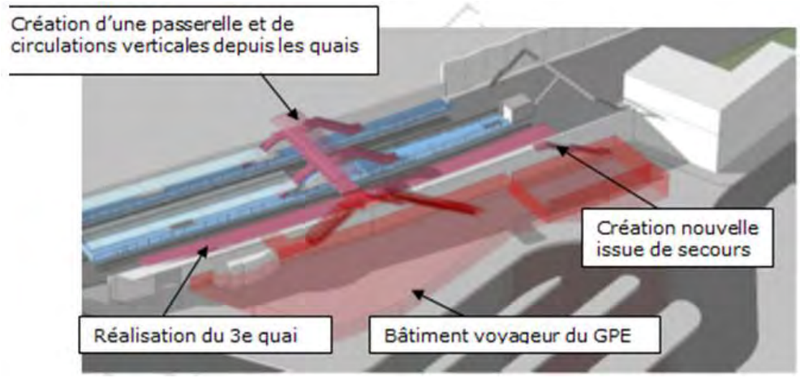
Les circulations verticales d'accès au nouveau quai et à la passerelle depuis le bâtiment voyageurs ainsi que la ligne de contrôle seront dans le périmètre GPE.

Les ERP RATP et GPE seront indépendants. La limite de l'établissement RATP se situera au niveau de la passerelle, projetée au droit du mur de soutènement existant. Il inclura par conséquent les espaces existants, le nouveau quai, la sortie de secours ainsi que la passerelle et les circulations verticales menant aux différents quais. La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Chatillon Montrouge - Plans des limites ERP (Source : dossier AVP RATP-SGP)

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Chatillon-Montrouge et de ses interconnexions :



CHM - Vue 3D de l'interconnexion projetée L13/L15 (Source : RATP)

3.2.1.3 Gare Bagneux

Après un prolongement de la station « Porte d'Orléans » à « Mairie de Montrouge » en mars 2013, la seconde phase du prolongement de la station « Mairie de Montrouge » à « Bagneux » a été déclarée d'Utilité Publique par arrêté inter préfectoral du 11 décembre 2012.

Cette interconnexion est de ce fait introduite par l'Avant-projet administratif du projet de prolongement de la ligne 4 du métro, validé le 5 octobre 2011.

La Ville de Bagneux, en anticipation de l'arrivée du Métro 4 (prolongement de la ligne historique) et confortée dans une perspective d'interconnexion avec le futur métro en rocade, a créé la ZAC Eco quartier Victor Hugo. Elle prévoit sur près de 18,5 hectares des activités économiques, de l'habitat et des équipements. Il s'agit de construire un quartier plus dense mais aussi d'aménager des espaces verts, une coulée verte ainsi que des circulations douces, comme l'illustre la figure suivante :



Bagneux – vue prospective de la ZAC Eco quartier Victor Hugo (Source : RATP)

La station terminus aura un accès principal donnant sur un parvis crée dans le cadre de la ZAC Victor Hugo, au droit de l'avenue Henri Barbusse. Un accès secondaire sera également créé au nord de la station, donnant sur l'avenue de Stalingrad. Une sortie secondaire débouchera également sur le futur parvis.

La circulation entre le rez-de-chaussée et les quais sera assurée par des escaliers mécaniques (montée et descente pour l'accès principal, montée seulement pour l'accès secondaire et la sortie secondaire) et des escaliers fixes. L'accessibilité aux personnes à mobilité réduite sera garantie par l'installation d'un ascenseur par quai, du côté de l'accès principal.

Les deux ERP souterrains seront reliés par un ouvrage de correspondance, lui aussi souterrain. La station Bagneux prévoit dans sa conception la création de deux escaliers (1 Escalier Fixe et 1 Escalier Mécanique) et un ascenseur sur chaque quai afin de permettre la correspondance directe avec la future gare de la Ligne 15 du Grand Paris.

La SGP et la RATP se sont rapprochées afin de convenir des conditions de coordination de leurs études de niveau « PRO » de manière à s'assurer de la compatibilité des travaux d'aménagement relevant de leur Maîtrise d'Ouvrage respective, ainsi que pour fixer les conditions de financement de ces études et travaux.

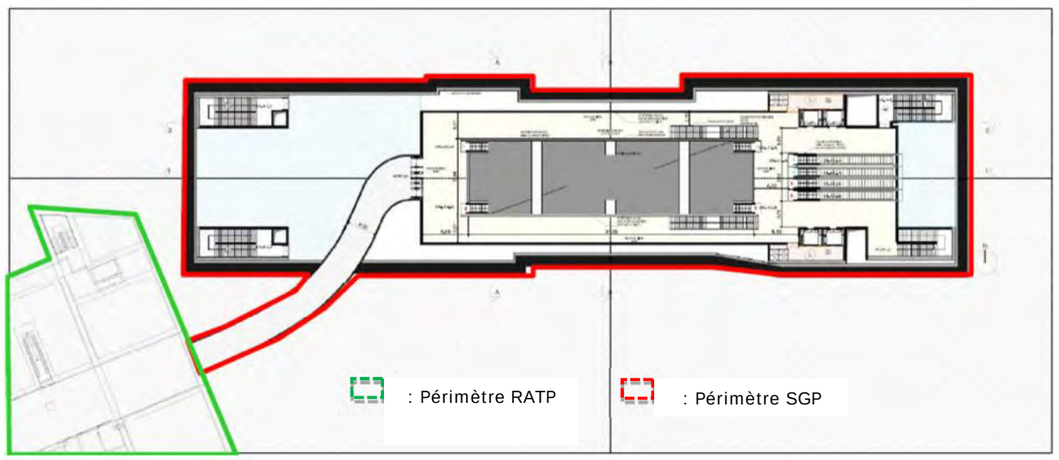
La figure suivante illustre les futurs aménagements de la Gare de Bagneux et de ses interconnexions :



Bagneux - Interconnexion (en vert) avec la Ligne 15 Sud (Source : Société du Grand Paris)

Les deux ERP souterrains, physiquement distincts, seront in fine reliés par un ouvrage de correspondance souterrain.

Par ailleurs, la station « Bagneux » constituera le terminus de la ligne 4 au sud de Paris. Il s'agira d'un Etablissement Recevant du Public (ERP) de type Gare mixte de 3ème Catégorie. La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



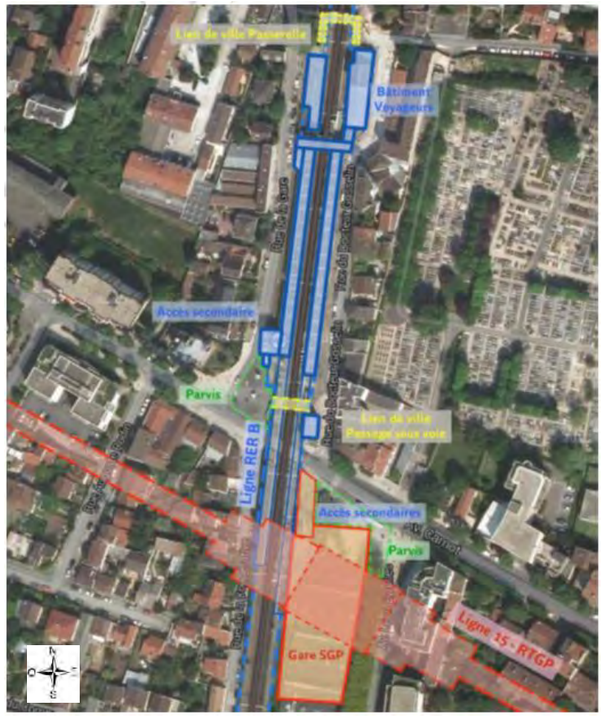
Bagneux - Plans des limites ERP (Source : Société du Grand Paris)

3.2.1.4 Gare Arcueil-Cachan

La future ligne 15 croise la ligne B du RER à l'extrémité sud des quais existants (ligne 15 en souterrain et ligne B en talus). Le bâtiment voyageur du GPE sera situé au niveau voirie, à proximité immédiate des emprises de la gare RER, sur le parvis de l'actuelle place Carnot.

La gare RER existante est un ERP de type Gare Aérienne. Elle est bâtie sur un talus central que bordent deux voiries secondaires, et que coupe transversalement en sous voies l'avenue Carnot pour irriguer le centre-ville. La gare est accessible aux UFR et l'accès de la gare se fait au niveau voirie.

La figure suivante localise la station du RER B existante et la zone d'aménagement associée :



Arcueil-Cachan Plan de situation – Etat projeté (Source : RATP)

Le projet GPE vient s'implanter, au sud de la gare existante, côté accès secondaires. La future ligne 15 a un tracé quasi perpendiculaire à la ligne B, parallèlement à l'Avenue Carnot.

La gare du Grand Paris est prévue en souterrain. Pour cela, un tablier-dalle doit être réalisé pour soutenir les voies du RER. La construction de cet ouvrage ainsi que son ripage constituent la phase déterminante des travaux d'interconnexions RATP - GPE pour la gare d'Arcueil Cachan.

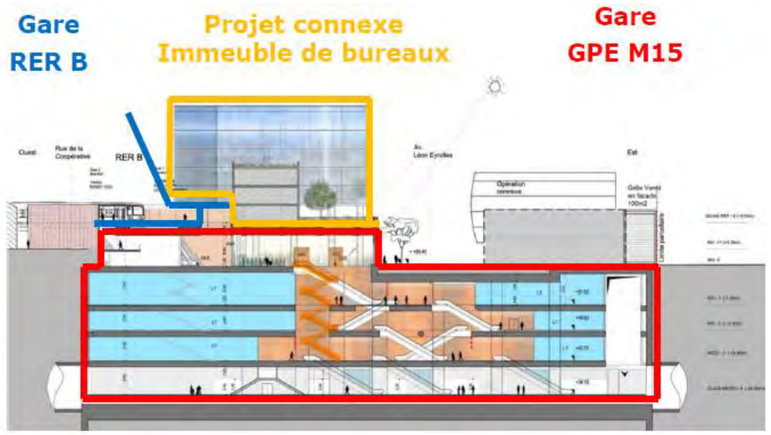
La RATP réalisera également un accès provisoire afin de permettre la démolition d'un accès existant, dans l'attente de l'ouverture des nouveaux espaces.

Le bâtiment voyageurs s'imposera sur le parvis actuel de la place Carnot accolé à l'emprise de la gare, alors que l'espace de correspondance RER B / Ligne 15 se situera sous les voies du RER, au même niveau et dans la continuité du bâtiment voyageurs. De nouvelles circulations verticales (EF,

EM et ascenseurs) feront le lien entre les quais existants élargis et le nouvel espace d'échange sous voies.

La gare RER existante est un ERP de type Gare Aérienne. La future gare SGP d'Arcueil-Cachan sera implantée au sud de la gare existante et donc dissociée de l'ERP de la gare RATP existante

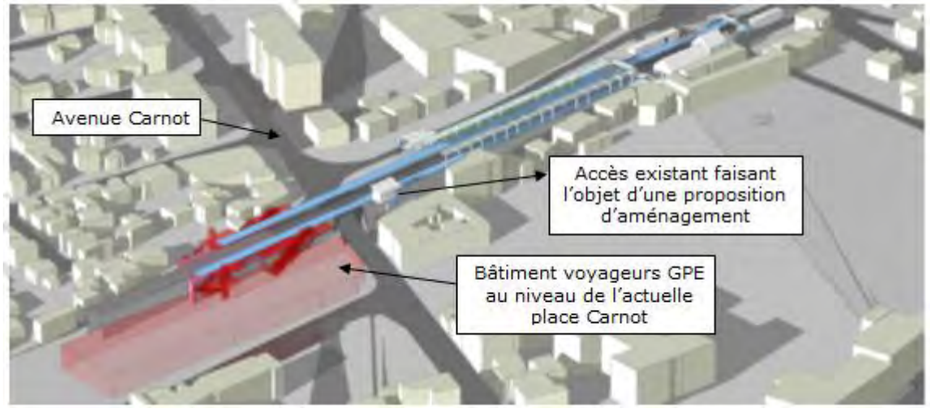
La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Arcueil-Cachan - Plans des limites ERP (Source : Société du Grand Paris)

La limite entre les ERP se situera au niveau des quais du RER B, dans la limité de la géométrie existante. Ainsi les élargissements de quais se situeront dans l'ERP GPE.

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare d'Arcueil-Cachan et de ses interconnexions :



Arcueil-Cachan - Vue 3D de l'interconnexion projetée RER B/ L15 (Source : RATP)

3.2.1.5 Gare Villejuif-Louis Aragon

La future gare L15 vient s'implanter, au nord de la station de Métro Villejuif Aragon, terminus de la ligne 7, dans l'alignement de l'avenue de la République et l'avenue Louis Aragon.

La station de métro existante L7 est une station souterraine. Il s'agit d'un ERP de type Gare mixte de 2ème catégorie.

Le bâtiment GPE sera conçu en émergence au niveau de la voirie, avenue Louis Aragon. Celui-ci sera accolé à l'emprise de la gare routière et du bâtiment abritant le parking en lieu et place d'un petit immeuble d'habitation et de commerces afin de favoriser une correspondance directe avec la ligne 7 du Métro.

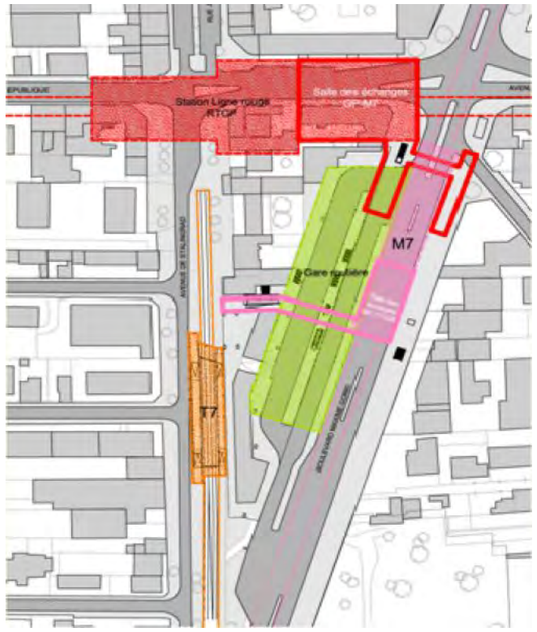
Le projet se situe dans un contexte urbain dense : RD7 avec passage souterrain, immeubles adjacents au projet, nombreux concessionnaires et gare routière surmontée par un parking aérien.

La correspondance L15 / L7 s'effectuera via une correspondance dédiée reliant le niveau mezzanine de la gare du Grand Paris aux niveaux quais de la ligne 7 sans avoir à emprunter les espaces RATP existants. Depuis chaque quai, une sortie vers la voirie est également créée ou modifiée. Les correspondances avec la gare routière se feront en surface par la voirie.

Les autres accès et sorties de la station de la ligne 7 du métro, implantés plus au sud ne sont pas impactés par ce nouveau fonctionnel. Ces accès existants se rejoignent au niveau de la salle des billets et les sorties sont disposées côté gare routière.

Le temps d'évacuation projeté de la station est inférieur à 5 minutes.

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Villejuif-Louis Aragon et de ses interconnexions :



En rouge : Gare du GPE

En rose : Ligne métro 7

En orange : Tramway T7

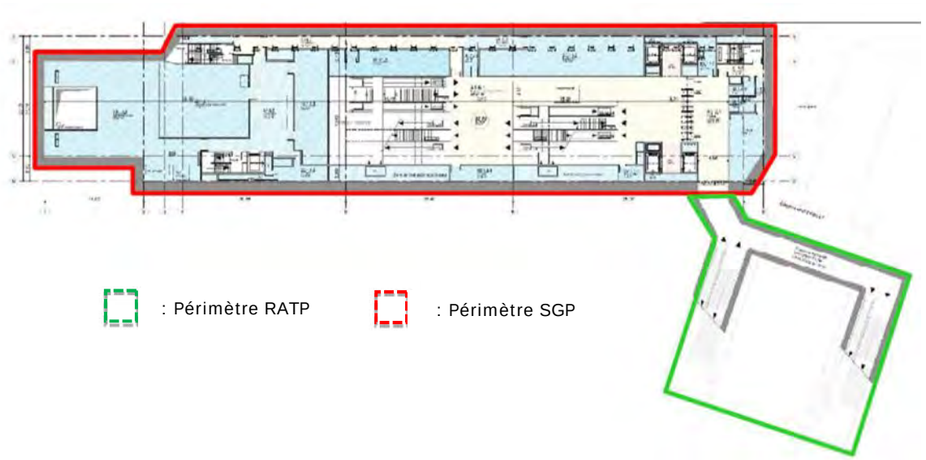
En vert : Gare routière (bus)

Schématisation des 4 modes de transport dans la zone de la station Louis Aragon (Source : RATP)

Le projet se caractérise donc par :

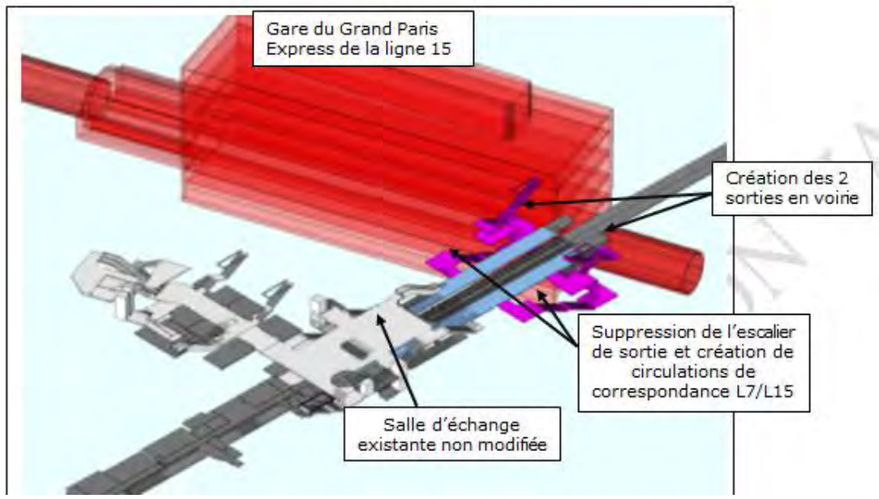
- La création d'un passage sous voies et de liaisons verticales (EF + EM) pour rejoindre la mezzanine d'échange du GPE ;
- La création d'une nouvelle sortie côté quai départ et la reconstitution d'une sortie quai arrivée.

Les établissements RATP et GPE seront indépendants. La limite d'établissement RATP prévue à ce jour se situera au droit du raccordement du couloir de correspondance avec la boîte gare GPE. L'ERP RATP inclura ainsi les espaces existants, le nouveau passage sous voies et les circulations verticales qui y sont liées, ainsi que les nouvelles sorties. La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Villejuif Louis Aragon - Plans des limites ERP (Source : Société du Grand Paris)

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Villejuif-Louis Aragon et de ses interconnexions :



Vue 3D de l'interconnexion projetée L7/L15 (Source : AVP technique RATP)

3.2.1.6 Gare Créteil l'Echât

La station Créteil-L'Echat Ligne 8 se situe sur la commune de Créteil, Préfecture du département du Val-de-Marne dans l'Est parisien. La station est située dans un quartier administratif dont le centre est articulé autour d'un petit centre commercial adossé à la station.

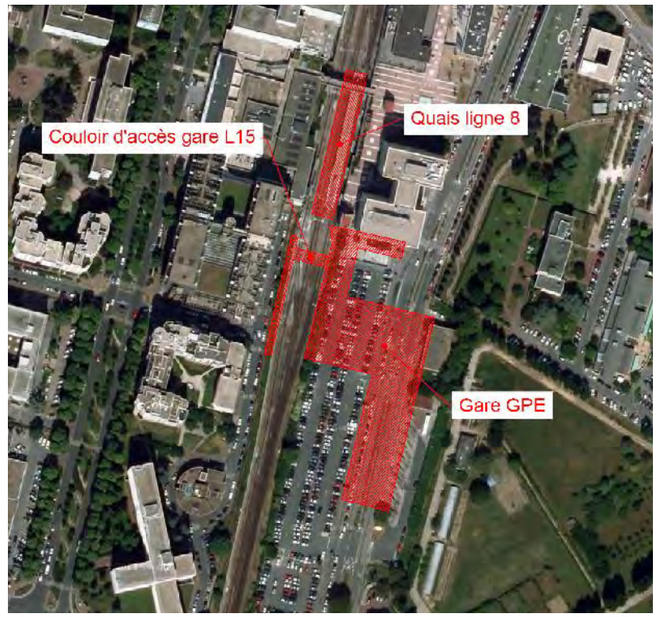
La station de Métro existante est un ERP de type Gare Mixte de 4ème Catégorie, le quai central étant de type aérien et la salle des billets en partie souterraine. Cette dernière fait office de « lien de ville », aux heures d'exploitation de la ligne 8, qui dessert également le centre commercial.

Le bâtiment de la gare L15 est conçu en émergence au niveau de la voirie et sera accolé à l'emprise des voies RATP à l'est de la station existante afin de favoriser une correspondance directe avec la ligne 8 du Métro.

L'essentiel des infrastructures du projet de la Société du Grand Paris est projeté en sous-sol. Seul le bâtiment permettant d'entrer dans la gare GPE est conçu en émergence au niveau de la voirie.

Le temps d'évacuation projeté de la station est inférieur à 5 minutes.

La figure suivante localise la station du Métro 8 existante et les aménagements de la future Gare de Créteil l'Echat :



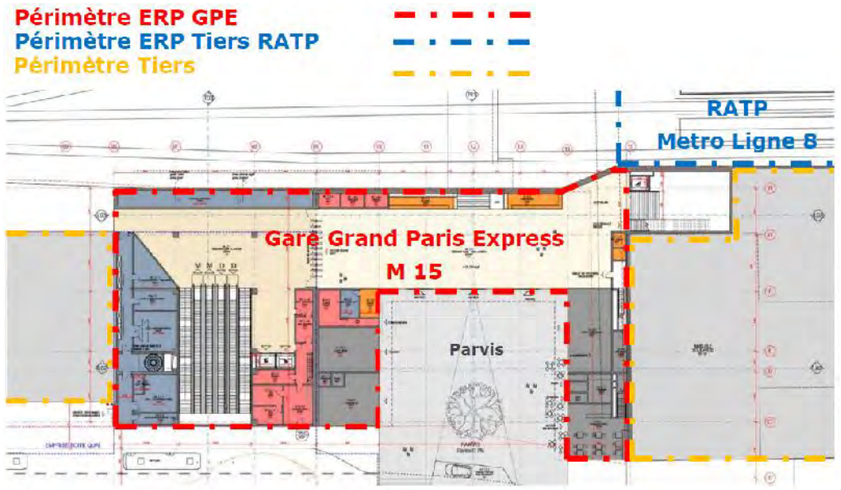
CLE Plan de situation – Etat projeté (Source : RATP)

Le projet se caractérise par :

- La création d'un ouvrage en sous-œuvre pour rejoindre le réseau du GPE, sous les voies du Métro ligne 8. Cette opération nécessite de réaliser une coupure d'exploitation de 4 jours (chemin critique des travaux RATP pour cette station) ;
- La réorganisation de la SA existante pour accueillir les flux en correspondances ;
- La création d'un deuxième quai central couvert, entre voie 1 et voie A. Des mesures conservatoires de construction ayant été adoptées à l'occasion de la création de la station.

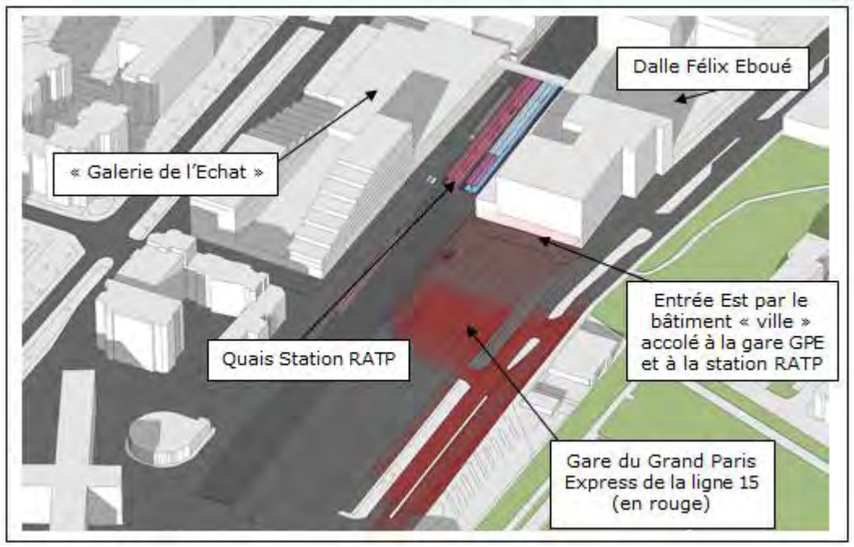
La limite d'établissement RATP prévue à ce jour se situera en lieu et place des limites actuelles.

La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Créteil l'Echat - Plans des limites ERP (Source : RATP-SGP)

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Créteil l'Echat et de ses interconnexions :



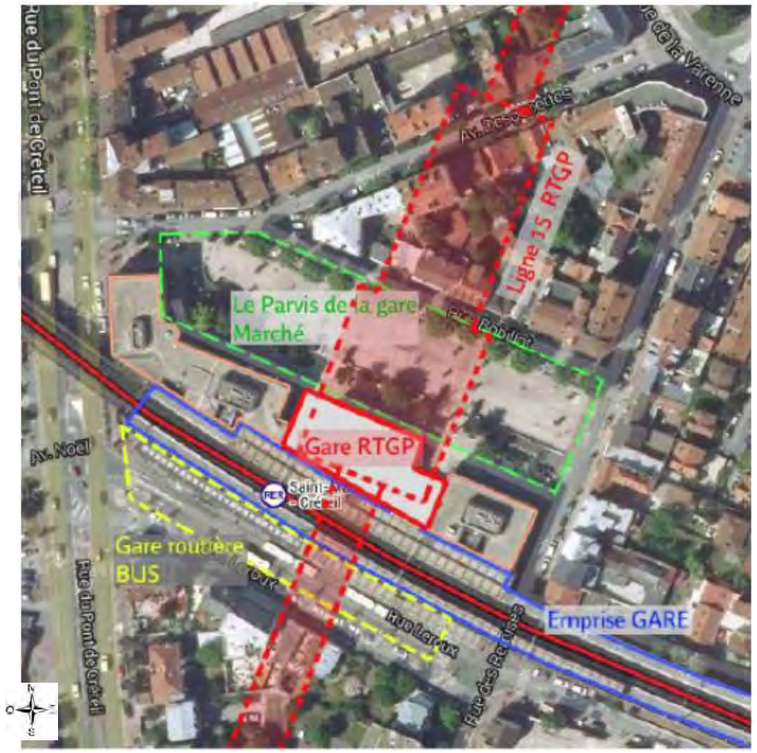
CLE - Vue 3D de l'interconnexion projetée en insertion urbaine (Source : RATP)

3.2.1.7 Gare Saint-Maur Créteil

La future gare ligne 15 vient s'implanter au nord de la gare existante, côté Parvis. La future Ligne 15 a un tracé perpendiculaire à la voie RER A. La gare de Saint-Maur – Créteil est située dans un quartier résidentiel dont le centre est articulé autour du parvis de la gare et comporte un grand nombre de commerces de proximité, dont le marché bi-hebdomadaire sur le Parvis.

La gare RER existante est un ERP de type Gare Aérienne, elle est adossée, côté nord, à un immeuble de bureaux et de commerces en RDC et côté Sud à la gare routière Bus.

La figure suivante localise la station de Saint Maur - Créteil existante et la zone d'aménagement associée :



SMC - Plan de situation – Etat projeté (Source : RATP)

Le projet se situe dans un contexte urbain dense : gare routière, parking souterrain, immeubles à proximité…

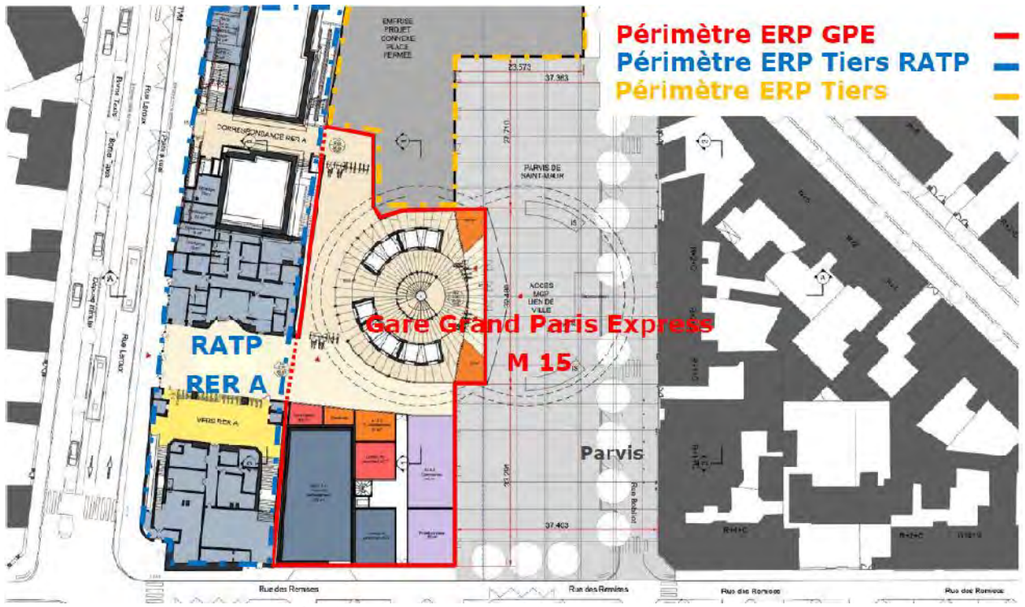
Le bâtiment de la gare GPE sera conçu en émergence au niveau de la voirie et sera accolé à l'emprise de la gare afin de favoriser une correspondance directe avec la ligne A du RER.

Ainsi le projet se caractérise par :

- l'ouverture d'un nouveau couloir de correspondance sous voies et la création de circulations verticales depuis les quais (avec élargissement des quais localement) ;
- la création d'une sortie contrôlée donnant sur la gare routière et le réaménagement partiel de la façade côté gare routière.

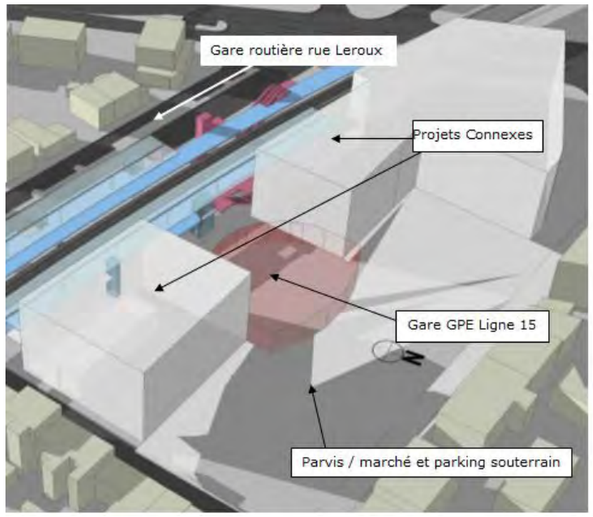
La limite d'établissement prévue à ce jour se situe au niveau de l'ouvrage RER existant donnant sur le parvis, au droit de la façade de la salle et à l'extrémité du couloir de correspondance sous voies. L'ERP RATP inclura les espaces existants, le nouveau passage sous voies et les circulations verticales menant aux quais du RER.

La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Saint Maur Créteil - Plans des limites ERP (Source : RATP-SGP)

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Saint Maur Créteil et de ses interconnexions :



SMC – Vue 3D de l'interconnexion projetée en insertion urbaine (Source : RATP)

3.2.1.8 Gare Noisy-Champs

La future ligne 15 croisera, en souterrain et perpendiculairement, la ligne A.

La gare de Noisy-Champs est située en limite du quartier résidentiel « Champy » côté Noisy-le-Grand à l'Ouest, composé de logements individuels et collectifs et où existe un nombre importants de commerces de proximité et du quartier universitaire et d'activités « Descartes » côté Champs-sur-Marne.

La gare RER actuelle est composée de deux établissements, situés sur deux communes et deux départements différents. La voie ferrée est-ouest est en tranchée ouverte et les bâtiments voyageurs s'appuient sur les talus latéraux.

Le bâtiment voyageur du GPE viendra s'implanter en surface, au-dessus des voies actuelles du RER, alors que les voies de circulation des lignes 15 sud et 16 du GPE seront créées sous les voies du RER.

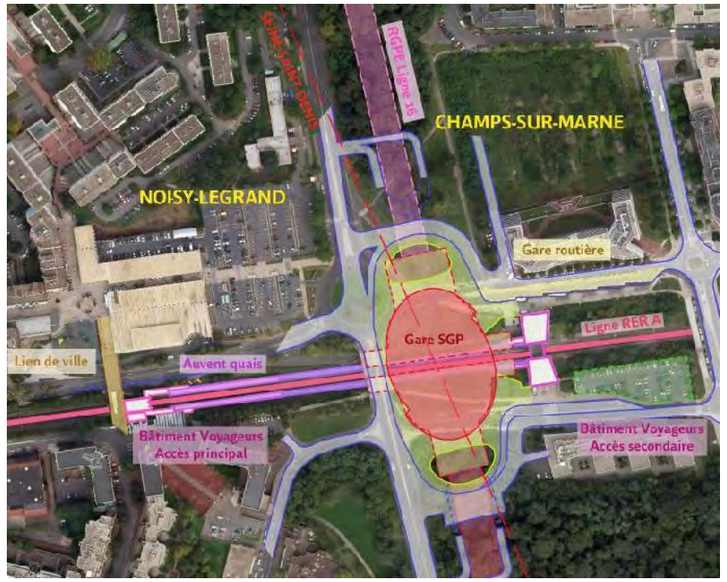
Pour cela, il est nécessaire de créer un ouvrage cadrepour :

- soutenir les voies du RER A pour la construction de la boite gare des lignes 15 et 16 ;
- recouvrir les voies du RER A pour la construction de la gare GPE en voirie.

La construction de cet ouvrage ainsi que son ripage constituent la phase critique des travaux d'interconnexions RATP - GPE pour la gare de Noisy-Champ.

Le temps maximum d'évacuation de la gare de Noisy Champs après travaux est inférieur à 5 minutes.

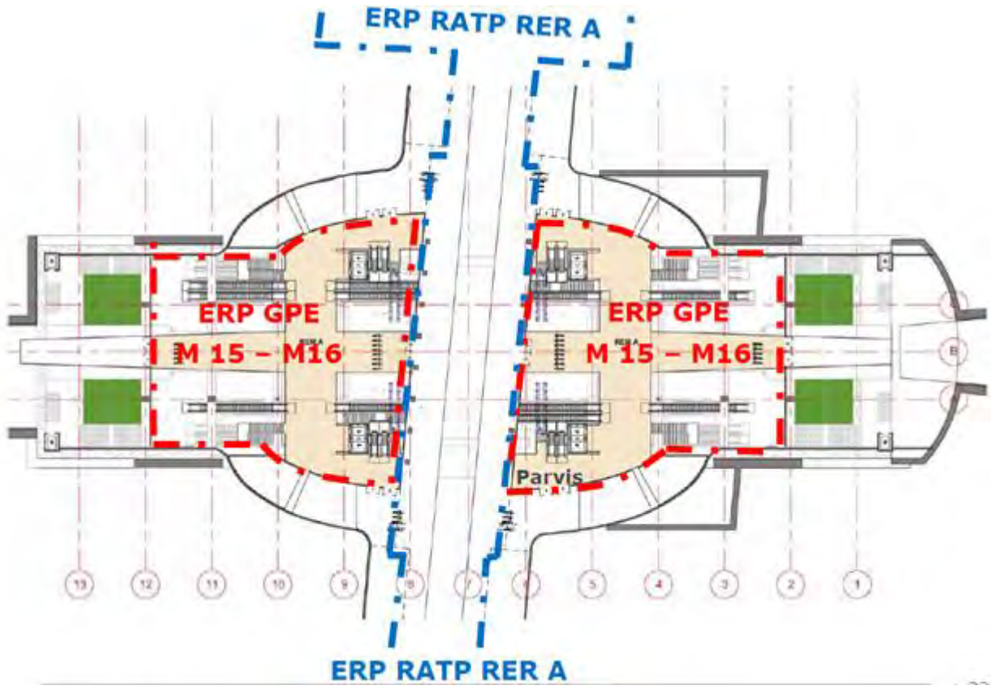
La figure suivante localise la station du RER A existante et les aménagements de la future Gare de Noisy-Champs :



NCH - Plan de situation – Etat projeté (Source : RATP)

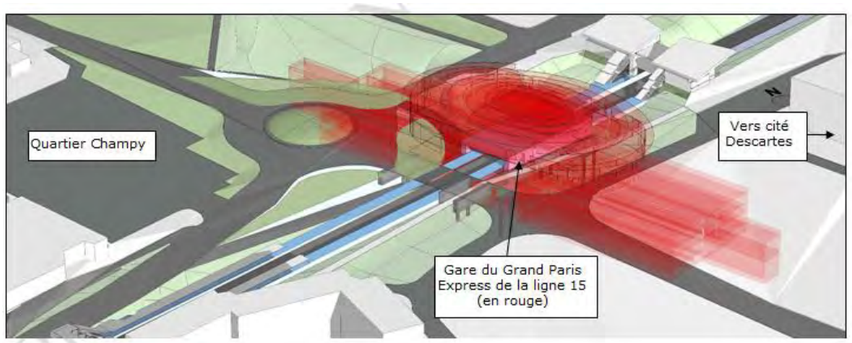
Les établissements RATP et GPE seront indépendants. Les limites d'établissements prévues à ce jour se situent au niveau des quais, en limite des ouvrages RATP actuels. Les ERP RATP actuels n'incluront aucun nouvel espace.

La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Noisy Champs - Plans des limites ERP (Source : RATP-SGP)

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Noisy-Champs et de ses interconnexions :



NCH – Vue 3D de l'interconnexion projetée en insertion urbaine (Source : RATP)

3.2.2 Les interconnexions SGP - SNCF

3.2.2.1 Gare Issy RER

La gare d'Issy – RER C doit être réaménagée pour permettre l'interconnexion avec le métro Grand Paris, La correspondance se fera par un couloir souterrain passant sous la rue des arches et venant ensuite se connecter a la gare du Grand Paris Les aménagements prévus consistent principalement en :

Les ouvrages de correspondance :

- La réalisation des circulations verticales (escaliers fixes et mécaniques, ascenseurs) vers les quais depuis l'émergence du couloir souterrain d'interconnexion GPE sur le parvis de la gare
- Cheminement dédié à la correspondance côté V1 (vers Paris) avec une mezzanine intermédiaire débouchant sur une passerelle inclinée pour accéder au quai
- Création de plateformes de correspondance en prolongement des quais côté Paris, jusqu'aux circulations verticales d'interconnexion vers le GPE côté V1 et V2

La création d'un passage sous l'arche 1 le long du passage ville-ville :

- Mise à niveau du terrain en continuité du Bâtiment Voyageur (pente minimale pour assurer accessibilité PMR) et fermeture de l'espace pour créer une circulation intérieure en parallèle de la liaison ville-ville existante
- Création ou réaménagement des circulations verticales d'accès aux quais V1 et V2 depuis le Bâtiment Voyageur (au-delà des portillons)

L'élargissement et le réaménagement des quais sur viaduc et dans le talus, et leur mise aux normes pour l'accessibilité PMR (avec augmentation de la surface de quais couverts et un rehaussement des quais provisoire et définitif).

Ces travaux comprennent également la reprise de l'évacuation des eaux de la gare conformément à la règlementation sur le rejet des eaux vers la ville

La démolition et reconstruction du Bâtiment Voyageur SNCF

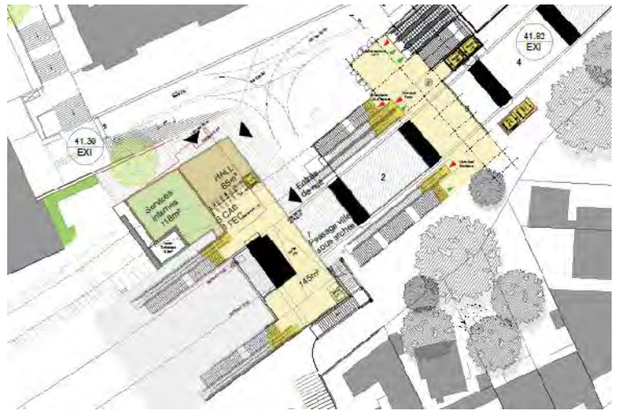
Le traitement de l'insertion urbaine du projet :

- Connexion de l'accès public du quai V2 au Sentier de l'Asile : réfection de la zone de sortie en parvis

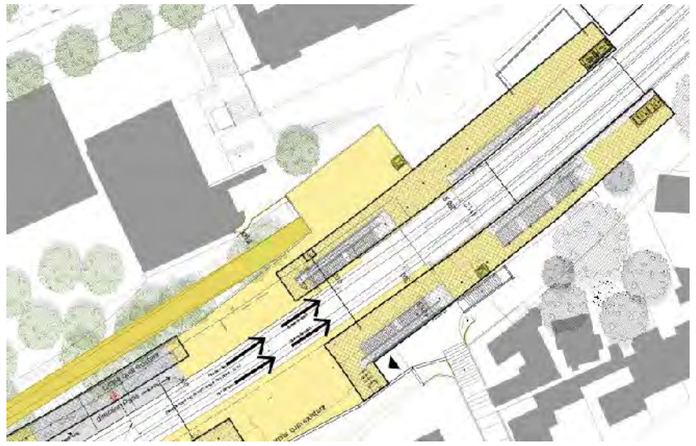
- Traitement paysager du site,

- La réorganisation des fonctionnalités du parvis suite à la construction de l'émergence de l'interconnexion du GPE vers le RER C. De même, un travail sur la lisibilité de la gare, masquée par l'émergence des circulations verticales, doit être pris en compte dans la suite des études.

- La prise en compte des projets d'aménagement de la ville prévoyant une démolition du bâtiment R+7 existant et donc une visibilité potentielle de l'ensemble depuis l'avenue de Verdun



Projet de réaménagement de la gare d'Issy RER C – niveau rue



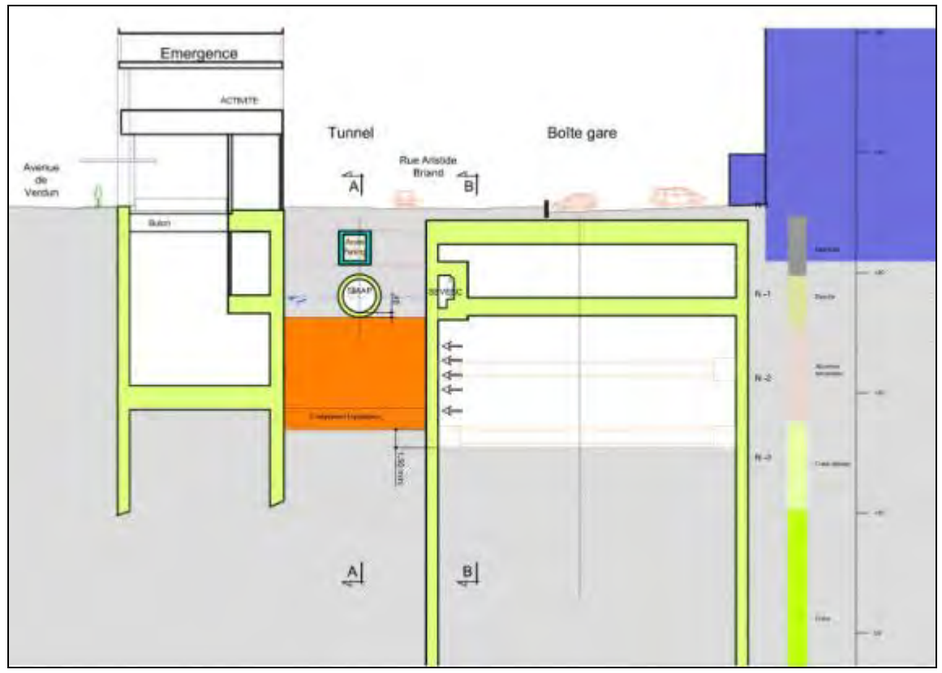
Projet de réaménagement de la gare d'Issy RER C – niveau quai

Du fait des problématiques d'accessibilité au site (impasse, grands dénivelés), les travaux de réaménagement de la gare RER C sont phasés avec les travaux de la gare ISSY RER.

Dès que les travaux souterrains du couloir de correspondance sont terminés, les trémies sont rebouchées par des dalles provisoires, permettant de rétablir la largeur de la rue des Arches, seul accès routier à la gare d'Issy les Moulineaux. Les travaux de réaménagement de la gare peuvent alors commencer dans un ordre dicté par la topographie et l'accessibilité des lieux :

1- Derrière les arches (côté remblai) : terrassements et soutènements de remblai, mise en œuvre des circulations verticales
2- Au niveau du quai de la gare Sud : élargissements du quai sur remblai et sur viaduc, soutènement de remblai supérieur, réaménagement accès secondaire, remaniement du quai (pentages, abris, équipements, …)
3- Au niveau du quai de la gare Nord : élargissement du quai sur remblai, soutènement de remblai inférieur, construction d'une passerelle inclinée dans le remblai, remaniement du quai (pentages, abris, équipements, …)

4- Au niveau du Bâtiment Voyageurs : démolition puis reconstruction avec des solutions provisoires de service aux voyageurs
5- Devant les arches (côté Rue) : mise en œuvre des circulations verticales



Détail sur couloir entre Gare et Émergence
(Source : Société du Grand Paris)

La plupart des travaux, du fait de leur contiguïté immédiate avec le réseau RER C, doivent s'inscrire dans une programmation très en amont (4 ans à l'avance) des interruptions d'exploitation et des limitations de vitesse, voire des accès ferroviaires pour les engins de travaux. Ces interceptions sont calées de nuit (environ 0h-4h) et de Week end pour les opérations de plus grande durée.

De plus, la circulation du RER C étant maintenue (en dehors de ces plages d'interception), il convient donc aussi d'assurer au quotidien l'accès des voyageurs aux trains du RER C, ce qui implique de forts aménagements des phasages en dehors des problématiques purement travaux. Cela implique aussi des travaux de finition provisoire (second œuvre temporaire) de façon à assurer la sécurité et le service des voyageurs pendant toute la durée des travaux.

Pour ces 2 raisons principales, la durée des travaux est très supérieure à la réalisation brute des ouvrages, et le phasage s'en trouve fortement complexifié.

3.2.2.2 Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart

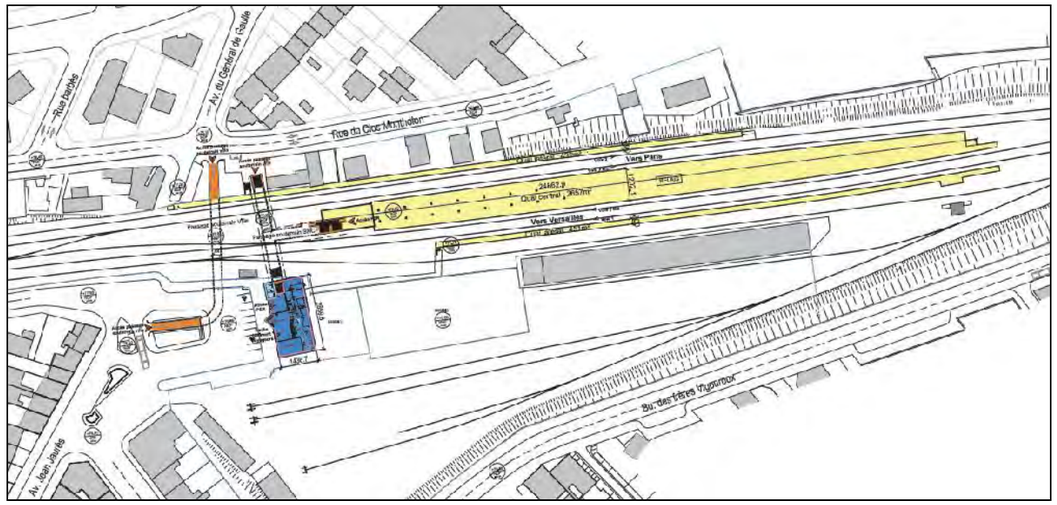
La gare SNCF de Clamart est située sur la commune de Clamart, dans les Hauts-de-Seine (92), sur le réseau ferroviaire de Paris Montparnasse (ligne n°420 000).

Elle se trouve à la jonction des communes de Clamart, Vanves, Issy-les-Moulineaux et Malakoff. La gare comporte :

- 1 quai central encadré par les voies 1 bis et 2 bis,
- 2 quais latéraux de secours sur les voies 1 dir et 2 dir, de dimensions réduites,
- Un bâtiment voyageur (BV) situé côté Clamart, implanté au point culminant du talus ferroviaire, place de la gare,
- Un passage souterrain traversant le plateau des voies, depuis le BV jusqu'à la rue du clos Montholon, et donnant accès au quai central via des escaliers fixes,
- Un passage souterrain ville-ville existe également à l'ouest de la gare, fermé depuis janvier 2015 par la ville de Clamart.

La gare n'est pas accessible Personnes à Mobilité Réduite. Elle est inscrite au Schéma Directeur d'Accessibilité des gares d'Ile de France.

La figure suivante illustre la gare de Fort d'Issy Vanves Clamart existante :



Plan de l'existant (Source : SNCF)

Les ouvrages de correspondance prévus pour la mise en interconnexion de la gare de FIV-Clamart comprennent :

- La réalisation du couloir souterrain sous le quai central, pour interconnexion avec la salle d'échange de la boîte-gare du GPE, avec les circulations verticales correspondantes,
- Remise en état des quais,
- Le bâtiment voyageur SNCF.

Les ERP SGP et SNCF sont organisés selon le principe de deux Etablissements Recevant du Public séparés et isolés. Toutefois, le quai central et le couloir de connexion situé sous le quai central seront inclus dans l'ERP SGP.

L'ERP SNCF comprendra le Bâtiment Voyageur SNCF, le couloir de connexion entre le BV SNCF et la boîte-gare GPE et les quais latéraux de secours.

La séparation entre ERP sera organisée en extrémité du couloir de connexion, comme l'illustre la figure suivante :

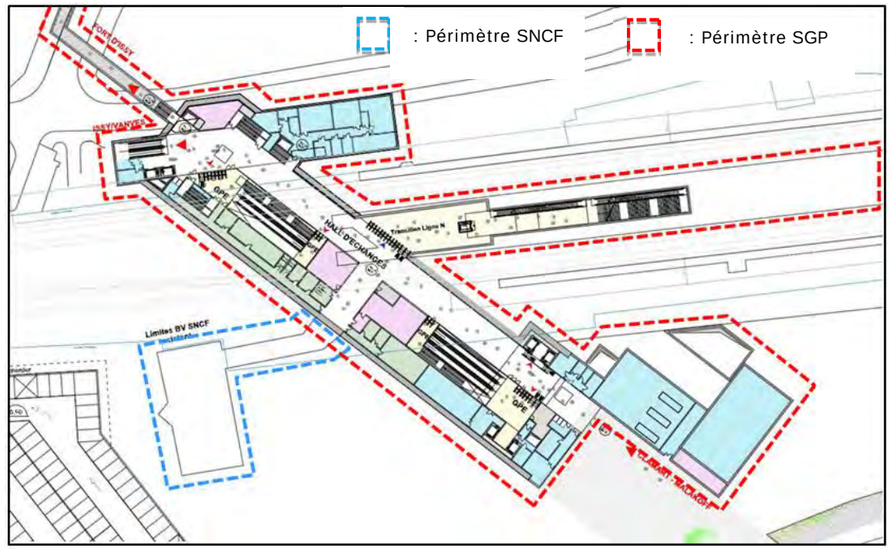


Schéma de principe de répartition des ERP – Plan AREP (Source : SNCF)

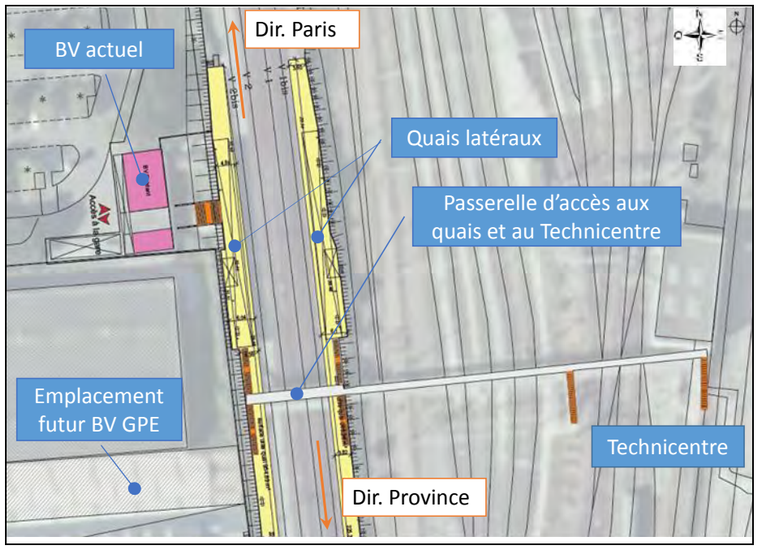
3.2.2.3 Gare Les Ardoines

La gare des Ardoines est située sur la Commune de Vitry-sur-Seine au sud-est de Paris. Les Ardoines est une gare ferroviaire de la ligne de Paris-Austerlitz à Bordeaux-Saint-Jean (ligne 570 000). La gare comporte :

- 2 quais latéraux sur les voies Bis,
- Un bâtiment voyageur (BV) situé côté Paris, à l'ouest des voies,
- Un accès au quai latéral direction Paris, à l'Ouest des voies, accessible depuis le BV existant,
- Une passerelle métallique qui permet de rejoindre les quais latéraux entre eux en faisant office d'entrée/sortie pour le quai direction Province et d'accéder au site SNCF du Technicentre sur un tronçon privatisé.

La gare n'est pas accessible aux Personnes à Mobilité Réduite. Elle est inscrite au Schéma Directeur d'Accessibilité des gares d'Ile de France.

La figure suivante illustre la gare des Ardoines existante :



Le site de la gare actuelle des Ardoines (Source : SNCF)

Les ouvrages de correspondance prévus pour la mise en interconnexion de la gare des Ardoines comprennent :

- Les travaux préparatoires pour la réalisation par la SGP de la nouvelle passerelle au-dessus des voies, et du passage souterrain par SNCF,
- La réalisation du couloir souterrain, de largeur 10 m utile, pour interconnexion des 2 quais avec le niveau -1 du BV imbriqué, avec les circulations verticales correspondantes
- Le réaménagement et l'élargissement des quais,
- La reconstitution des marquises de quais, au-dessus du couloir d'interconnexion et de ses liaisons verticales,
- Bâtiment voyageur : aménagements des espaces SNCF dans la nouvelle gare des Ardoines.

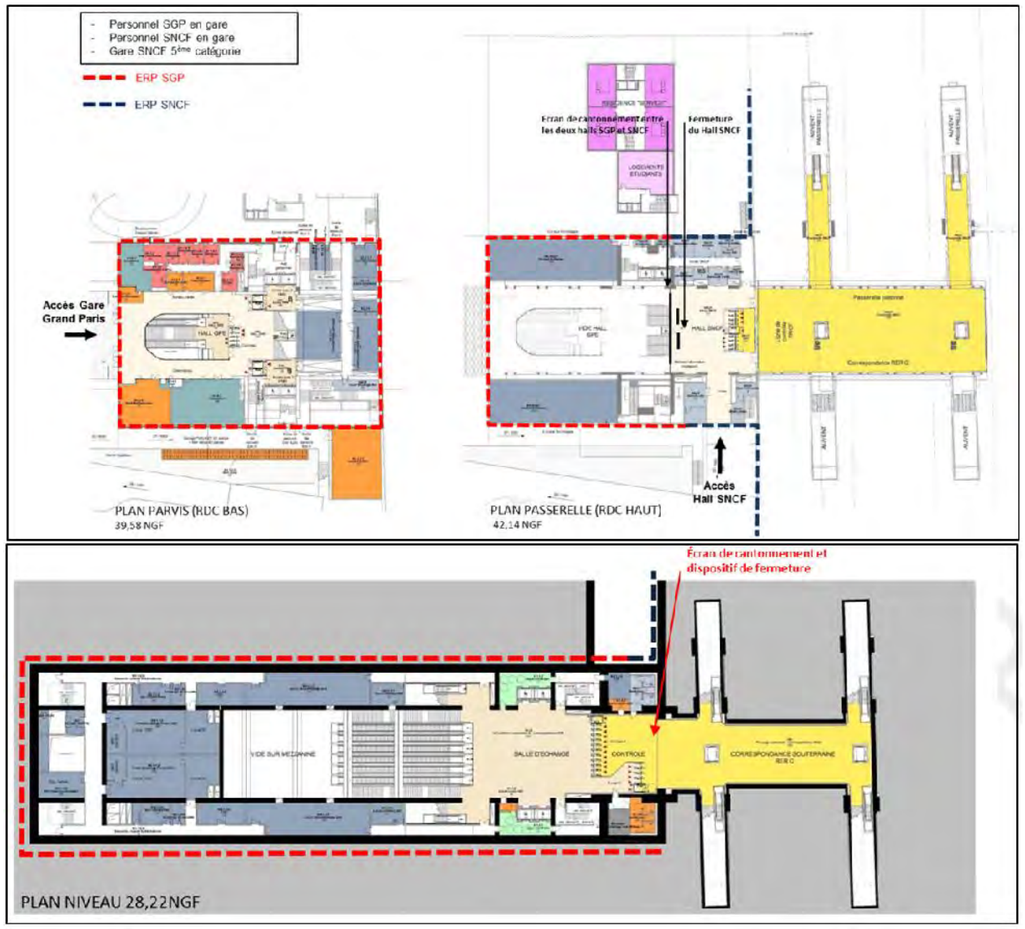
Cela permettra de rendre cette gare SNCF accessible.

Les ERP SGP et SNCF sont organisés selon le principe de deux Etablissements Recevant du Public séparés non isolés, comme l'illustre les figures suivantes.

L'ERP SNCF comprendra :

- Les espaces de vente Transilien dans le BV imbriqué
- Les locaux techniques et locaux agents et prestataires SNCF dans le BV imbriqué
- La passerelle d'accès aux quais RFN, y compris un accès direct vers la voirie
- Le passage souterrain d'accès aux quais RFN
- Les quais RFN.

La séparation entre ERP sera donc organisée de la manière suivante :



Ardoines - Plans limite des ERP – Plans AVP DDGT (Source : SNCF)

3.2.2.4 Gare Le Vert de Maisons

La gare du Vert-de-Maisons est située au sud de Maisons-Alfort et Alfortville, communes du Val-de-Marne, au sud-est de Paris. La gare du Vert de Maisons se trouve ainsi sur le faisceau ferroviaire qui sépare les deux communes dans un axe Nord-Sud, Alfortville à l'Ouest et Maisons-Alfort à l'Est. La gare comporte 3 quais :

- le quai 1 de secours côté V1
- le quai 3 de secours côté V2M
- le quai 2 central dessert les voies V1bis (direction Province) et V2bis (direction Paris)

La figure suivante illustre la gare de Vert de Maison existante :

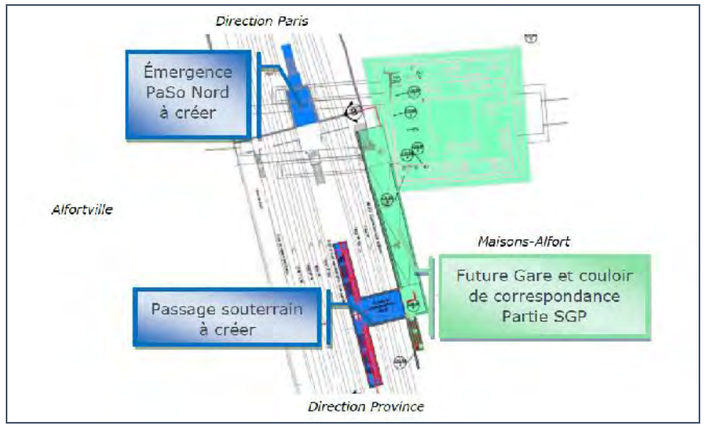


Bâtiment Voyageur (BV) en souterrain (Source SNCF)

Les ouvrages de correspondance prévus pour la mise en interconnexion de la gare du Vert-de-Maisons, comprennent :

- La création d'un passage souterrain sous les voies V1 et V1bis,
- La réalisation des circulations verticales vers le quai depuis le nouveau passage souterrain et les équipements d'exploitation associés (alimentation, énergie, etc.),
- Traitement des impacts de ces aménagements sur les équipements ferroviaires (déplacement de poteaux caténaire, d'équipements de signalisation…) et sur les équipements de quai (dépose marquise de quai existante, éclairage, vidéosurveillance, sonorisation, info voyageurs …),
- Equipement du passage souterrain et des circulations verticales (éclairage, signalétique, information voyageur…),
- Reconstitution d'une nouvelle marquise recouvrant l'ascenseur et les escaliers des nouvelles émergences
- La création d'une nouvelle circulation verticale vers le quai RER D depuis le passage souterrain nord existant,
- Le bâtiment voyageur SNCF.

Les figures suivantes illustrent les futurs aménagements de la Gare de Verte de Maison et de ses interconnexions :

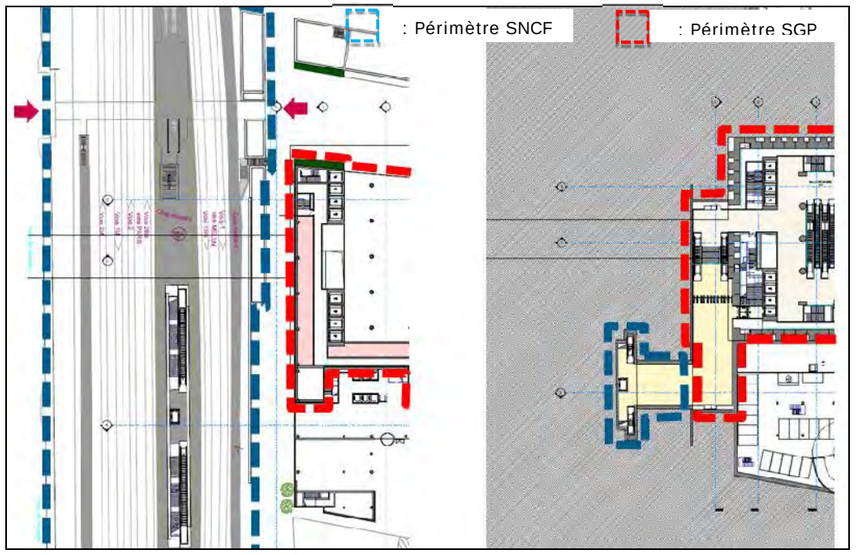


Vue en plan des aménagements d'interconnexion SGP-SNCF (Source : SNCF)

Les ERP SGP et SNCF sont organisés selon le principe de deux Etablissements Recevant du Public séparés et isolés. L'ERP SNCF comprendra à terme :

- Les quais Transilien,
- Le passage sous voies existant (accès et lien ville à ville),
- Le passage souterrain de correspondance,
- Le nouveau Bâtiment Voyageur (BV) Transilien construit le long du talus côté Est.

La séparation entre ERP sera organisée au niveau du coude du couloir d'interconnexion, à l'entrée du passage souterrain, comme l'illustre la figure suivante :



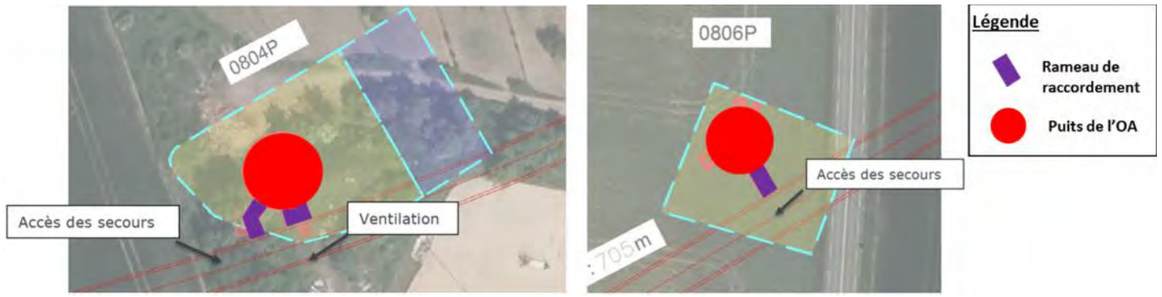
Vue en plan des périmètres ERP SGP-SNCF (Source : SNCF)

3.3 Présentation des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud

3.3.1 Ouvrages annexes : généralités

38 ouvrages annexes (OA) sont présents le long du tracé de la Ligne 15 Sud.

Les études Avant-Projet menées par la Société du Grand Paris ont débouché sur le dimensionnement de quatre grands types d'ouvrage annexe, les ouvrages annexes d'accès de secours circulaires et rectangulaires et les ouvrages de ventilation, de désenfumage intégrant un accès de secours de type A et de type B. Le raccordement de l'ouvrage au tunnel est différent selon le type d'ouvrage. Ainsi, il se fera via un rameau pour les accès de secours simples, et par deux rameaux pour les accès secours intégrant la ventilation et le désenfumage.



Exemple d'OA d'accès de secours et d'accès de secours/ventilation/désenfumage (Source : Société du Grand Paris)

16 ouvrages ont des fonctionnalités de ventilation, de désenfumage et d'accès secours et 8 ouvrages une fonctionnalité d'accès secours.

Le tableau ci-après liste les caractéristiques des différents ouvrages annexes présents le long du tracé de la Ligne 15 Sud.

Caractéristiques des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud

Nom de l'OA	Commune	Codification	Type d'Ouvrage	Fonctionnalité	Hauteur (m) (niv. supérieur du radier)
Rue du Génie	Vitry-sur-Seine	1501 P	Type A Circulaire	V+D+AS	49.81
Rue Louis Marchandise et Av Albert Thomas	Vitry-sur-Seine	1402P	Type A Circulaire	V+D+AS	40.45
Centre Technique Municipal	Vitry-sur-Seine	1401P	Spécial contenu dans branchement SMI	V+D+AS	25.17
Rue Gabriel Péri	Vitry-sur-Seine	1404S	Spécial contenu dans branchement SMI	AS	19,20
Friche Arrighi	Vitry-sur-Seine	1302P	Spécial contenu dans puits tunnelier Arrighi	V+D+AS	31.33 ?
Rue de Rome	Alfortville	1301P	Type A Circulaire	V+D+AS	34.07
Université Créteil	Créteil	1201P	Type A Circulaire	V+D+AS	27.81
Stade F. Desmond	Créteil	1103P	Type A Circulaire	V+D+AS	27.72 - 27.44
Av Ceinture	Créteil	1102P	Accès secours circulaire	AS	28.71
Rue du Port Créteil	Créteil	1101P	Type A Circulaire	V+D+AS	26.94
Impasse Abbaye	Saint-Maur-des-Fossés	1003P	Type A Circulaire	V+D+AS	34.40
Av Charles Floquet	Champigny-sur-Marne	1002P	Accès secours rectangulaire	AS	34.54
Av Roger Salengro	Champigny-sur-Marne	1001P	Contenu dans entonnement Champigny Ligne R-OR	V+D+AS	26.3 ?
Rond-Point du Colonel Grancey	Champigny-sur-Marne	0902P	Type A Circulaire	V+D+AS	32.06
Clos du Pré de l'Etang	Champigny-sur-Marne	0901P	Accès secours circulaire	AS	19.74– 19.46
Puits d'entrée du tunnelier SMR	Champigny-sur-Marne	0813S	Spécial contenu dans puits tunnelier	V+D+AS	21.5
Av Maurice Thorez	Champigny-sur-Marne	0811S	Type B	V+D+AS	22.72 – 22.71
Rue du Général Leclerc	Villiers-sur-Marne	0810S	Accès secours circulaire	AS	23.75– 26.5225.62

Nom de l'OA	Commune	Codification	Type d'Ouvrage	Fonctionnalité	Hauteur (m) (niv. supérieur du radier)
Av Henri Dunant	Villiers-sur-Marne	0808P	Accès secours circulaire	AS	29.18-29
Sentier des Marins	Villiers-sur-Marne	0807P	Spécial – Accès SMR	V+D+AS	30
Rue Mozart	Villiers-sur-Marne	0806P	Accès secours circulaire	AS	29.43
Av Médéric	Noisy-le-Grand	0805P	Type A Circulaire	V+D+AS	27.67-27.68
Place des Yvris	Noisy-le-Grand	0804P	Type A Circulaire	V+D+AS	27.84-27.8
Rue du Ballon	Noisy-le-Grand	0803P	Accès secours circulaire	AS	23.75
Bd du ru de Nesles	Noisy-le-Grand	0802P			
Bd du Champ de Nesles	Champs-sur-Marne	0801P			
Ile de Monsieur	Sèvres	2301P	Spécial puits tunnelier	V+D+AS	32
ZAC SAEM	Boulogne-Billancourt	2203P	Type B	V+D+AS	32
Place de la résistance	Issy-les-Moulineaux	2201P	Type B	V+D+AS	31
Parc H. Barbusse	Issy-les-Moulineaux	2101P	Spécial, bâtiment semi enterré	V+D+AS	58
Square Malleret Joinville	Malakoff	2002P	B	V+D+AS	41
Fort de Vanves	Malakoff	2001P	B	V+D+AS	52
Cimetière parisien de Bagneux	Bagneux	1902P	B	V+D+AS	39
La Pierre Plate	Bagneux	1901P		AS	43
Parc Robespierre	Bagneux	1801P	Spécial Tunnelier	V + D + AS	46
Square Général de Gaulle	Cachan	1702P		AS	29
Jardin Panoramique	Cachan	1701P	B	V+D+AS	50
Rue Jules Joffrin	Villejuif	1601P	Spécial, bâtiment RDC	V+D+AS	42

Légende : V+D+AS = Ventilation + Désenfumage + Accès Secours ; AS = Accès Secours

3.3.1.1 Ouvrages annexes d'accès de secours

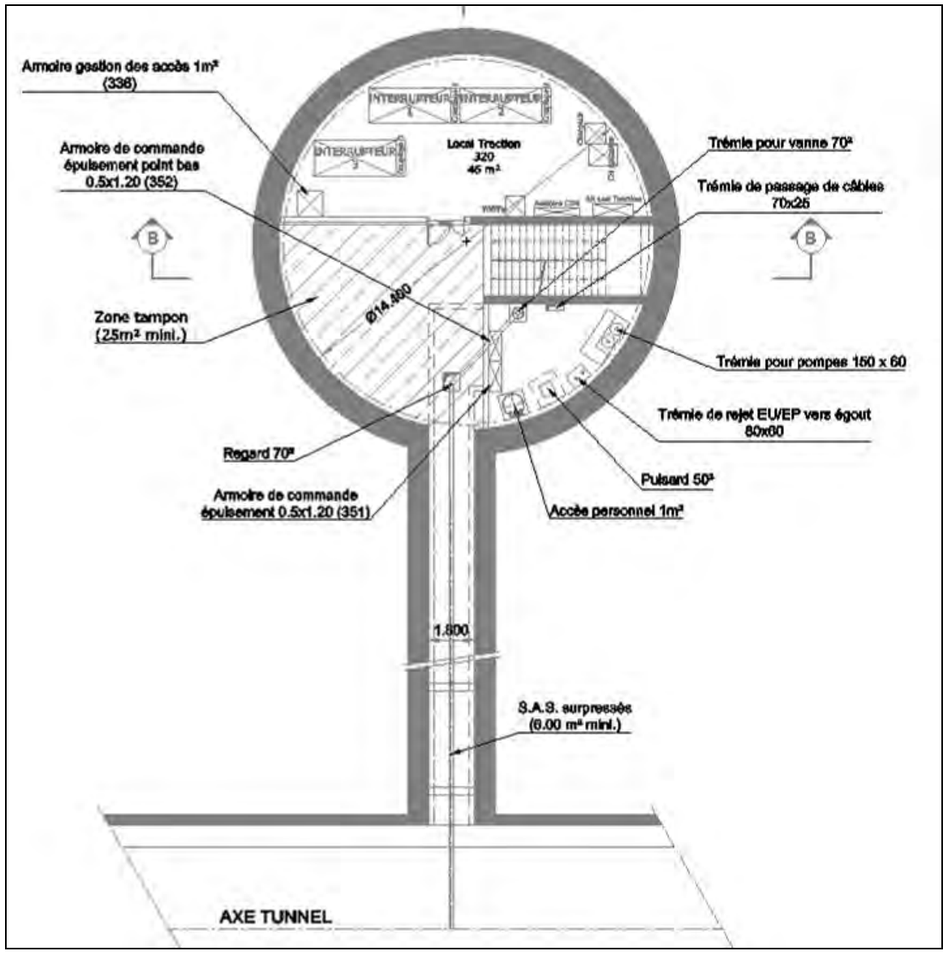
Deux types d'ouvrages d'accès secours sont proposés, le type circulaire et le type rectangulaire. Dans les deux cas il s'agit d'ouvrages profonds avec emprise et surface limitée. Les ouvrages circulaires sont réalisés sur une surface au sol d'environ 191m² et les ouvrages rectangulaires sur une surface d'environ 235m².

L'accès aux différents niveaux et jusqu'au tunnel se fait via un escalier et un ascenseur, pour les ouvrages de plus de 30m de profondeur.

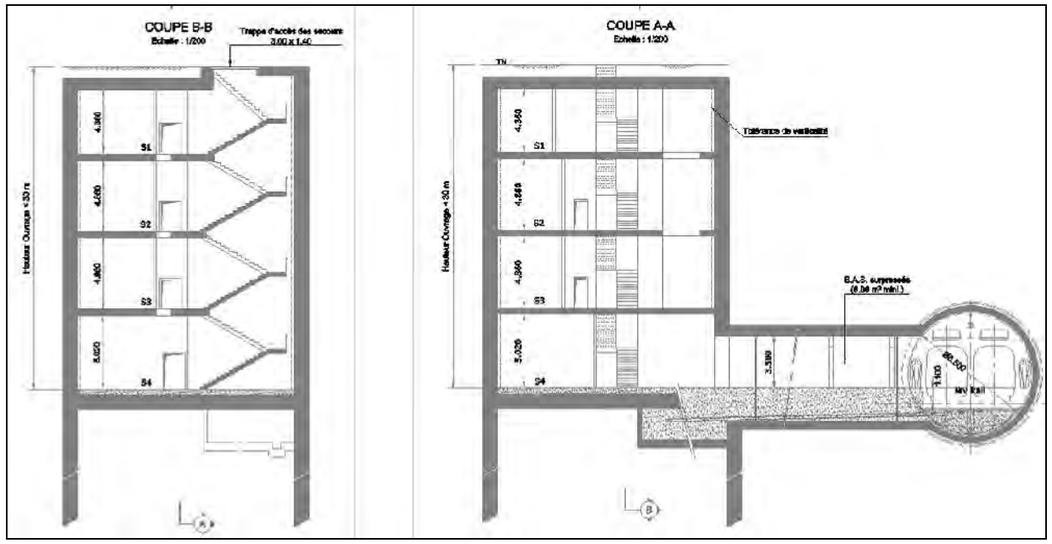
Un rameau d'accès des secours et/ou un rameau de ventilation assurent la jonction au tunnel.

Ouvrage circulaire

Il s'agit d'un ouvrage circulaire d'environ 13.6m de diamètre intérieur.

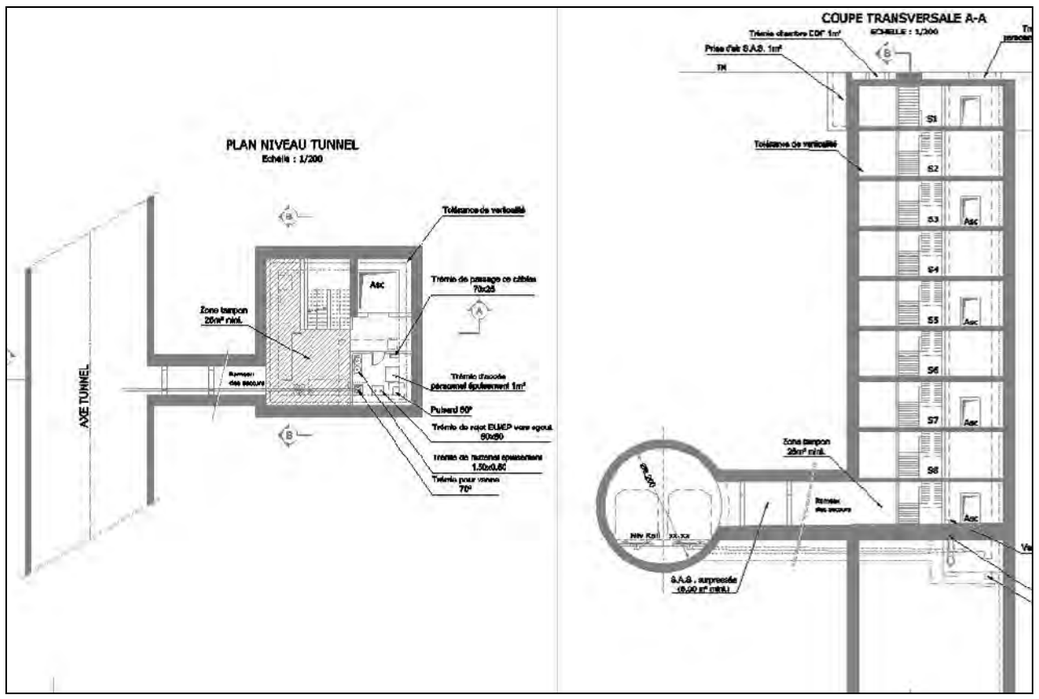


Vue en plan au niveau du cheminement accès secours circulaire (Source : Société du Grand Paris)



Coupe accès secours circulaire (Source : Société du Grand Paris)

Ouvrage rectangulaire



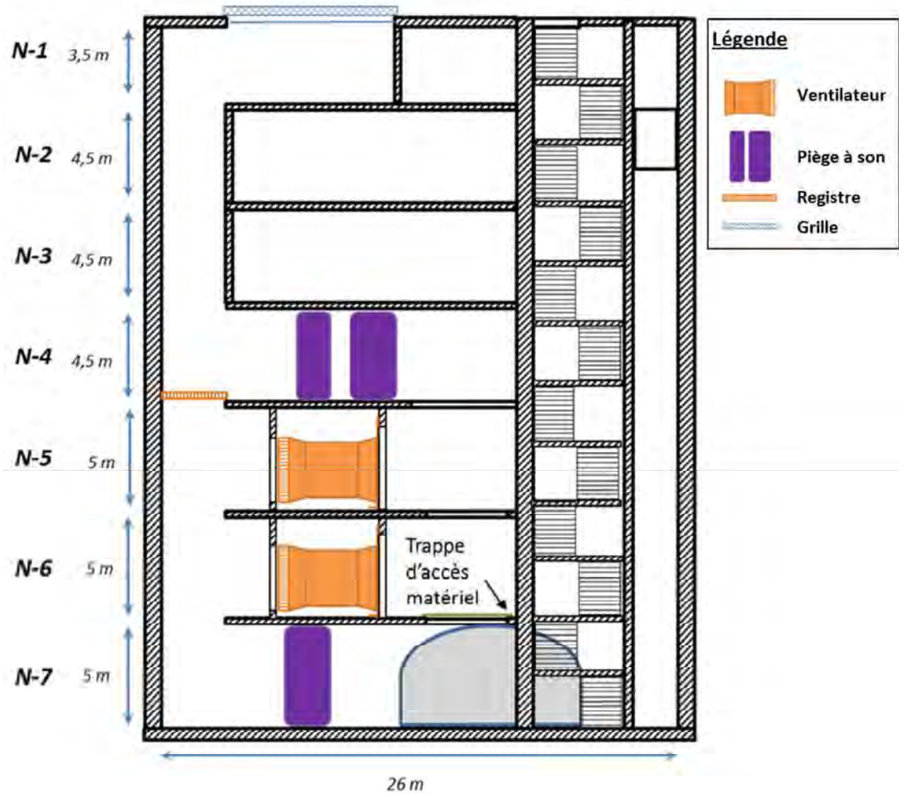
Coupe et vue en plan au niveau du cheminement OA accès Secours > 30m rectangulaire (Source : Société du Grand Paris)

3.3.1.2 Ouvrage annexe de type A

Ce type d'ouvrage correspond à un puits profond avec une emprise en surface limitée. Les principales émergences sont alors :

- La grille de ventilation de 30 à 40m² ;
- Le puits d'accès de secours (escaliers et ascenseur « profonds ») qui peut être, soit intégré à un bâtiment de surface spécifique soit demeurer enterré et dissimulé sous une trappe au sol.

La coupe ci-après détaille les fonctionnalités des différents niveaux d'un ouvrage de type A.



Coupe de l'ouvrage de type A (Source : Société du Grand Paris)



Vue en plan des différents niveaux d'un ouvrage de type A (Source : Société du Grand Paris)

Afin de s'adapter au mieux aux contraintes de site (emprise ou contraintes géotechniques), deux catégories d'ouvrage de type A ont été développées.

Un ouvrage rectangulaire

Il présente les dimensions suivantes :

- Longueur intérieure : environ 27m ;
- Largeur intérieure : environ 12 m ;

Les principales émergences sont :

- La grille de désenfumage de 30 à 40m² ;
- La trappe d'accès des secours ;
- Des grilles diverses (prise ou rejet d'air, ventilation et colonne sèche).

Un ouvrage circulaire

L'ouvrage présente un diamètre intérieur d'environ 20 m. Les principales émergences sont :

- La grille de désenfumage de 30 à 40m² ;
- La trappe d'accès des secours ;
- Des grilles diverses (prise ou rejet d'air, ventilation et colonne sèche).

L'accès aux différents niveaux et jusqu'au tunnel se fait via un escalier et un ascenseur. Deux rameaux assurent la jonction au tunnel :

- Le rameau d'accès des secours, avec un sas surpressé ;
- Le rameau de ventilation/décompression.

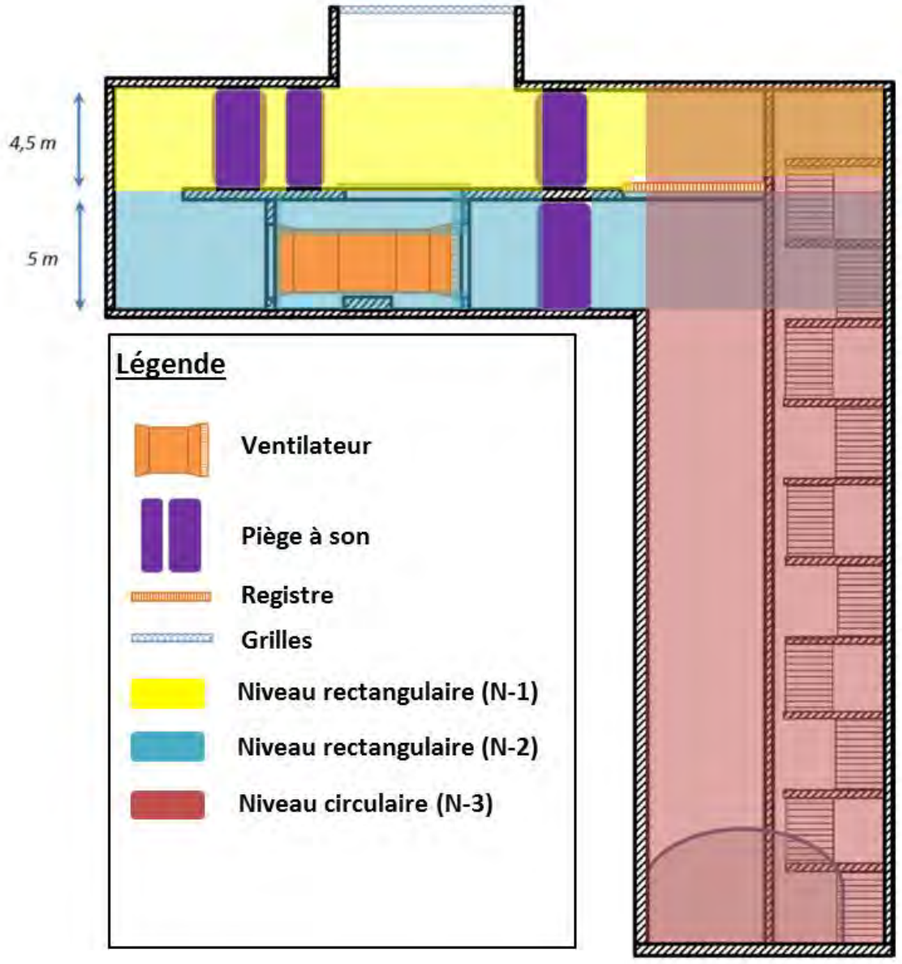
3.3.1.3 Ouvrage annexe de type B

L'ouvrage annexe de type B correspond à :

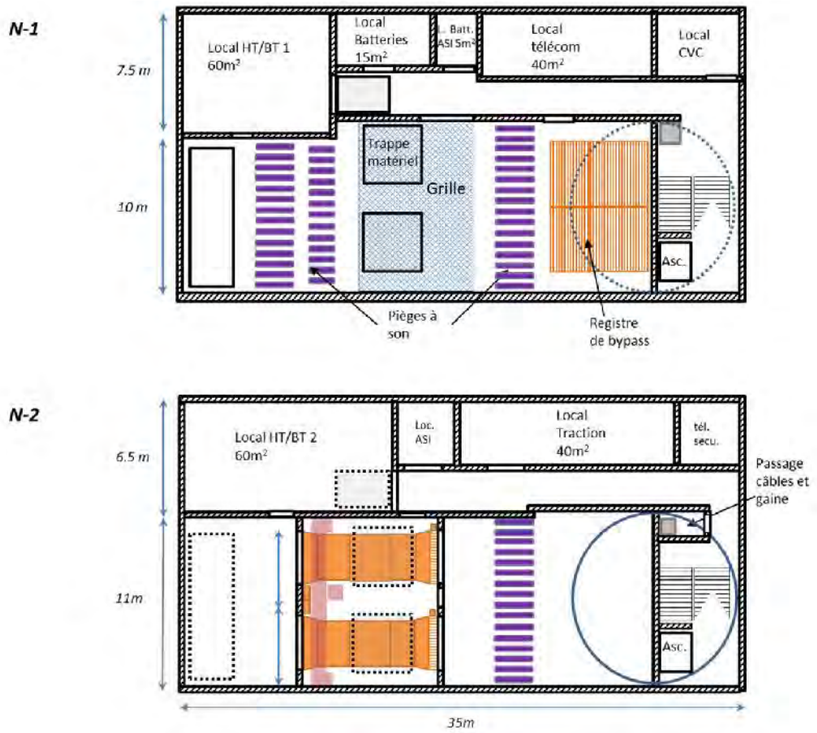
- Un puits cylindrique associé à son rameau de raccordement ;
- Un bâtiment enterré sur deux niveaux avec une emprise en surface plus importante que l'ouvrage de type A.

L'ouvrage de type B possède donc deux niveaux rectangulaires et un niveau circulaire. Les principales émergences sont alors :

- La grille de désenfumage de 30 à 40m² ;
- La trappe d'accès des secours ;
- Diverses grilles Prise/Rejet d'air, ventilation et colonne sèche.



Coupe de l'ouvrage de type B (Source : Société du Grand Paris)



Vue en plan des différents niveaux d'un ouvrage de type B (Source : Société du Grand Paris)

Afin de s'adapter au mieux aux contraintes de site, une variante nommée type B hybride a été développée lors des études Avant-Projet menées par la Société du Grand Paris.

Cette version hybride intègre un troisième niveau rectangulaire (au lieu de deux dans le cas d'un ouvrage de type B normal). Au niveau de la surface, les émergences sont identiques à l'ouvrage de type B normal.

3.3.1.4 Les rameaux

Les rameaux permettent de raccorder le puits de l'ouvrage annexe et le tunnel. Il existe deux types de rameaux : les rameaux d'accès de secours et les rameaux de ventilation / décompression / désenfumage et accès de secours.

3.3.1.5 Méthodes constructives

La réalisation d'un ouvrage annexe se scinde en deux grandes phases :

- la réalisation du puits ;
- la réalisation du (ou des) rameau(x)4.

Réalisation des puits

De façon schématique, les travaux de construction des divers puits du projet consistent à réaliser une enceinte (parois moulées) puis à excaver à l'intérieur de celle-ci jusqu'au niveau souhaité.

La géométrie de l'ouvrage est choisie suivant les contraintes du site et notamment l'emprise disponible, la géologie et les avoisinants à préserver.

Une fois l'enceinte réalisée, le reste des infrastructures internes de l'ouvrage, comme des voiles, des poteaux ou des dalles intermédiaires seront réalisées.

Réalisation des rameaux de raccordement au tunnel

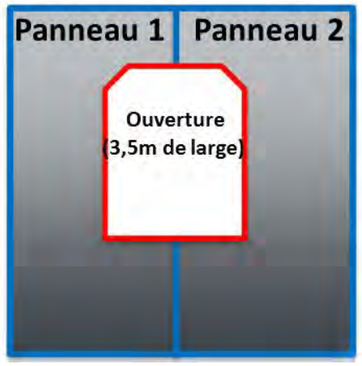
Les différents ouvrages annexes sont reliés au tunnel par un ou deux rameaux suivant qu'il s'agisse d'un simple puis d'accès des secours ou d'un puits de ventilation, désenfumage et d'accès secours.

Les rameaux sont réalisés en méthode dite conventionnelle depuis le puits réalisé au préalable. Compte tenu du contexte géologique de la région parisienne, la réalisation des rameaux de liaison sera en général effectuée après le confortement préalable des terrains à creuser.

L'amorce des rameaux depuis le fond du puits est un point délicat du phasage de réalisation. En effet, les puits étant réalisés en parois moulées, il s'agit de démolir la paroi moulée au droit de l'ouverture.

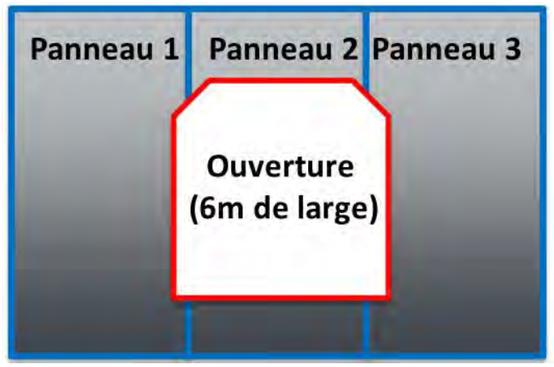
Au regard des longueurs fixes des parois moulées utilisées (2.80m), les deux types de rameaux de dimensions différentes (rameaux de secours et rameaux de ventilation) impliquent deux cas différents :

Cas 1 : la démolition partielle de deux panneaux de parois moulée (ouverture de 3.50m)



Cas 1 (Source : Société du Grand Paris)

Cas 2 : la démolition partielle de 3 panneaux de parois moulée (ouverture de 6m).



Cas 2 (Source : Société du Grand Paris)

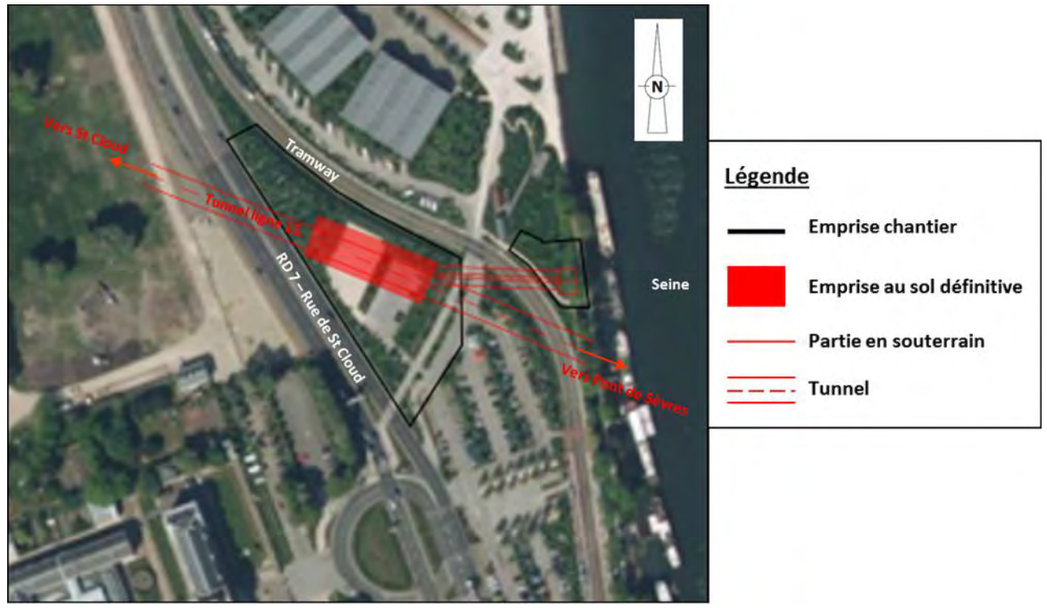
[4]Les rameaux sont les jonctions permettant de relier le puits de l'ouvrage annexe au tunnel.

3.3.2 OA Ile de Monsieur / Puits 2301P

3.3.2.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Sèvres, rue de Saint Cloud, sur l'Ile de Monsieur. Il s'insère entre les gares Pont de Sèvres et St Cloud.

L'ouvrage est implanté à proximité de la Seine où stationnent quelques péniches d'habitation et d'infrastructures de loisirs et culturelles telles que le parc de St Cloud, la base nautique et le musée de la céramique. Il est situé entre la rue de St Cloud et la voie du tramway T2, dans une zone non construite.



Insertion de l'OA Ile de Monsieur dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

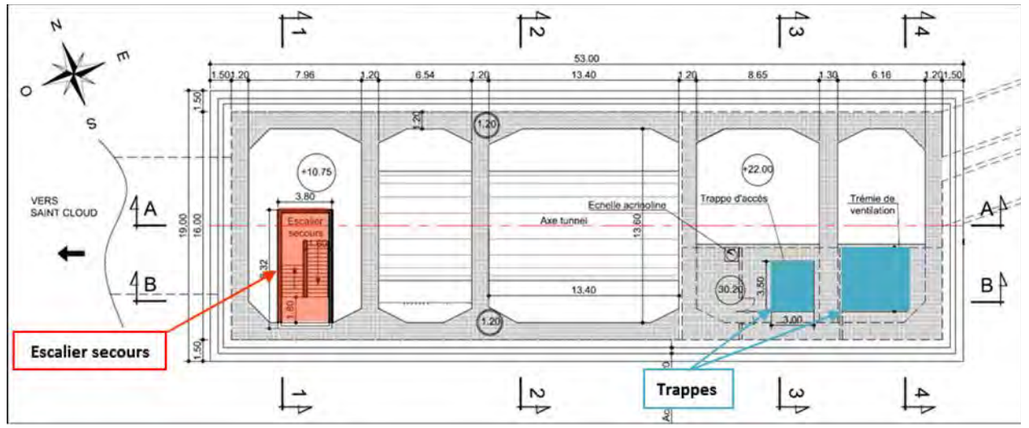
3.3.2.2 Caractéristiques de l'OA Ile de Monsieur

L'ouvrage annexe Ile de Monsieur est un puits constitué de trois lobes sécants de 26,40 mètres de diamètre. Il n'y a pas de rameau de connexion avec le tunnel car l'ouvrage se situe à l'aplomb du tunnel et l'englobe. La hauteur de l'ouvrage entre le TN et la face supérieure du radier est de 31.92m, sur 4 niveaux. Il s'agit d'un ouvrage spécial.

Ce puits a pour fonctionnalité de servir de point de départ du tunnelier destiné à réaliser le secteur Ile Monsieur à Fort Issy-Vanves-Clamart. A l'issue du creusement et de l'équipement de ce tronçon, la partie de tunnel située entre la gare de Pont de Sèvres et le puits va servir d'arrière-gare pour le remisage et le retournement des trains arrivant au terminus provisoire. Il va servir aussi de point de départ du tunnelier destiné à réaliser la partie Sud de la ligne 15 ouest.

En phase définitive, ce puits est destiné à recevoir une installation de ventilation/désenfumage de la ligne et d'accès des secours.

En surface, seules les ouvertures pour la ventilation et l'accès des personnes sont présentes.



Plan des émergences de l'OA Ile de Monsieur (Source : Société du Grand Paris)

3.3.2.3 Processus de construction

Le puits est réalisé par la technique des parois moulées. Cela permet de réaliser les parois extérieures du puits à l'avance, puis d'extraire les déblais à l'abri du soutènement définitif. Le radier est ensuite réalisé. Le montage du tunnelier dans la chambre de départ du puits s'effectue après la réalisation du radier et le repliement des travaux de génie civil du puits.

Le chantier s'organise sur 2 secteurs :

- Le site d'implantation du puits principal,
- Une zone à l'ouest de la voie du tramway pour le puits sur le quai.

Ces deux secteurs sont reliés par des microtunnels permettrant l'approvisionnement du tunnelier et l'évacuation des déblais.



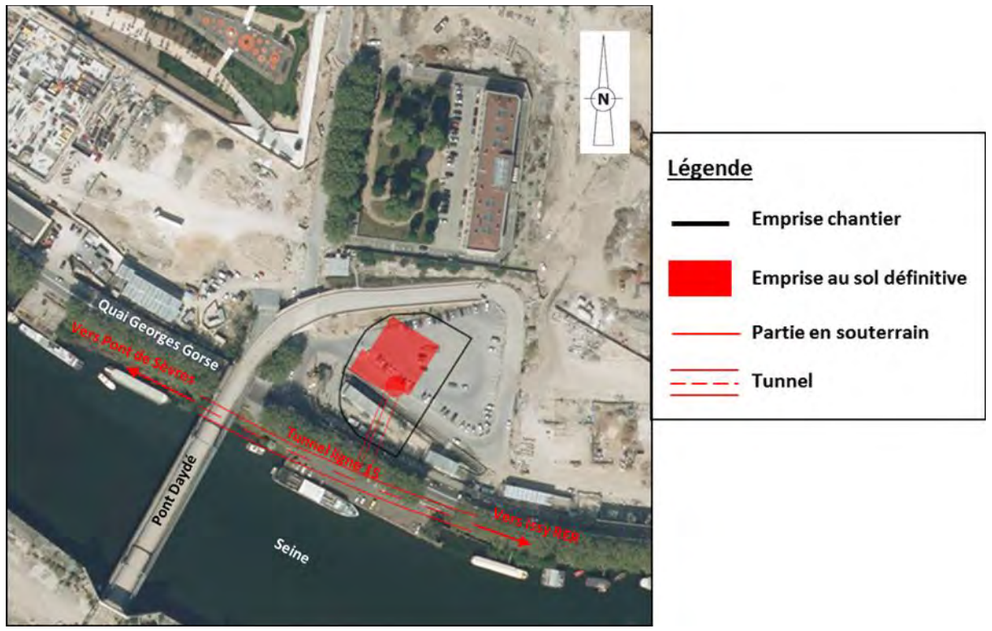
Organisation du chantier de l'OA Ile de Monsieur (Source : Société du Grand Paris)

3.3.3 OA ZAC SAEM / Puits 2203P

3.3.3.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Boulogne Billancourt, à l'intérieur de la ZAC Seguin Rives de Seine aménagée par la SAEM (Société anonyme d'économie mixte) Val de Seine Aménagement. Il est plus précisément localisé dans la zone dite du «Trapèze» sur la rive droite de la Seine à l'angle de la RD1 (Quai Georges Gorse) et de l'avenue Emile Zola. Il est encadré par l'OA place de la Résistance à l'est et la gare de Pont de Sèvres à l'Ouest.

L'ouvrage se situe dans le périmètre des anciennes usines Renault. Ce site est actuellement occupé par un terrain vague. Dans le cadre des aménagements futurs, le puits se trouvera dans les pelouses d'un jardin de la ZAC entre deux immeubles.



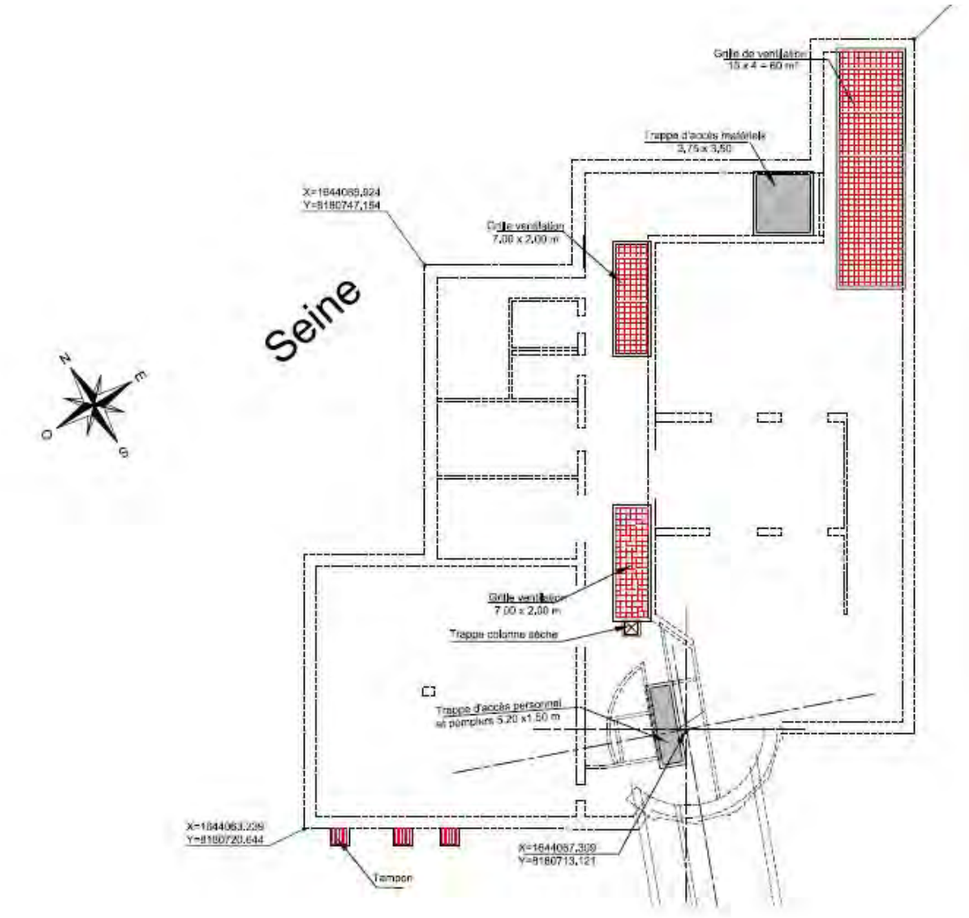
Insertion de l'OA ZAC SAEM dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.3.2 Caractéristiques de l'OA ZAC SAEM

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré et d'un puits d'une profondeur 35.7 entre le terrain naturel et le niveau rail. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il comprend également un poste de redressement double et un ouvrage de rétention à la base du puits. L'ouvrage est relié au tunnel par un rameau de 43 m de longueur comprenant un accès secours et une gaine de ventilation séparés par un voile.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de ventilation,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel, colonne sèche,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA ZAC SAEM (Source : Société du Grand Paris)

3.3.3.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur l'emprise de l'implantation de l'ouvrage occupée par un terrain vague.

L'ouvrage annexe ZAC SAEM suit le processus de construction décrit dans le paragraphe « Méthodes constructives ».

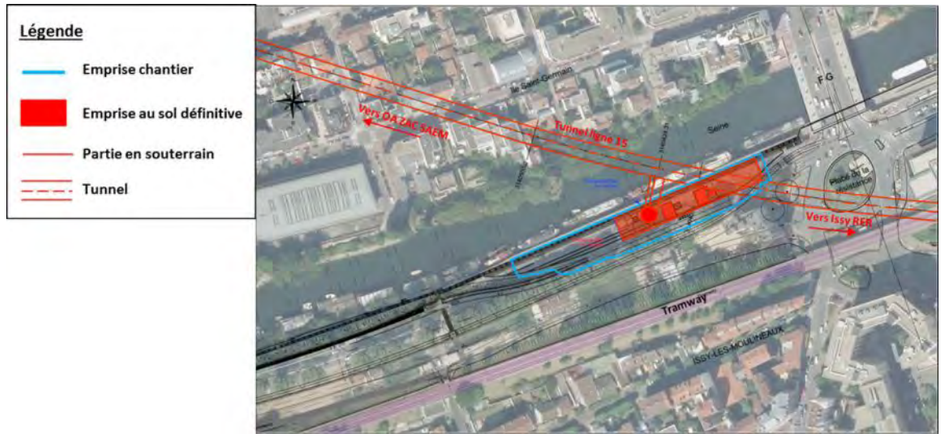
3.3.4 OA place de la Résistance / Puits 2201P

3.3.4.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune d'Issy-les-Moulineaux, place de la Résistance, le long du quai Stalingrad (RD7) à proximité de la Place de la Résistance. Il s'insère entre l'OA ZAC SAEM et la gare d'Issy-RER.

L'ouvrage prend place dans un environnement viaire. Le CG 92 réaménage la RD7 tronçon par tronçon. A l'emplacement du puits, les travaux de démolition des bâtiments existants ont déjà été effectués et les travaux de voierie devraient démarrer début 2015 et se terminer mi 2016. Les travaux d'aménagement des berges devraient continuer jusque mi 2017.

L'ouvrage est bordé par la Seine au nord, le tramway T2 au sud et la Place de la Résistance à l'est. Il est implanté sur les quais de la Seine, accolé aux palplanches, au nord de la RD7. Les travaux du puits devraient intervenir après le réaménagement de la RD7 sous maitrise d'ouvrage du CG92.



Insertion de l'OA place de la Résistance dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

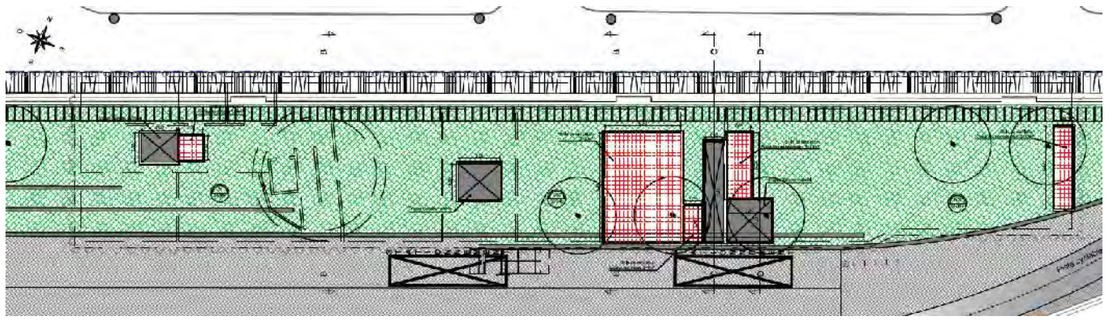
3.3.4.2 Caractéristiques de l'OA place de la Résistance

L'ouvrage est constitué d'un puits circulaire d'environ 31.35m de profondeur entre le terrain naturel et le niveau rail et d'un élément rectangulaire semi-enterré comprenant l'usine de ventilation et les locaux techniques. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et accès de secours. Il comprend également un poste de redressement.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Deux grilles de ventilation dont une pour le poste de redressement,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes d'accès matériel, colonne sèche,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

L'ensemble des émergences est rehaussé pour prévention en cas de crue.



Plan des émergences de l'OA place de la Résistance (Source : Société du Grand Paris)

3.3.4.3 Processus de construction

L'ouvrage annexe place de la Résistance suit le processus de construction décrit dans le paragraphe « Méthodes constructives ».

La réalisation des locaux techniques intervient après le creusement du rameau. Ils seront excavés à l'aide de soutènement de type berlinoise avec butonnage provisoire.

3.3.5 OA parc Henri Barbusse / Puits 2101P

3.3.5.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune d'Issy-les-Moulineaux, rue de l'égalité dans le parc H Barbusse. Il s'insère entre la gare Issy RER et la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

L'OA est implanté dans un quartier résidentiel. La rue de l'Egalité sépare le parc d'une zone pavillonnaire qui jouxte le fort d'Issy. Le puits se situe dans le Parc Henri Barbusse qui constitue une zone d'Espace Boisé Classé (EBC), situé à flanc de coteau d'Issy les Moulineaux. Les avoisinants directs de l'ouvrage sont au niveau du parc, le kiosque, l'espace sportif et celui dédié aux enfants.



Insertion de l'OA parc H Barbusse dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)
En orange : emprise chantier. En bleu : ouvrage définitif

3.3.5.2 Caractéristiques de l'OA parc H Barbusse

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire en surface abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du rail est de 50 m environ. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il assure également l'épuisement des eaux d'infiltration par le biais d'une bâche de rétention.

3.3.5.3 Processus de construction

La réalisation de l'ouvrage nécessite la démolition de l'escalier du square Barbusse ainsi que les locaux sousjacents.

Le chantier empiète en partie sur la rue de l'égalité.

L'ouvrage annexe Parc H Barbusse suit le processus de construction décrit dans le paragraphe « Méthodes constructives ».

3.3.6 OA Square Malleret Joinville/ Puits 2002P

3.3.6.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Malakoff, entre le boulevard du colonel Fabien côté Sud-Ouest et la rue du général Malleret Joinville côté Nord-Est. Il s'insère entre les gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Châtillon-Montrouge, à 566 m de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et à 800m de l'OA Fort de Vanves.

L'ouvrage annexe se situe sur le Square Malleret-Joinville. Celui-ci possède une entrée rue du Général Malleret Joinville, à Malakoff. Ce square est situé entre deux voies de circulation : le boulevard du Colonel Fabien et la rue du Général Malleret Joinville.

Les bâtis à proximité du puits sont :

- Principalement de type pavillonnaire ;
- L'école maternelle Henri Barbusse (établissement d'enseignement public) qui est située en vis-à-vis du square côté Nord-Est ;
- Le lycée Louis Girard qui situé à environ une centaine de mètres à l'Est du puits ;
- La salle Familiale de Malakoff.



Insertion de l'OA Square Malleret Joinville dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

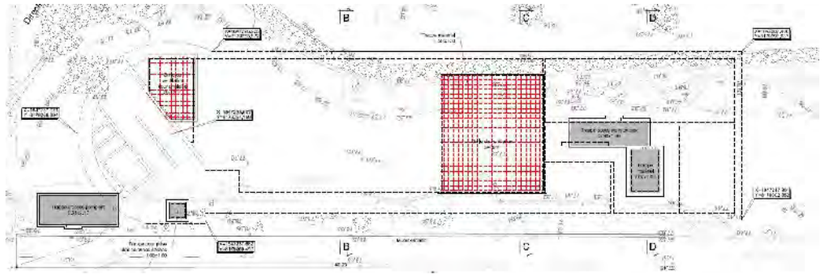
3.3.6.2 Caractéristiques de l'OA Square Malleret Joinville

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du rail est de 40 m environ. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il assure également l'épuisement des eaux d'infiltration par le biais d'une bâche de rétention.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de ventilation,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Toutes ces émergences sont placées au ras du TN.



Plan des émergences de l'OA square Malleret Joinville (Source : Société du Grand Paris)

3.3.6.3 Processus de construction

Le square du Général Malleret-Joinville est en léger dénivellé, de l'ordre d'un mètre, par rapport au boulevard du Colonel Fabien. La réalisation des travaux nécessitera un terrassement préalable avec la réalisation d'un mur de soutènement côté Rue du Général Malleret-Joinville.

Des travaux de défrichement et de déviation de réseaux seront nécessaires avant le début de la réalisation de l'ouvrage annexe.

Le square ainsi que le trottoir avec les places de parking seront remis en état à la fin des travaux.

Le chantier est situé en bordure d'une zone pavillonnaire calme ainsi que d'un établissement d'enseignement. Un plan de management de chantier sera mis en place pour minimiser les nuisances vis-à-vis des riverains.

3.3.7 OA Fort de Vanves / Puits 2001P

3.3.7.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Malakoff, rue Jean Mermoz, entre les gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Châtillon-Montrouge, au nord de la rue André Rivoire.

L'environnement urbain est marqué par des bâtiments d'habitation de moyenne à grande hauteur. L'ouvrage se situe sur une friche située entre deux bâtiments d'habitation de grande hauteur, en face de la résidence Jean Mermoz.



Insertion de l'OA Fort de Vanves dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

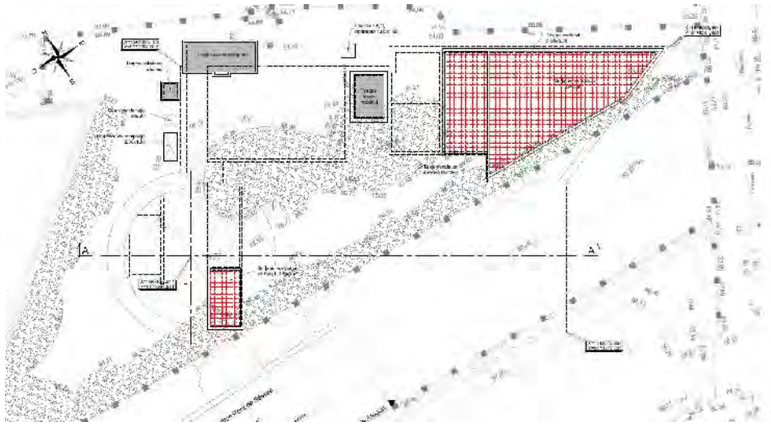
3.3.7.2 Caractéristiques de l'OA Fort de Vanves

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du radier est de 52m environ. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de ventilation,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Toutes ces émergences sont placées au ras du TN.



Plan des émergences de l'OA fort de Vanves (Source : Société du Grand Paris)

3.3.7.3 Processus de construction

L'ouvrage annexe Fort de Vanves suit le processus de construction décrit dans le paragraphe « Méthodes constructives ».

La réalisation des travaux nécessitera un terrassement préalable le long de la limite sud de l'emprise chantier avec la réalisation d'un mur de soutènement.

Des travaux de défrichement seront nécessaires avant le début de la réalisation de l'ouvrage annexe.

3.3.8 OA Cimetière parisien de Bagneux / Puits 1902P

3.3.8.1 Localisation et contexte urbain

L'OA s'insère entre les gares de Châtillon-Montrouge et Bagneux, à 367m de la gare de Châtillon-Montrouge et à 800m de l'OA Pierre Plate.

Il est implanté dans l'enceinte du cimetière parisien de Bagneux à l'extrémité Nord-Ouest du cimetière, proche de l'intersection entre l'avenue Jean Jaurès et l'avenue Marx Dormoy. La limite côté Ouest de l'emprise d'implantation de l'ouvrage correspond au mur de l'enceinte du cimetière mitoyenne à l'avenue Jean Jaurès.

Les bâtis à proximité du puits sont le cimetière à l'Est, et de l'habitat collectif au Nord et à l'Ouest.



Insertion de l'OA cimetière parisien de Bagneux dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

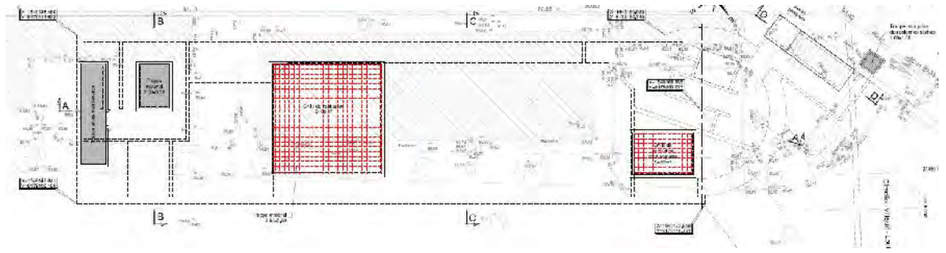
3.3.8.2 Caractéristiques de l'OA Cimetière parisien de Bagneux

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du radier est de 38m environ. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de ventilation,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Toutes ces émergences sont placées au raz du TN.



Plan des émergences de l'OA cimetière parisien de Bagneux (Source : Société du Grand Paris)

En vue de la meilleure insertion paysagère possible, le parti d'aménagement consiste à restituer au mieux après travaux les éléments du paysage impactés:

- Le mur d'enceinte le long de l'avenue Jean Jaurès sera conservé, seule la portion au droit du carrefour va être démolie dans le cadre d'un projet du CG92, et reconstruit quelques mètres plus loin en insérant à l'arrière du mur un petit édicule abritant un escalier pour l'accès des secours à l'ouvrage annexe ;
- Les trottoirs en stabilisé, avec bordurage granite et le pavement sur chaussée (bordures et pavés conservés pendant la durée des travaux puis remis en place) ;
- Revégétalisation de l'emprise hors émergences ;

3.3.8.3 Processus de construction

La totalité de l'emprise chantier est située dans l'enceinte du cimetière Parisien. La réalisation de l'ouvrage impliquera la démolition des bâtiments des fossoyeurs situés dans l'emprise, la démolition d'une partie du mur du cimetière (au moins au niveau des accès à l'emprise chantier) et l'abattage de quelques arbres et arbustes. Ces derniers pourront être replantés à la fin du chantier. De même, le profil de terrain naturel sera rétabli

Le chantier est situé en bordure d'un quartier résidentiel calme et le chantier sera réalisé avec des mesures propres pour minimiser les nuisances vis-à-vis des riverains, ainsi que les nuisances vis-à-vis des enterrements dans les zones du cimetière à proximité de l'emprise chantier.

3.3.9 OA Pierre Plate / Puits 1901P

3.3.9.1 Localisation et contexte urbain

L'OA s'insère entre les gares de Châtillon-Montrouge et Bagneux, à 800m de l'OA Cimetière de Bagneux et à 330m de la gare de Bagneux. Il est situé dans la commune de Bagneux et est implanté dans l'espace vert encadré par la rue Serge Prokofiev à l'Est, par la rue de Turin à l'Ouest et par la rue Jean Marin Naudin au Nord.

L'emprise prévue pour l'implantation de l'ouvrage annexe occupe un espace vert et quelques places de parking destinées notamment aux riverains. Les bâtis à proximité du puits sont les suivants :

- des immeubles d'habitation collectifs de grande hauteur (R+8 et R+11) situés à l'Est de l'emprise,
- une zone pavillonnaire côté nord ;
- des bâtiments à usage commercial à l'Ouest (supermarché et pharmacie).

Par ailleurs, le passage au « supermarché » traversant l'emprise des travaux doit être conservé en phase définitive. Cette contrainte est prise en compte dans la conception de l'ouvrage annexe ainsi que dans l'implantation des émergences définitives en surface.



Insertion de l'OA Pierre Plate dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

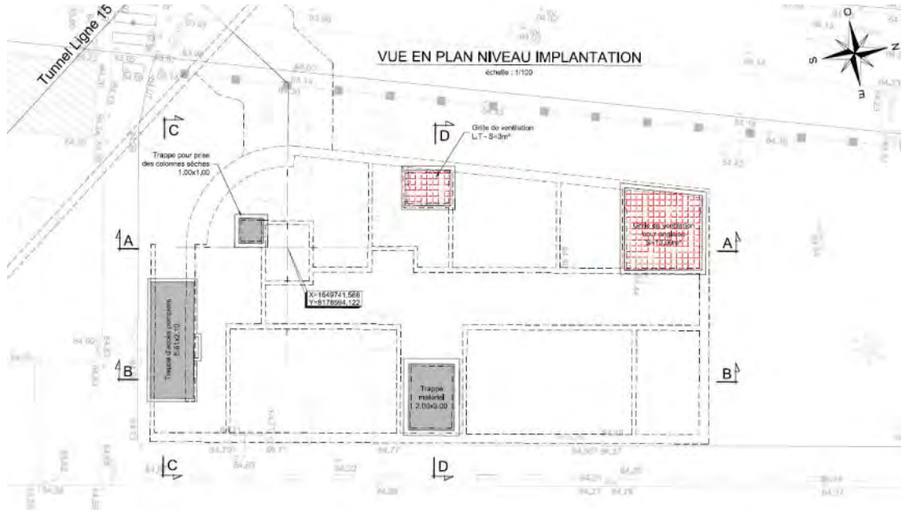
3.3.9.2 Caractéristiques de l'OA Pierre Plate

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du radier est de 50m environ. Il est utilisé comme accès de secours.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.
-

Toutes ces émergences sont placées au ras du TN.



Plan des émergences de l'OA Pierre Plate (Source : Société du Grand Paris)

3.3.9.3 Processus de construction

L'emprise prévue pour la réalisation des travaux de l'ouvrage annexe représente une surface d'environ 1600 m2.

Des travaux de défrichement et de déviation de réseaux sont nécessaires avant le début de la réalisation de l'ouvrage annexe.

Le passage au « supermarché » sera maintenu durant les travaux, mais sera dévié hors de l'emprise. L'emprise ainsi que les arbres abattus seront restitués à la fin des travaux.

Le chantier est situé en bordure d'une zone d'habitation calme. Il conviendra de minimiser les nuisances vis-à-vis des riverains.

3.3.10 OA Parc Robespierre / Puits 1801P

3.3.10.1 Localisation et contexte urbain

L'OA s'insère entre les gares de Bagneux et Arcueil-Cachan, respectivement à 115m et à 703m de chacune. Il est situé dans le parc Robespierre sur la commune de Bagneux, à proximité de la D920 (Avenue Aristide Briand) qui relie au Nord le périphérique parisien et au Sud l'A86 et à proximité de l'A6.

Les bâtis à proximité du puits sont des immeubles d'habitation collectifs de grande hauteur (R+4 à R+13) à l'Est et à l'Ouest de l'emprise.



*

Insertion de l'OA Parc Robespierre dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.10.2 Caractéristiques de l'OA Parc Robespierre

L'OA Parc Robespierre est un puits bi-circulaire de 47m de long par près de 27m de large. Il n'y a pas de rameau de connexion avec le tunnel car l'ouvrage se situe à l'aplomb du tunnel et l'englobe. La hauteur de l'ouvrage entre le TN et la face supérieure du radier est de 46m environ. Il s'agit d'un ouvrage spécial.

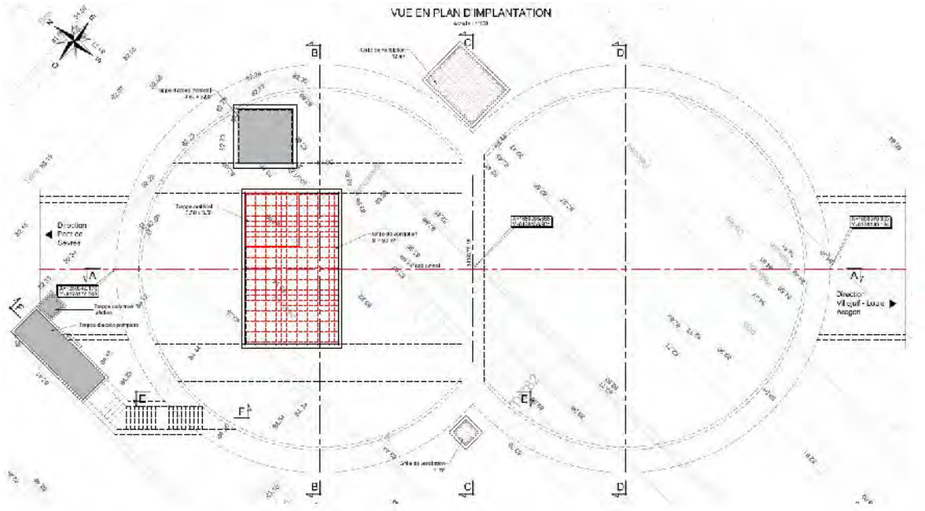
Ce puits a pour fonctionnalité de servir de point de départ du tunnelier destiné à réaliser le secteur OA Parc Robespierre – Villejuif Louis Aragon. Il sert également à l'acheminement et à l'évacuation des flux de chantier (déblais, voussoirs, amenée des voies…) du même tronçon de tunnel, ainsi que de puits de sortie du tunnelier du secteur Centre depuis la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

En phase définitive, ce puits est destiné à recevoir une installation de ventilation/désenfumage de la ligne et d'accès des secours.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de ventilation,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Toutes ces émergences sont placées au ras du TN.



Plan des émergences de l'OA Parc Robespierre (Source : Société du Grand Paris)

3.3.10.3 Processus de construction

Le puits est réalisé par la technique des parois moulées.

Des travaux de défrichement et de terrassement pour homogénéiser les niveaux du terrain dans le parc sont nécessaires avant le début de la réalisation du puits.

Le chantier est situé en bordure d'une zone d'habitation calme. Un plan de management de chantier sera mis en place afin de minimiser les nuisances vis-à-vis des riverains.

3.3.11 OA Square du Général de Gaulle / Puits 1702P

3.3.11.1 Localisation et contexte urbain

L'OA s'insère entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR, à 540m de la gare d'Arcueil-Cachan et à 800m de l'OA Jardin Panoramique. Il est implanté dans la partie sud du Square Général de Gaulle, situé à l'intersection des rues Marx Dormoy et Camille Desmoulins, dans le centre-ville de la commune de Cachan, à proximité de l'Hôtel de Ville.

Excepté pour l'hôtel de ville de Cachan et le monument aux morts, le bâti et les riverains du square et du futur puits sont principalement des immeubles de logements avec commerces, banques, équipements publics (bibliothèque…) en rez-de-chaussée. Ces immeubles sont séparés de l'emprise de chantier par les rues longeant le square. L'hôtel de ville de Cachan et la parcelle incluant l'emplacement de l'ouvrage annexe sont inscrits aux monuments historiques



Insertion de l'OA Square Général de Gaulle dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

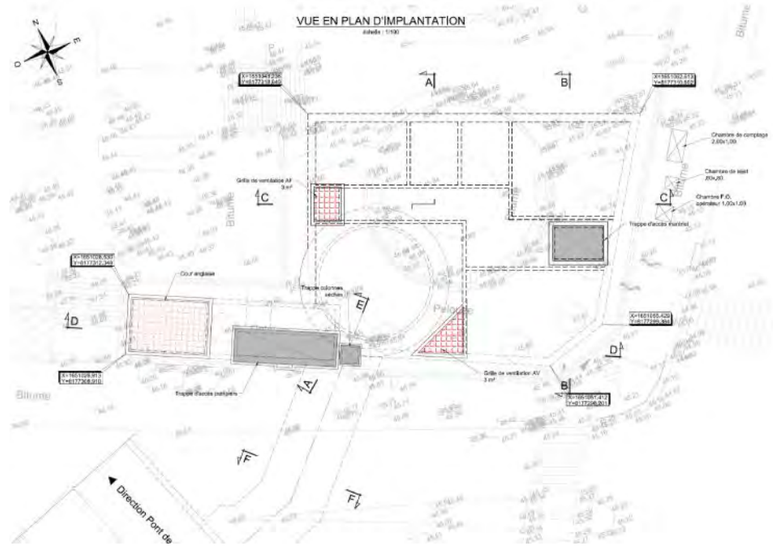
3.3.11.2 Caractéristiques de l'OA Square Général de Gaulle

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du radier est de 32 m environ. Il est utilisé comme puits comme accès de secours.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Toutes ces émergences sont placées au raz du TN.



Plan des émergences de l'OA Square Général de Gaulle (Source : Société du Grand Paris)

3.3.11.3 Processus de construction

L'emprise chantier se décompose en une emprise principale située à l'emplacement du square du Général de Gaulle (et de l'ouvrage à réaliser), et d'une emprise secondaire séparée de la première emprise par l'esplanade du monument au morts et située au coin du parc Raspail, sur une aire gravillonnée actuellement utilisée pour pratiquer le tennis de table.

Le chantier se trouve dans un tissu urbain dense (centre-ville de Cachan) avec la présence d'établissements à proximité (hôtel de ville, collège Paul Bert, parc Raspail). Cela implique une installation de chantier compacte et la mise en place d'un plan de management de chantier afin de minimiser les nuisances pour les riverains.

Une remise en état des lieux sera effectuée à la fin des travaux, que ce soit pour l'emprise principale avec le réaménagement à l'identique du square du Général de Gaulle ou l'emprise secondaire avec le réaménagement de l'aire de tennis de table.

3.3.12 OA Jardin panoramique / Puits 1701P

3.3.12.1 Localisation et contexte urbain

L'OA s'insère entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR, à 800m de l'OA Square Général de Gaulle et à 580m de la gare de Villejuif IGR. Il est implanté dans la partie la plus à l'Ouest du Jardin Panoramique, au droit de l'angle formé par la rue de la Solidarité et la rue de la Concorde sur la commune de Cachan.

Les riverains du jardin et du futur puits d'accès / ventilation sont des pavillons de relativement faible densité. Cette zone pavillonnaire se caractérise par un certain calme, à nuancer avec la proximité de la D126 et des autoroutes A6a/A6b.

Le Jardin Panoramique Départemental est un espace vert clos de 16100 m2 environ comportant des pelouses, des bosquets et des arbres isolés. Il est bordé à l'Est par la D126 et les autoroutes A6a et A6b, et domine la vallée de la Bièvre à l'Ouest (vue sur aqueduc de la Vanne et Paris).



Insertion de l'OA Jardin Panoramique dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

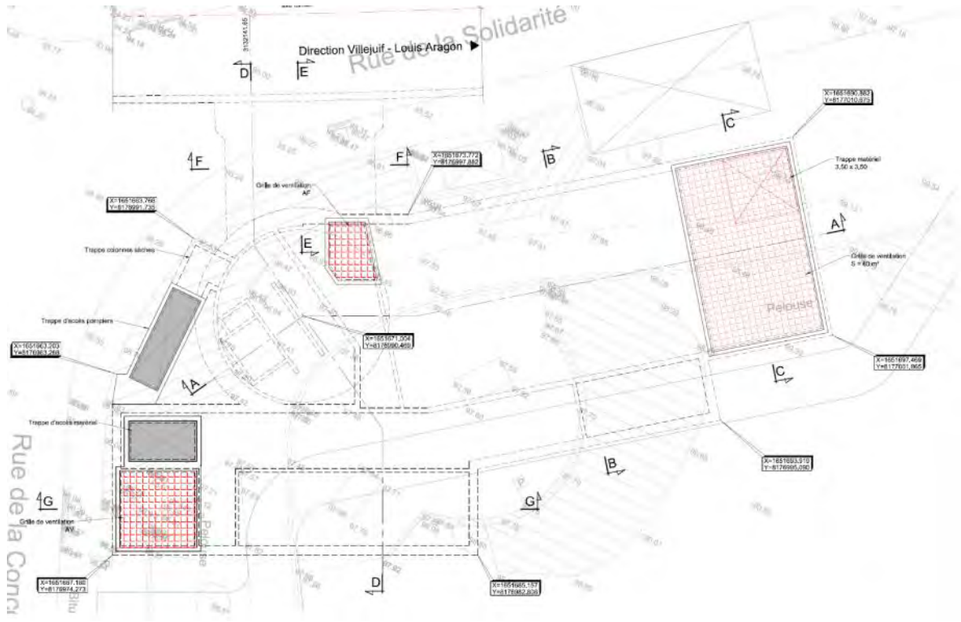
3.3.12.2 Caractéristiques de l'OA Jardin Panoramique

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré abritant les locaux techniques et d'un puits circulaire dont la hauteur entre le haut du puits et le niveau du radier est de 50m environ. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de ventilation,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Toutes ces émergences sont placées au ras du TN.



Plan des émergences de l'OA Jardin Panoramique (Source : Société du Grand Paris)

3.3.12.3 Processus de construction

La totalité de l'emprise de chantier est comprise dans les limites du Jardin Panoramique. Le Jardin, situé sur un versant de la vallée de la Bièvre, présente une pente relativement importante. La préparation de la plateforme de travail et des plateformes requises pour les installations de chantier nécessitera un défrichement, un pré-terrassement, des soutènements et un assainissement provisoires. Les réseaux du Jardin tel que le réseau d'arrosage devront être adaptés de manière à continuer d'assurer leur fonction sur l'aire de Jardin hors emprise.

Il conviendra de minimiser les nuisances vis-à-vis des riverains.

L'emprise de chantier sera remise en l'état à la fin des travaux avec réaménagement de l'espace vert impacté du Jardin Panoramique.

3.3.13 OA rue Jules Joffrin / Puits 1601P

3.3.13.1 Localisation et contexte urbain

L'OA s'insère entre les gares de Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon, respectivement à 679m et 750m de distance. Il est implanté sur une propriété du Conseil départemental du Val de Marne, à proximité d'un parking situé à l'extrémité Nord de la rue Jules Joffrin, lui-même à proximité de l'entrée secondaire du cimetière de Villejuif.

Ce parking de 7 à 8 places destiné notamment aux visiteurs du cimetière de Villejuif est longé à l'Est par la rue Jules Joffrin et à l'Ouest par une propriété du Conseil départemental du Val-de-Marne. Des parterres de fleurs et quelques arbres séparent le parking du cimetière de la limite de propriété du Conseil départemental.

Le quartier entourant l'emplacement du puits est principalement résidentiel. Les logements du quartier sont pour la plupart des pavillons mais aussi deux immeubles de logements collectifs situés au nord de l'emprise de l'autre côté du rond-point. Il s'agit donc d'un quartier calme.

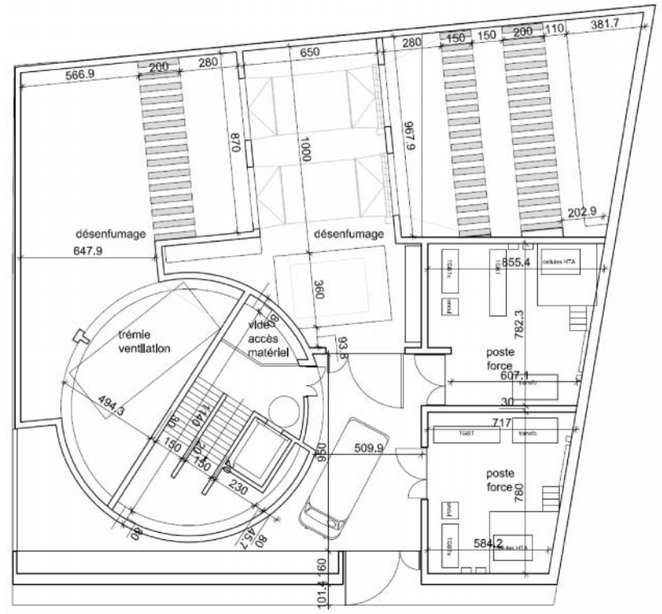
A noter la présence d'un commerce de pompes funèbres en face de l'emprise de chantier de l'autre côté de la rue Jules Joffrin.



Insertion de l'OA Jules Joffrin dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.13.2 Caractéristiques de l'OA Jules Joffrin

L'ouvrage est constitué d'un bâtiment abritant les locaux techniques d'une hauteur hors sol de 4m50 à 6m occupant une partie de la parcelle du CG. Deux grilles de ventilation de 30 m² environ sont prévues en toiture, positionnées à plus de 8 mètres par rapport aux façades des bâtiments voisins.



Plan du RdC de l'OA Jules Joffrin (Source : Société du Grand Paris)

3.3.13.3 Processus de construction

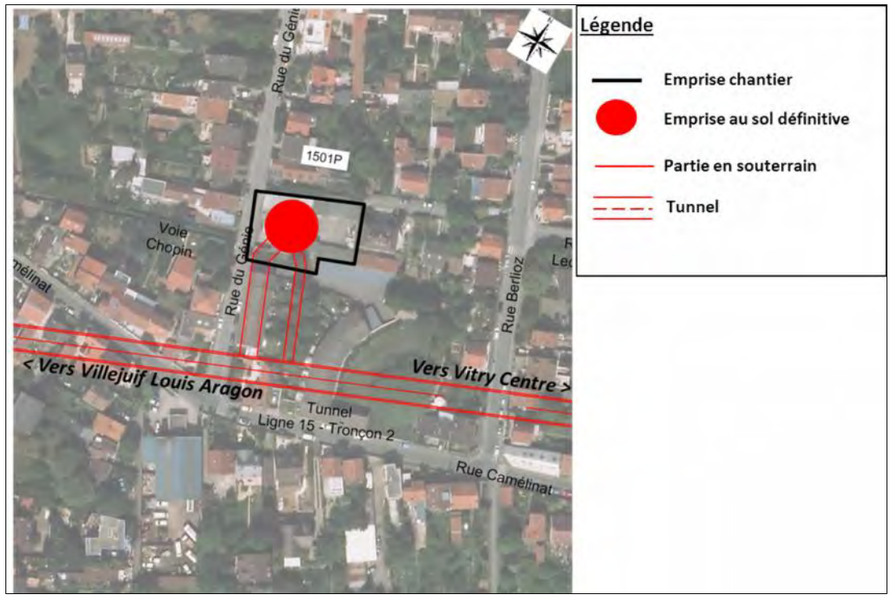
L'ouvrage annexe Rue Jules Joffrin suit le processus de construction décrit dans le paragraphe « Méthodes constructives ».

3.3.14 OA rue du Génie / Puits 1501P

3.3.14.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage annexe rue du Génie est situé sur la commune de Vitry-sur-Seine, au n°153 de la rue du Génie, à l'angle avec la rue Lecocq. Cet ouvrage s'insère entre les gares de Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre. Les alentours de l'OA rue du Génie sont marqués par un environnement d'habitat résidentiel individuel (maisons, R+1 ou R+2).

Un bâtiment, faisant l'angle entre la rue du Génie et la rue Lecocq doit être démoli pour permettre l'implantation de l'ouvrage.



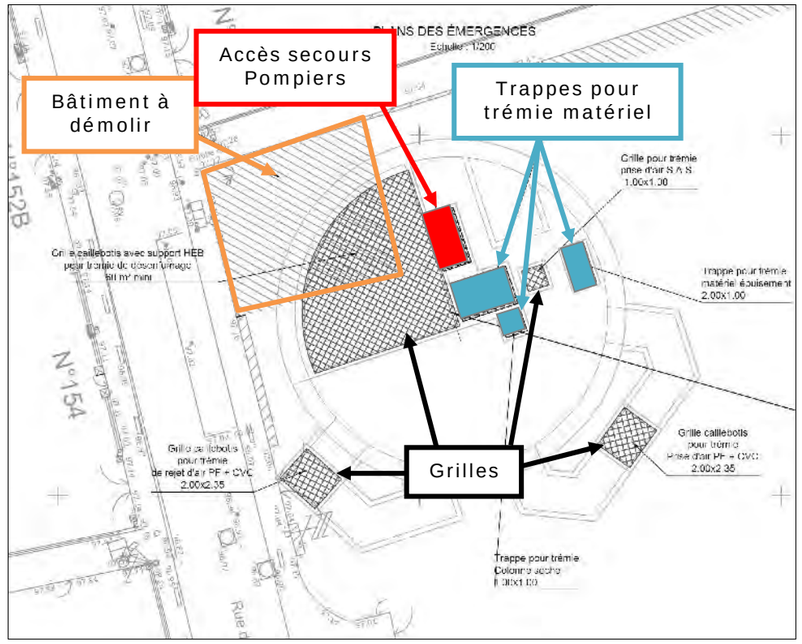
Insertion de l'OA rue du génie dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.14.2 Caractéristiques de l'OA rue du Génie

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 50m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 7 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Divers trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Divers grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA rue du Génie (Source : Société du Grand Paris)

3.3.14.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'OA rue du Génie,
- Un espace de stockage rue Berlioz.

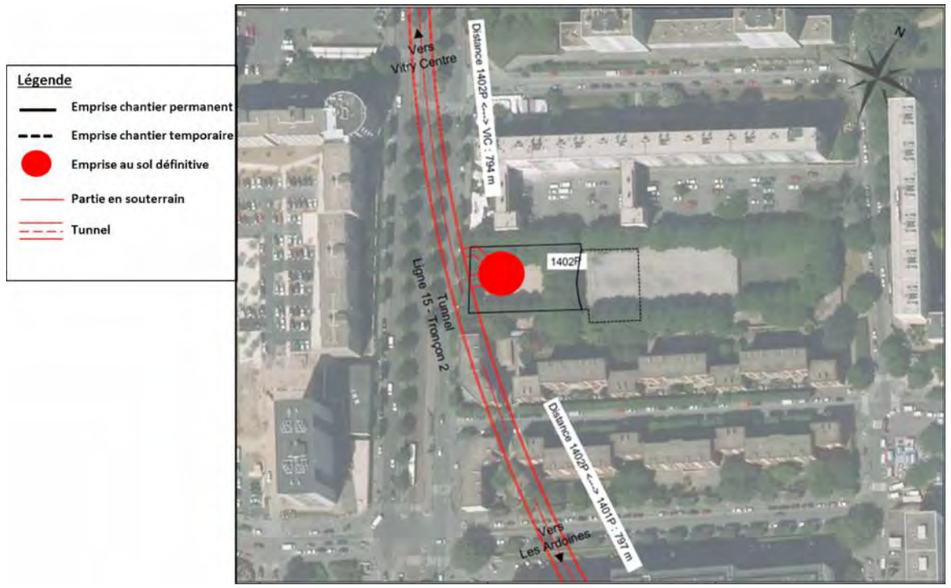
L'ouvrage annexe rue du Génie suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.15 OA rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas / Puits 1402P

3.3.15.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune Vitry-sur-Seine sur l'avenue Rouget de Lisle entre l'avenue Albert Thomas et la rue Louis Marchandise. Il s'insère sur le tronçon Vitry Centre – Les Ardoines entre la gare de Vitry Centre à l'ouest et l'ouvrage annexe Centre technique municipal à l'est.

L'OA est positionnée au niveau de l'aire de jeux des Granges entourée d'immeubles d'habitation.



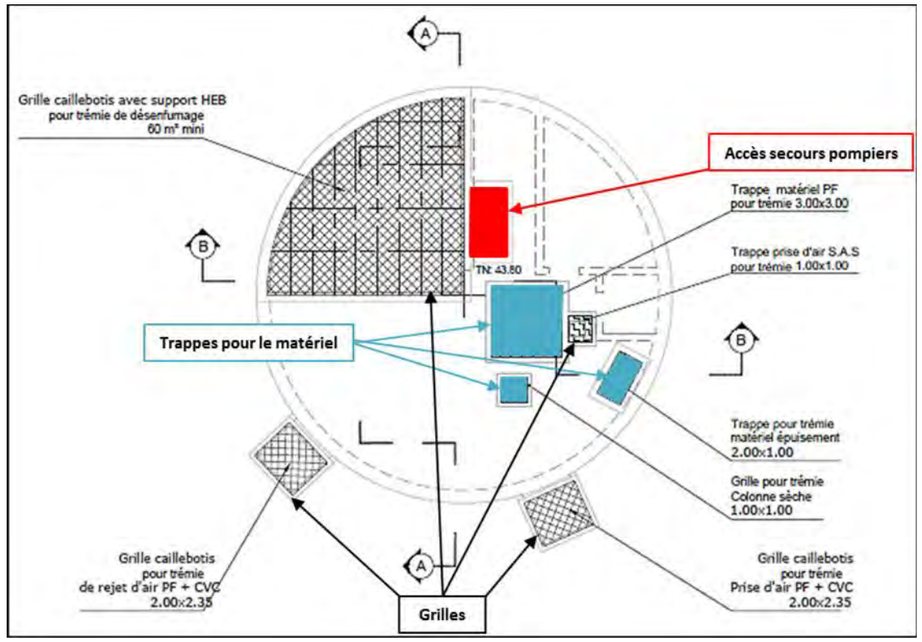
Insertion de l'OA rue L Marchandise et avenue A Thomas dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.15.2 Caractéristiques de l'OA rue Louis Marchandise et avenue A Thomas

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 41m jusqu'à la face supérieure du radier et 7 niveaux de sous-sol. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA rue L Marchandise et avenue A Thomas (Source : Société du Grand Paris)

3.3.15.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur le site de l'aire de jeux des Granges. En phase chantier aucune voie de circulation n'est impactée par les travaux.

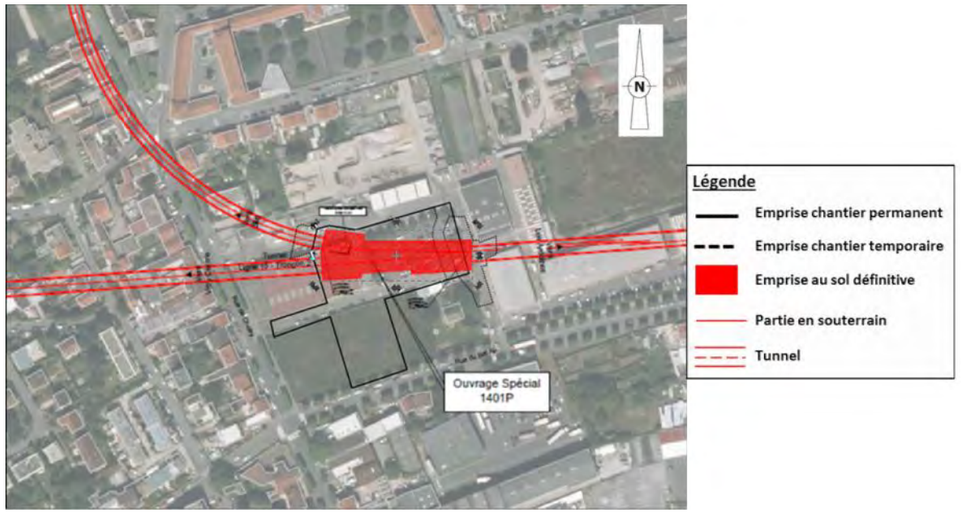
L'ouvrage annexe rue L Marchandise et avenue A Thomas suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.16 OA Centre technique municipal / Puits 1401P

3.3.16.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Vitry-sur-Seine au croisement des rues de Bel Air et Choisy, dans le centre technique municipal.

Il prend place dans le centre technique municipal de Vitry-sur-Seine sur le parking central du centre technique (60 places) et sur le hangar à cars (6 cars) et véhicules (20 places de stationnement de véhicules légers). Toutes les infrastructures impactées par le projet doivent être restituées en phase chantier et en phase définitive.



Insertion de l'OA centre technique municipal dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

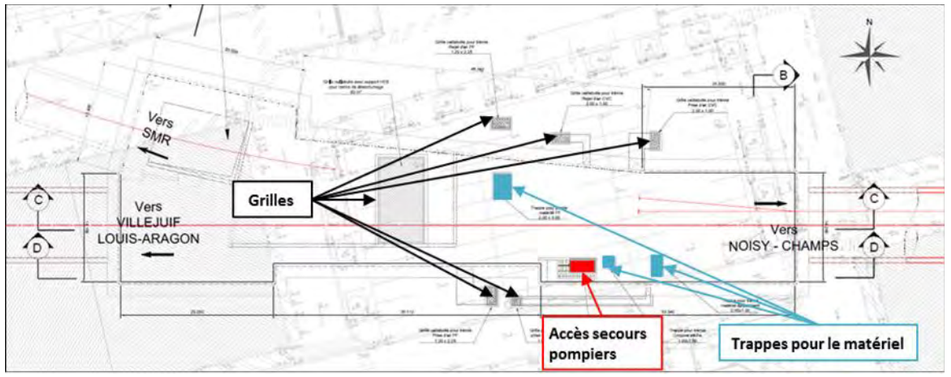
3.3.16.2 Caractéristiques de l'OA Centre technique municipal

L'ouvrage est un puits de largeur variable et d'environ 88m de longueur. En phase travaux il sert de puits de sortie du tunnelier SMI. En phase définitive, cet ouvrage aura une fonction de raccordement avec la ligne permettant d'accéder au site de maintenance d'infrastructures. Il abritera également des installations de ventilation, de désenfumage, de décompression et accès de secours ainsi qu'un poste de redressement double. Il s'agit donc d'un ouvrage spécial.

L'ouvrage est réalisé sur 3 niveaux et atteint 25.17m de profondeur. Les deux premiers niveaux sont pour recevoir les équipements de ventilation, désenfumage, décompression et accès secours. Le dernier niveau abrite les équipements du tunnel.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes matériel, poste force, colonne sèche…,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA Centre Technique Municipal (Source : Société du Grand Paris)

3.3.16.3 Processus de construction

Le phasage de réalisation est considéré en taupe. Les dalles de structure sont coulées à l'avancement du terrassement.

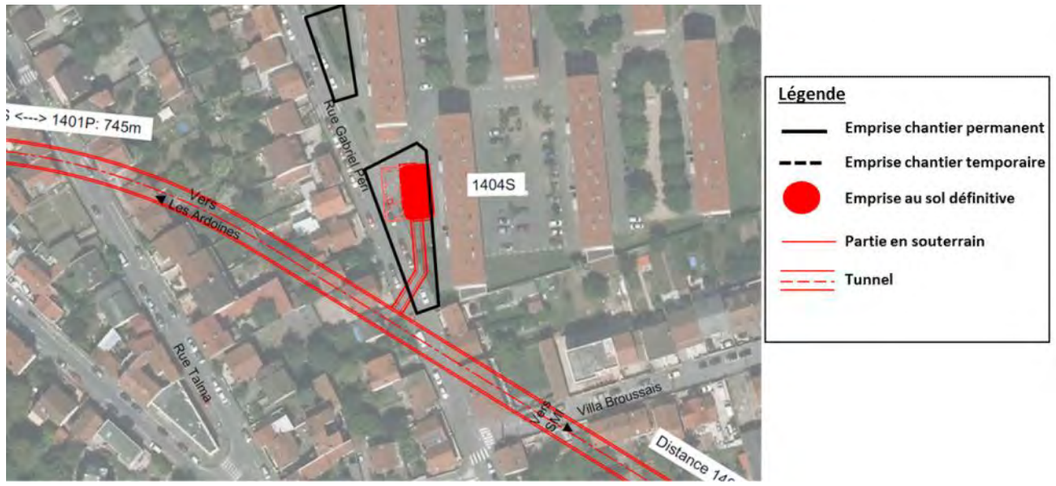
L'emprise du chantier évolue en fonction du phasage des travaux. Lors de la construction de la partie Est de l'ouvrage, l'emprise chantier est divisée en deux avec une emprise principale et une seconde permettant le travail sur la zone est de l'ouvrage de branchement. Lorsque la zone Est est terminée, il n'existe plus qu'une seule emprise chantier.

3.3.17 OA Rue Gabriel Péri / Puits 1404P

3.3.17.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Vitry-sur-Seine le long de la rue Gabriel Péri, sur la voie de raccordement entre le SMI de Vitry-sur-Seine et la gare des Ardoines.

Il s'insère sur un espace de pelouse au sein d'une résidence d'habitation de moyenne hauteur (R+5).

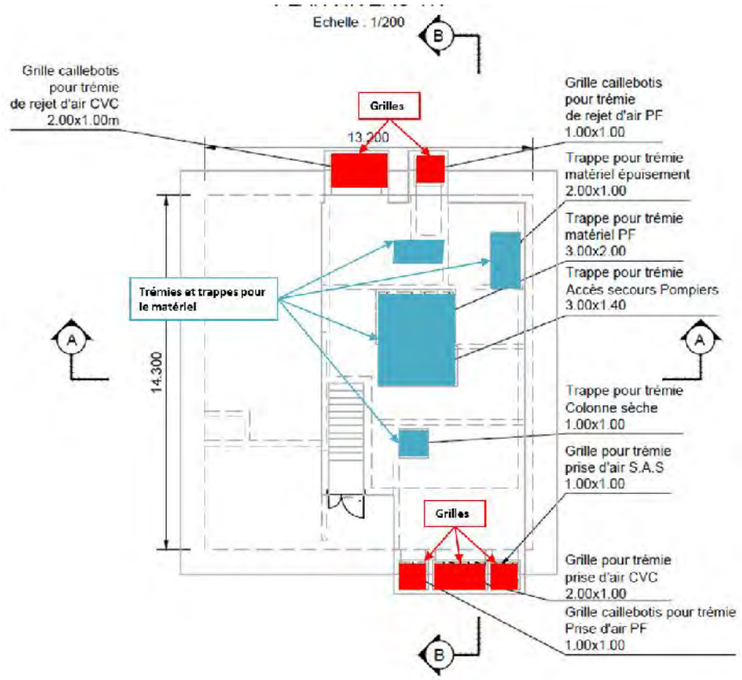


Insertion de l'OA Rue Gabriel Péri dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.17.2 Caractéristiques de l'OA Gabriel Péri

L'ouvrage est un puits rectangulaire dont les locaux techniques sont semi enterrés (2m au-dessus du TN). La partie enterrée atteint une profondeur de 19m jusqu'à la face supérieure du radier et comprend 3 niveaux de sous-sol. Il est utilisé comme puits d'accès de secours et d'épuisement. Il s'agit donc d'un ouvrage d'accès secours rectangulaire.

Toutes les émergences se trouvent à l'intérieur du bâtiment. Les prises et rejets d'air seront sur les façades du bâtiment.



Plan des émergences de l'OA rue Gabriel Péri (Source : Société du Grand Paris)

3.3.17.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'OA,
- Une parcelle un peu plus au nord, le long de la rue Gabriel Péri.

L'ouvrage annexe rue Gabriel Péri suit le processus de construction d'un OA d'accès secours rectangulaire.

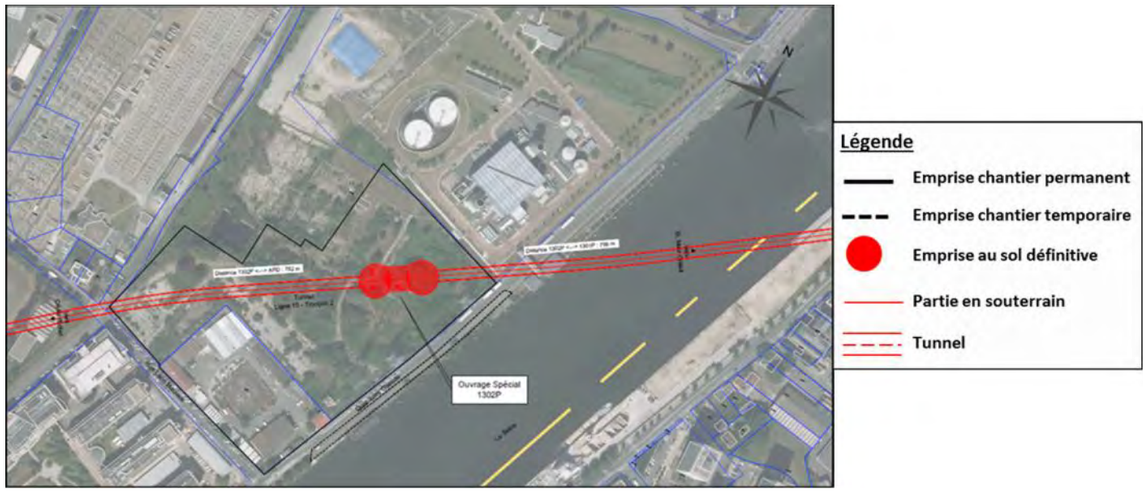
L'ouvrage est un puits de largeur variable et d'environ 20m de longueur.

3.3.18 OA Friche Arrighi / Puits 1302P

3.3.18.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Vitry-sur-Seine, quai Jules Guesde au niveau de la friche Arrighi. Il s'insère sur le tronçon Les Ardoines / Vert de Maisons.

Cet ouvrage est implanté dans une zone industrielle en bord de Seine.



Insertion de l'OA Friche Arrighi dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

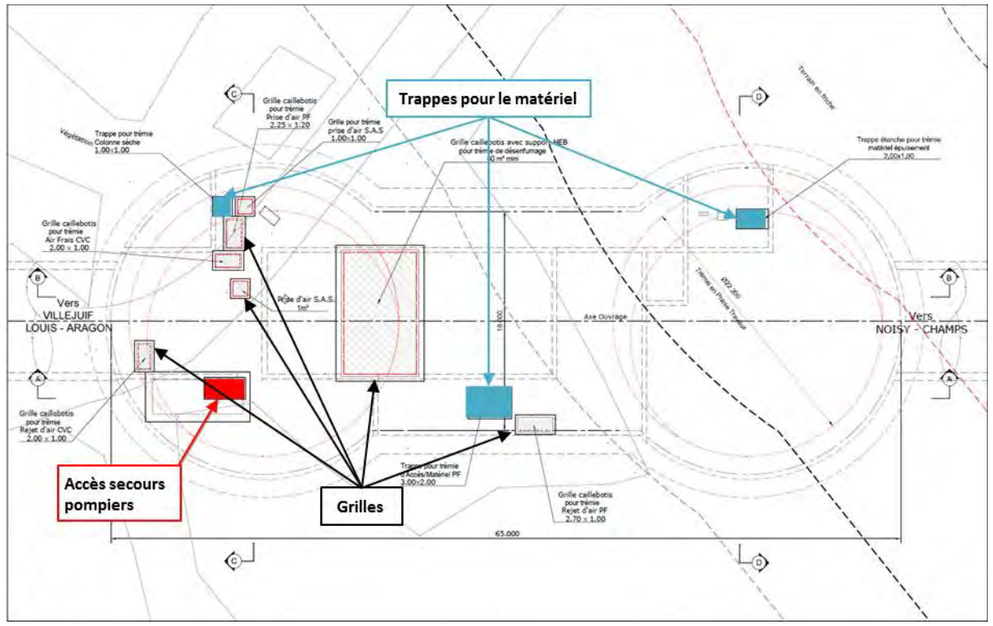
3.3.18.2 Caractéristiques de l'OA Friche Arrighi

L'ouvrage atteint 66m de longueur. Il est constitué d'un double puits circulaire de 26 m de diamètre intérieur, relié par un rameau toute hauteur de 19m de largeur. L'ouvrage a une double fonction, il sert de puits de démarrage de deux tunneliers en phase travaux et en phase définitive, il abritera des installations de ventilation, de désenfumage, de décompression et accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage spécial.

L'ouvrage est réalisé sur 4 niveaux et atteint 31.33m de profondeur. Les trois premiers niveaux sont aménagés en trémie d'attaque du tunnelier en phase travaux puis recevront les équipements de ventilation, désenfumage, décompression et accès secours en phase définitive. Le dernier niveau abrite les équipements du tunnel.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes matériel, poste force, colonne sèche…,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA Friche Arrighi (Source : Société du Grand Paris)

3.3.18.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur le site d'implantation de l'ouvrage.

Le phasage de réalisation est considéré en taupe. Les dalles de structure sont coulées à l'avancement du terrassement.

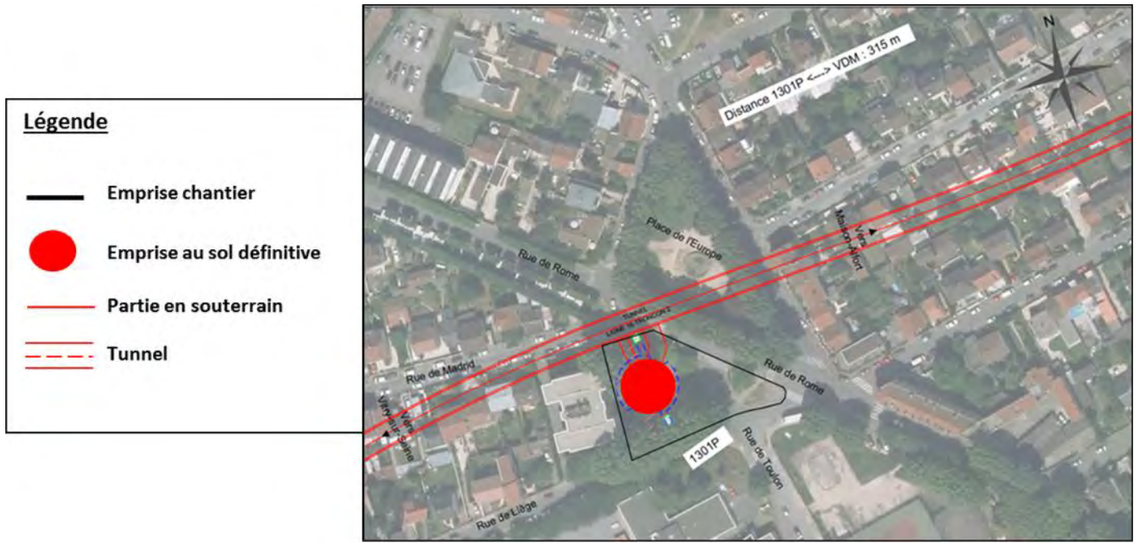
3.3.19 OA rue de Rome / Puits 1301P

3.3.19.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune d'Alfortville au croisement de la rue de Rome et des rues de Madrid et Liège sur une parcelle privée. Il s'insère sur le tronçon Les Ardoines/Vert de Maisons à l'est de l'ouvrage annexe Friche Arrighi et à l'ouest de la gare de Vert de Maisons.

L'OA prendre place à proximité d'un immeuble d'habitations de 4 étages. La place de l'Europe fait face au site de l'autre côté de la rue de Rome. Le quartier est résidentiel et constitué principalement de maisons d'habitation individuelles (maisons, R+1 ou R+2).

Un bâtiment doit être démoli pour permettre l'implantation de l'ouvrage.



Insertion de l'OA rue de Rome dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

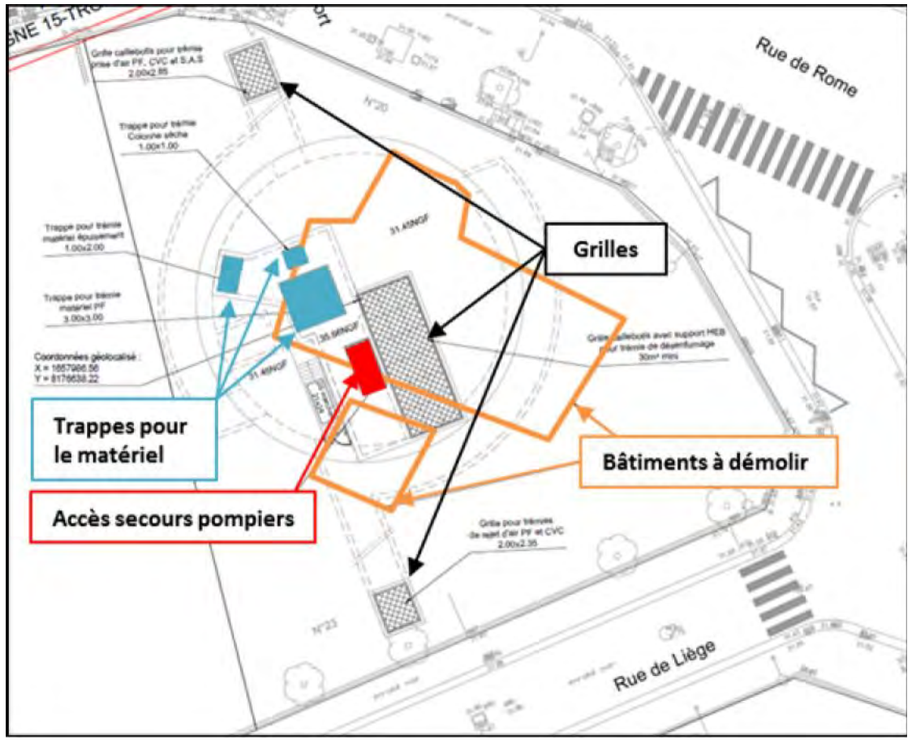
3.3.19.2 Caractéristiques de l'OA rue de Rome

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 34m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 6 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

L'ensemble des émergences a été rehaussé pour prévention en cas de crue.



Plan des émergences de l'OA rue de Rome (Source : Société du Grand Paris)

3.3.19.3 Processus de construction

L'emprise de l'ouvrage impacte un bâtiment, qu'il sera nécessaire de démolir pour la construction de l'ouvrage. L'emprise du chantier empiète sur la chaussée au niveau du carrefour des rues de Rome et de Toulon.

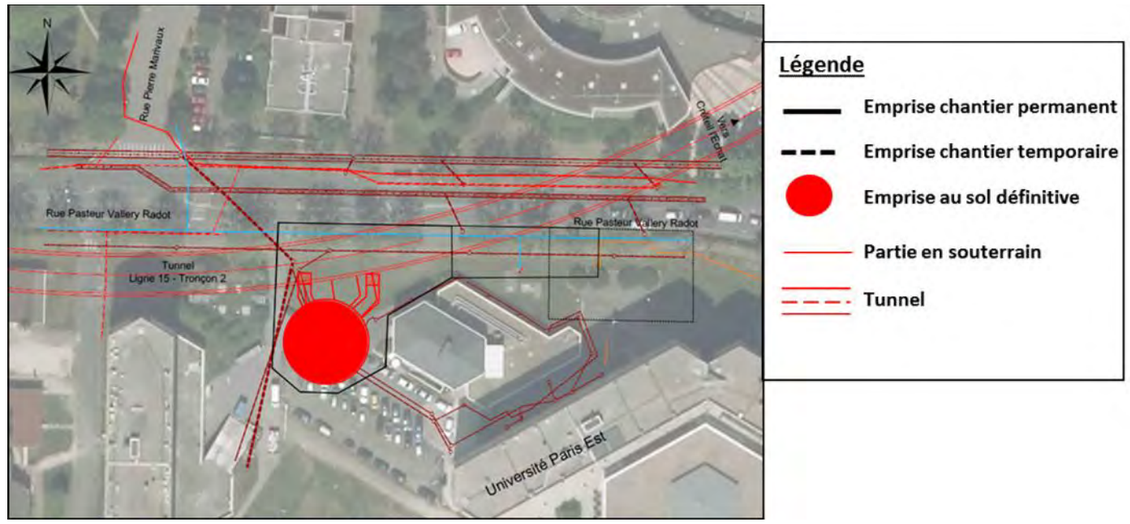
L'ouvrage annexe rue de Rome suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.20 OA Université de Créteil / Puits 1201P

3.3.20.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Créteil, sur une parcelle de l'Université de Paris Est, rue Pasteur Vallery Radot. Il s'insère entre la gare de Vert de Maisons et la gare de Créteil l'Echat.

L'environnement de cet ouvrage annexe est constitué par les bâtiments de l'université Paris Est. L'OA est situé au niveau du parking le long de la rue Pasteur Vallery Radot



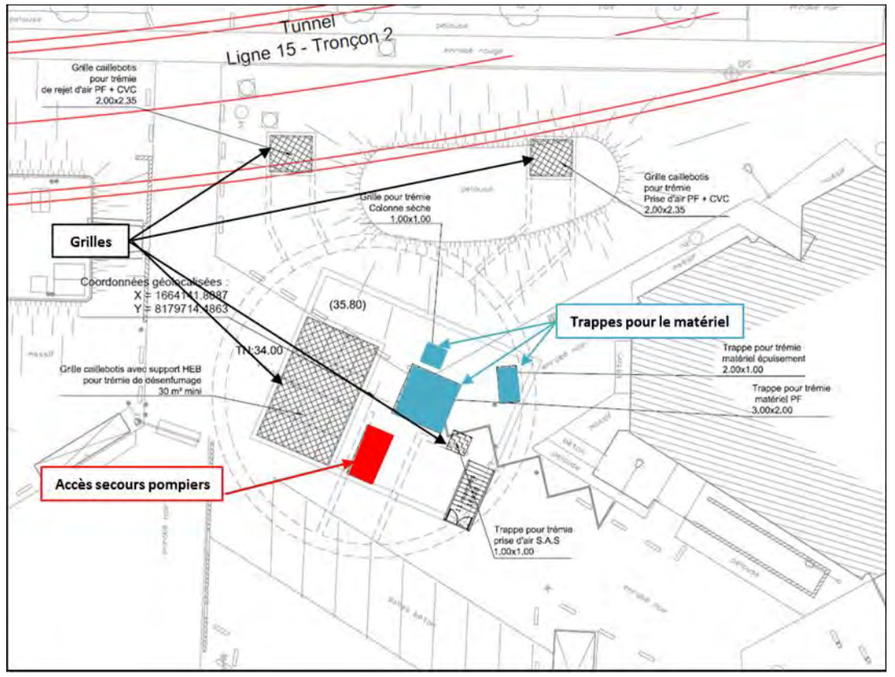
Insertion de l'OA Université Créteil dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.20.2 Caractéristiques de l'OA Université Créteil

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 28m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage rehaussée,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA Université Créteil (Source : Société du Grand Paris)

3.3.20.3 Processus de construction

Compte tenu de la profondeur du puits et de la présence de différentes nappe en charge, un soutènement rigide de type paroi moulée est nécessaire.

L'emprise du chantier évolue en fonction des 2 phases de construction : réalisation des parois moulées et terrassement jusqu'au fond de fouille dans un premier temps puis réalisation de la structure interne.

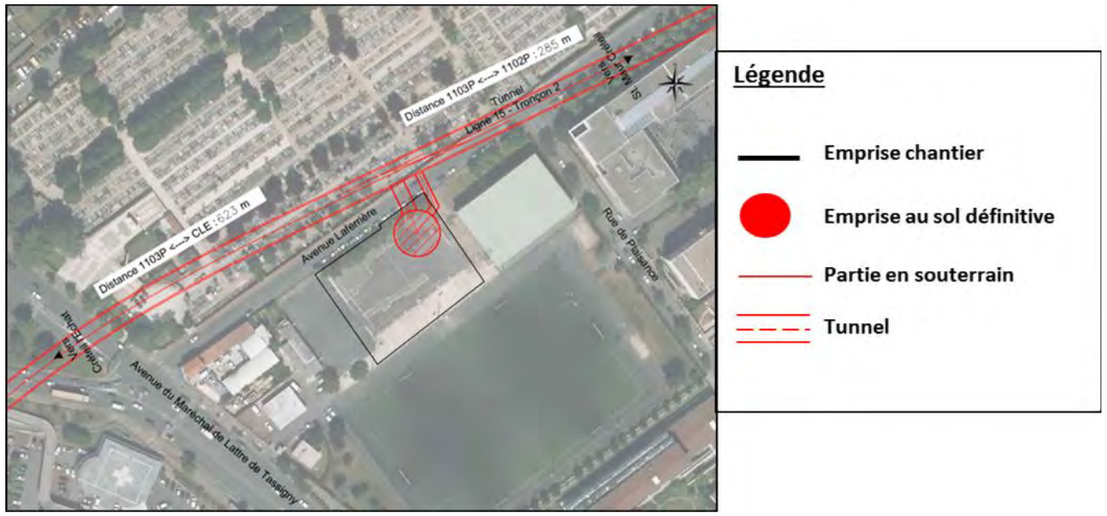
L'ouvrage annexe Université Créteil suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.21 OA Stade F. Desmond / Puits 1103P

3.3.21.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune Créteil, à proximité de l'hôpital Henri Mondor et d'un centre sportif, au niveau de l'avenue Laferrière. Il s'insère sur le tronçon Créteil l'Echat / Saint Maur Créteil à l'est de la gare Créteil l'Echat et à l'ouest de l'ouvrage annexe Avenue Ceinture.

L'environnement immédiat de l'ouvrage comprend le gymnase du stade F Desmond et un terrain de football. L'avenue Laferrière est bordée par le cimetière de Créteil en face du stade.



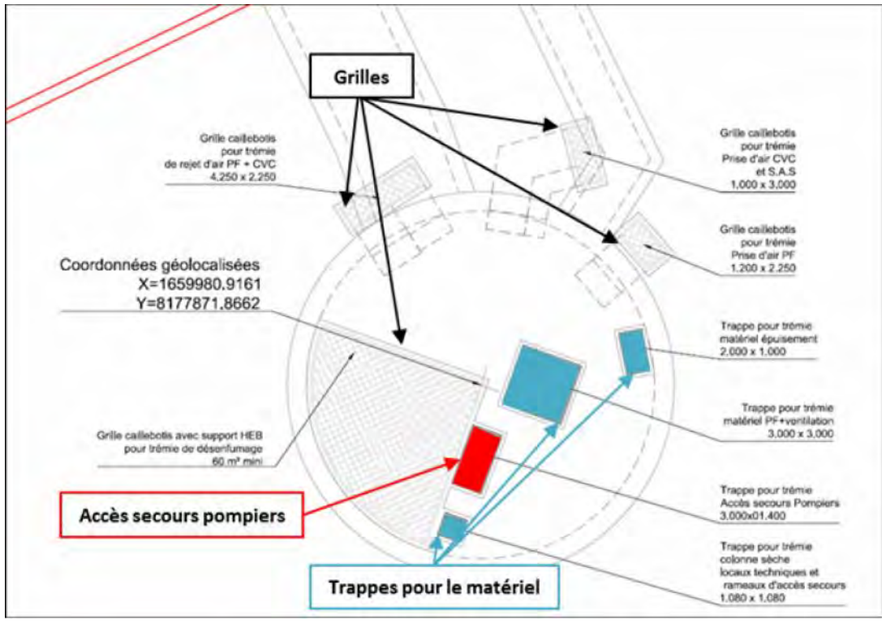
Insertion de l'OA stade F Desmond dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.21.2 Caractéristiques de l'OA Stade F Desmond

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 28m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA stade F Desmond (Source : Société du Grand Paris)

3.3.21.3 Processus de construction

L'ouvrage annexe Stade F Desmond suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.22 OA avenue de Ceinture / Puits 1102P

3.3.22.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Créteil, sur une parcelle donnant sur l'avenue de Ceinture. Il s'insère sur le tronçon Créteil l'Echat / Saint Maur Créteil, à l'est de l'OA stade F Desmond et à l'ouest de l'OA rue du Port.

L'ouvrage est implanté au 47 de l'avenue de Ceinture, au sein d'un quartier résidentiel constitué de villas en meulières (maisons, R+1 ou R+2). Un bâtiment existe sur la parcelle des travaux qu'il sera nécessaire de démolir pour permettre la réalisation de l'ouvrage.



Insertion de l'OA avenue Ceinture dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

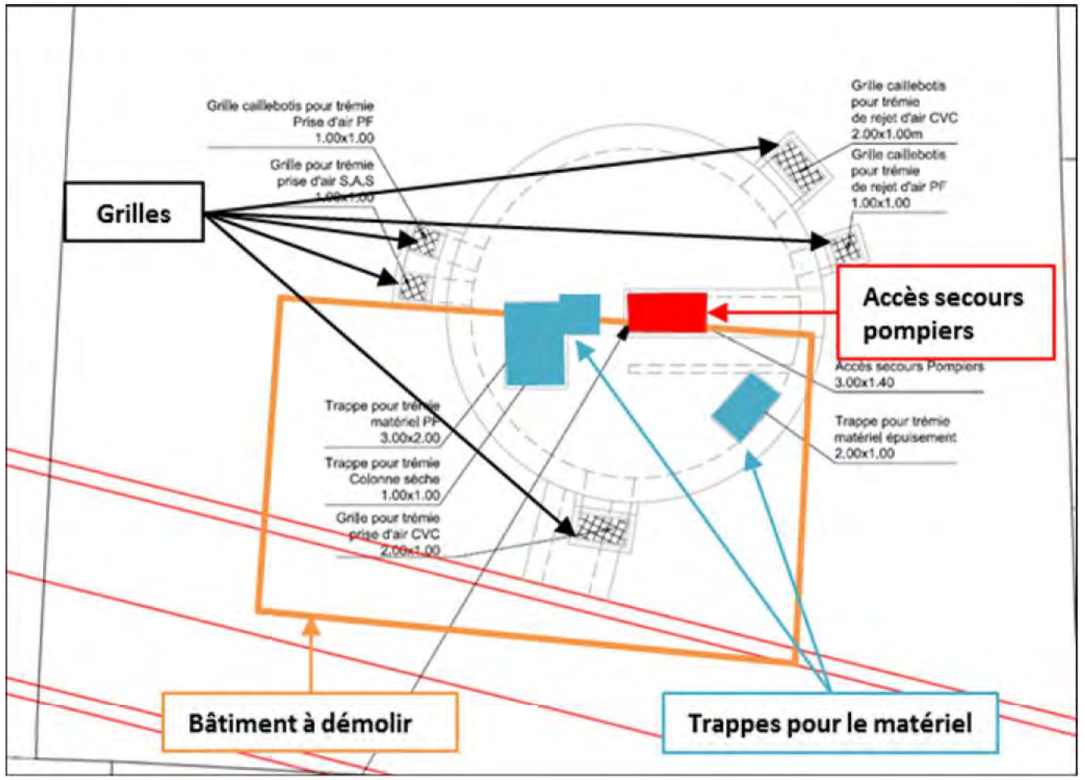
3.3.22.2 Caractéristiques de l'OA avenue Ceinture

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 29m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type accès de secours circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Cet ouvrage comprend un poste de redressement.



Plan des émergences de l'OA avenue Ceinture (Source : Société du Grand Paris)

3.3.22.3 Processus de construction

L'ouvrage annexe avenue Ceinture suit le processus de construction d'un OA d'accès de secours circulaire.

3.3.23 OA rue du Port / Puits 1101P

3.3.23.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Créteil au niveau du croisement de la rue du Cap et de la rue du Port. Il s'insère sur le tronçon Créteil l'Echat / Saint Maur Créteil, à l'est de l'OA avenue Ceinture et à l'ouest de la gare Saint Maur Créteil.

L'OA est implanté dans un quartier résidentiel constitué de maisons d'habitation, en rive gauche de la Marne. L'OA se situe sur une parcelle actuellement occupée par un trottoir et des espaces verts.



Insertion de l'OA rue du Port dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

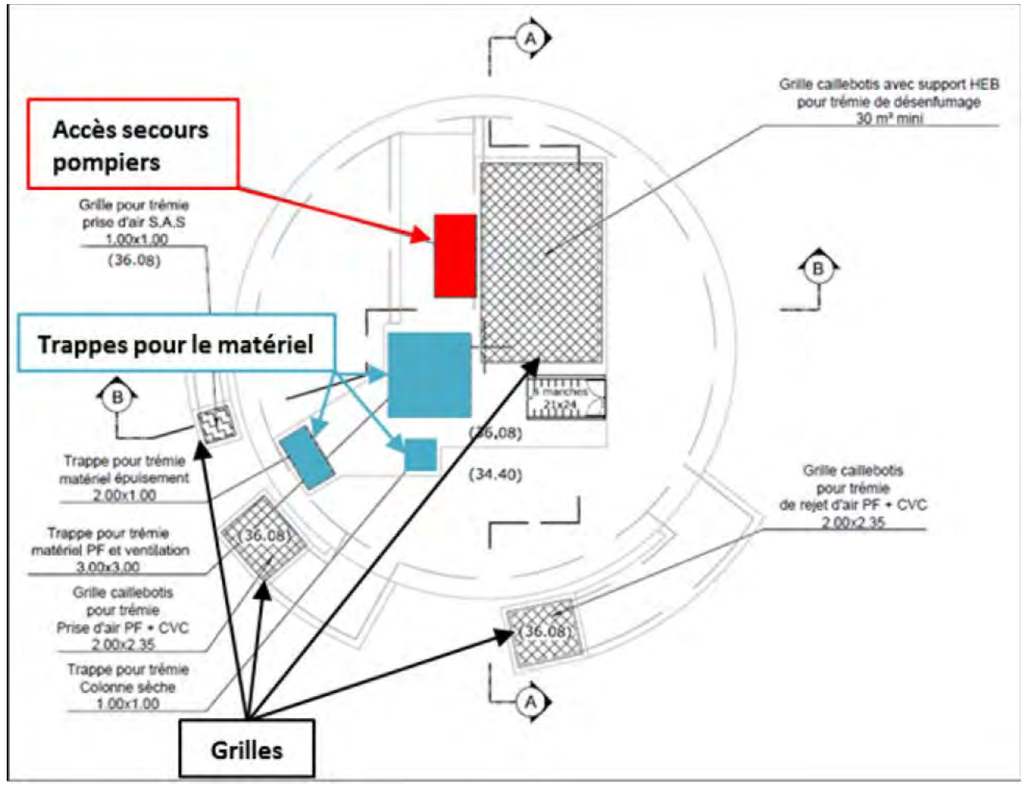
3.3.23.2 Caractéristiques de l'OA rue du Port

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 27m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

L'ensemble des émergences a été rehaussé par mesure de prévention en cas de crue.



Plan des émergences de l'OA rue du Port (Source : Société du Grand Paris)

3.3.23.3 Processus de construction

Le chantier s'organise en deux sites. Le premier site s'étend le long de la rue du Port en empiétant sur la chaussée et sur la parcelle à l'intersection de la rue du Cap et de la rue du Port. Le second site est située le long du la Marne au nord de l'ouvrage.

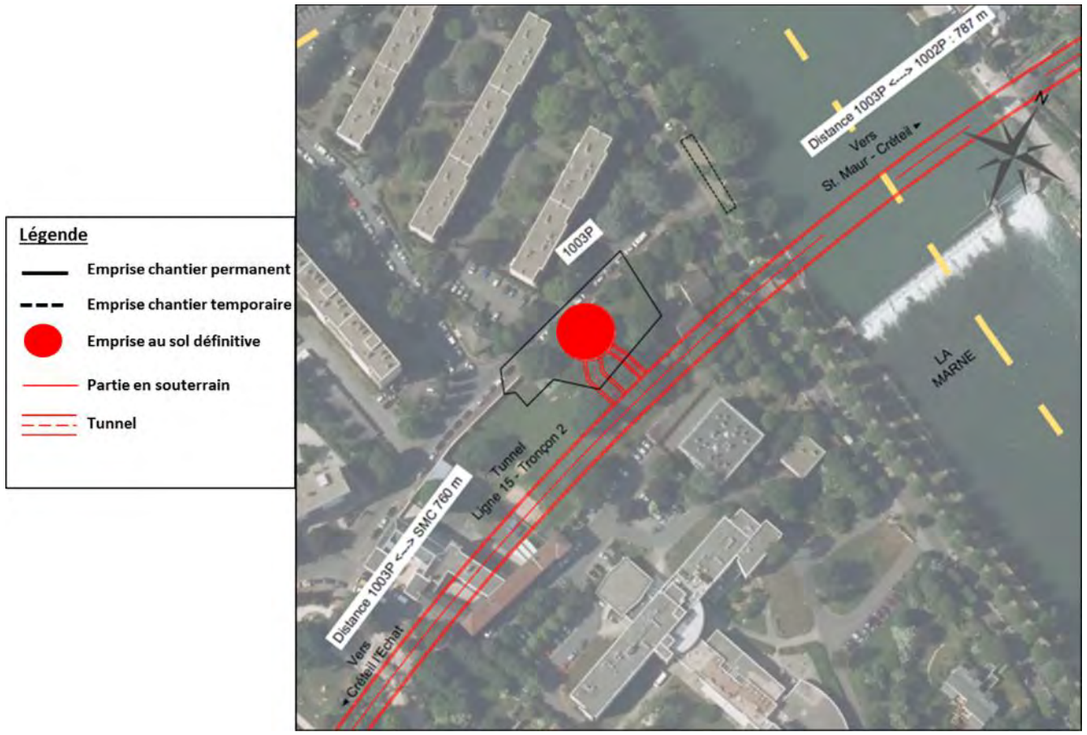
L'ouvrage annexe rue du Port suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.24 OA Impasse de l'Abbaye / Puits 1003P

3.3.24.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés au niveau du croisement de la rue de l'Abbaye et du quai Beaubourg. Il s'insère sur le tronçon St Maur Créteil/Champigny Centre, à l'est de la gare de St Maur Créteil et à l'ouest de l'OA rue Charles Floquet.

L'OA est implanté dans un quartier résidentiel constitué de maisons individuelles et d'immeubles d'habitation à environ 150m de la Marne. L'OA est situé sur une parcelle actuellement utilisée comme espace vert et empiète sur la voie de circulation.



Insertion de l'OA impasse Abbaye dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

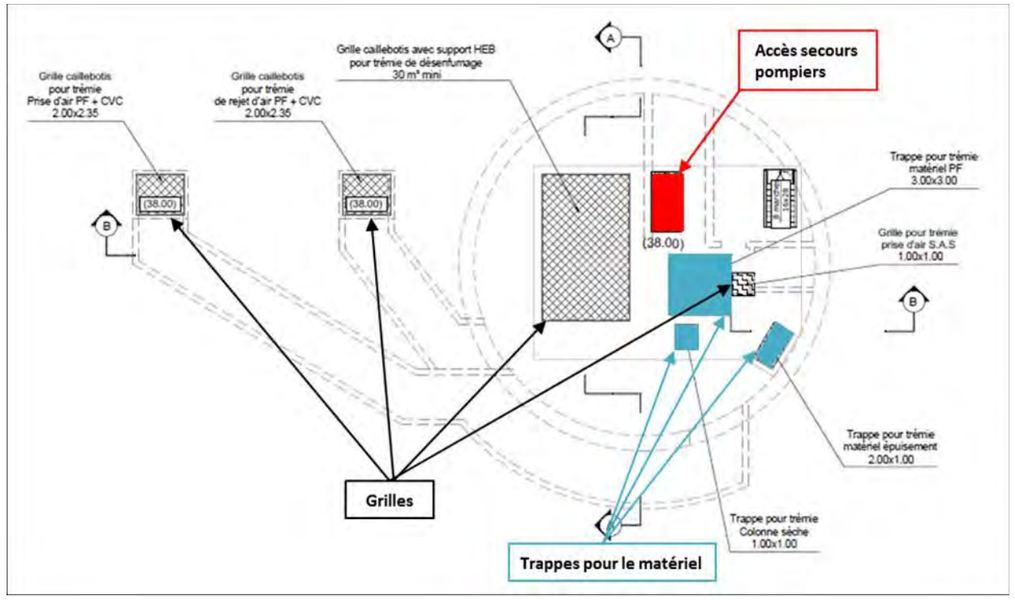
3.3.24.2 Caractéristiques de l'OA impasse Abbaye

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 35m (niveau inférieur du radier) jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 6 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

L'ensemble des émergences a été rehaussé par mesure de prévention en cas de crue.



Plan des émergences de l'OA impasse Abbaye (Source : Société du Grand Paris)

3.3.24.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites, le site d'implantation de l'OA impasse Abbaye et temporairement le long du quai Beaubourg.

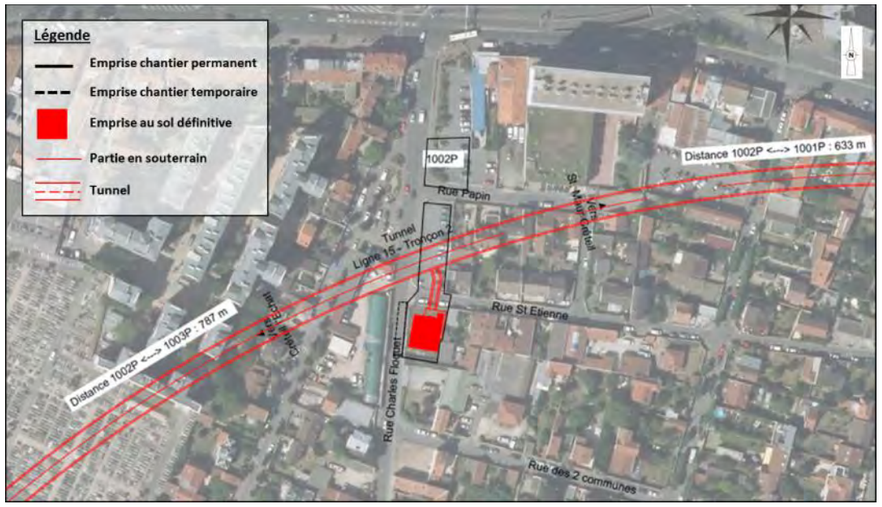
L'ouvrage annexe impasse Abbaye suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.25 OA rue Charles Floquet / Puits 1002P

3.3.25.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Champigny-sur-Marne, au niveau de la rue Charles Floquet entre la rue des deux communes et la rue St Etienne. Il s'insère sur le tronçon St Maur Créteil/Champigny Centre, à l'est de l'OA impasse de l'Abbaye et à l'ouest de l'OA avenue Roger Salengro.

L'ouvrage est implanté dans un environnement urbain dense entre les immeubles et des maisons individuelles. L'ouvrage est implanté sur un terrain en friche. Plusieurs bâtiments limitent les emprises de l'ouvrage, cependant il n'y a pas d'impact direct sur ceux-ci.

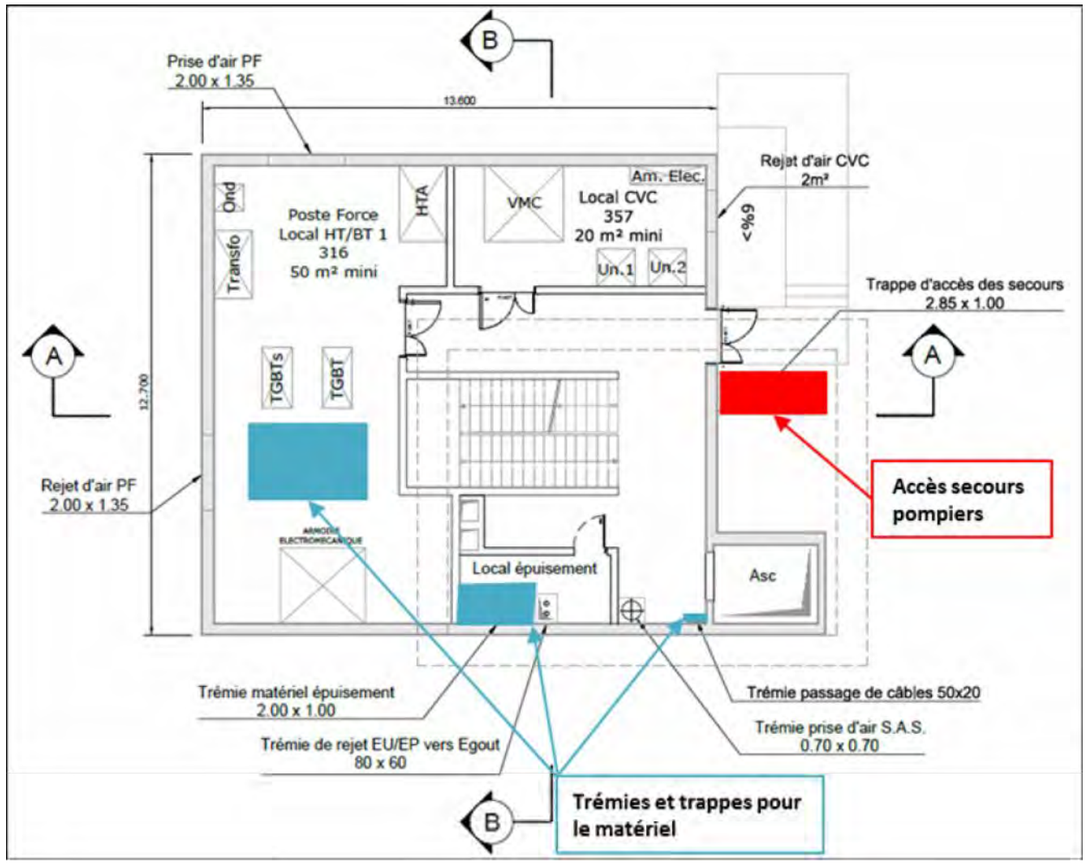


Insertion de l'OA rue Charles Floquet dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.25.2 Caractéristiques de l'OA rue Charles Floquet

L'ouvrage est un puits rectangulaire dont les locaux techniques sont en surface et de 9m de hauteur. La partie enterrée atteint une profondeur de 35 m jusqu'à la face supérieure du radier et comprend 8 niveaux de sous-sol. Il est utilisé comme puits d'accès de secours et d'épuisement. Il s'agit donc d'un ouvrage d'accès secours rectangulaire.

Toutes les émergences se trouvent à l'intérieur du bâtiment. Les prises et rejets d'air seront sur les façades du bâtiment.



Plan des émergences de l'OA rue Charles Floquet (Source : Société du Grand Paris)

3.3.25.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'OA,
- Une parcelle au nord de la rue Papin.

L'ouvrage annexe rue Charles Floquet suit le processus de construction d'un OA d'accès secours rectangulaire.

3.3.26 OA avenue Roger Salengro / Puits 1001P

3.3.26.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Champigny-sur-Marne, à l'intersection de l'avenue Roger Salengro et du Boulevard Aristide Briand. Il assure la liaison entre les lignes 15 Sud et 15 Est du Grand Paris Express sur le tronçon Saint-Maur-Créteil / Champigny Centre.

L'ouvrage prend place sur une voie de circulation bordée par des immeubles de plus de cinq étages, des maisons et des commerces.



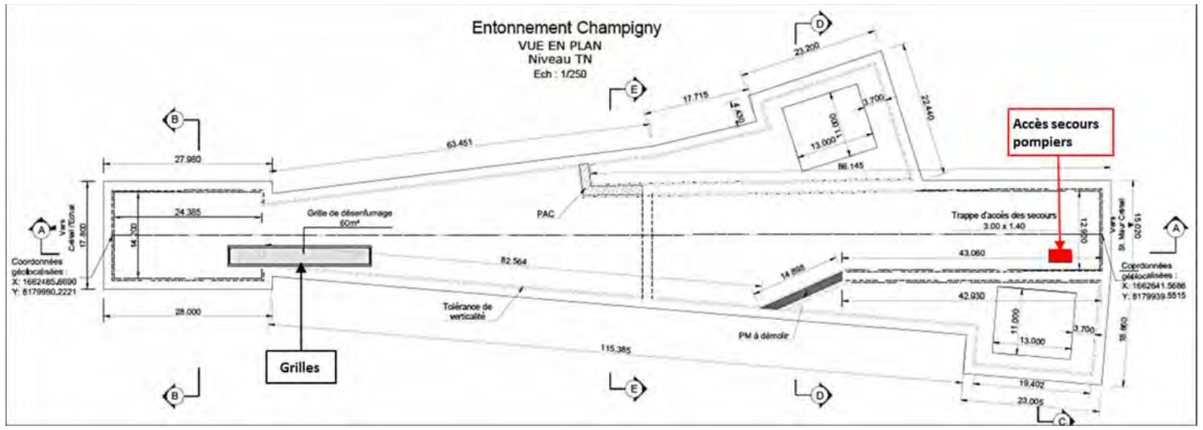
Insertion de l'OA avenue Roger Salengro dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.26.2 Caractéristiques de l'OA avenue Roger Salengro

L'ouvrage est un puits de largeur variable et d'environ 166 m de longueur. Sa fonction principale est de réaliser le raccordement entre la Ligne 15 Sud et la ligne 15 Est. En phase travaux, il servira de puits de sortie de deux tunneliers venant la ligne 15 Est. En phase définitive, il abritera également des installations de ventilation, de désenfumage, de décompression et accès de secours pour la Ligne 15 Sud et la ligne 15 Est. Il s'agit donc d'un ouvrage spécial.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel, poste force et colonne sèche,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA avenue Roger Salengro (Source : Société du Grand Paris)

3.3.26.3 Processus de construction

L'ouvrage a été divisé en 2 parties, dépendant de la date de disponibilité des parcelles.

- La partie centrale qui se trouve dans le foncier publique sera réalisée en premier. Elle est divisée en 4 parties : sud-est, nord-est, nord-ouest et sud-ouest. Les travaux sont réalisés de part et d'autre de la chaussée alternativement ;
- Les excroissances se trouvent dans le foncier privé et seront réalisées ultérieurement.

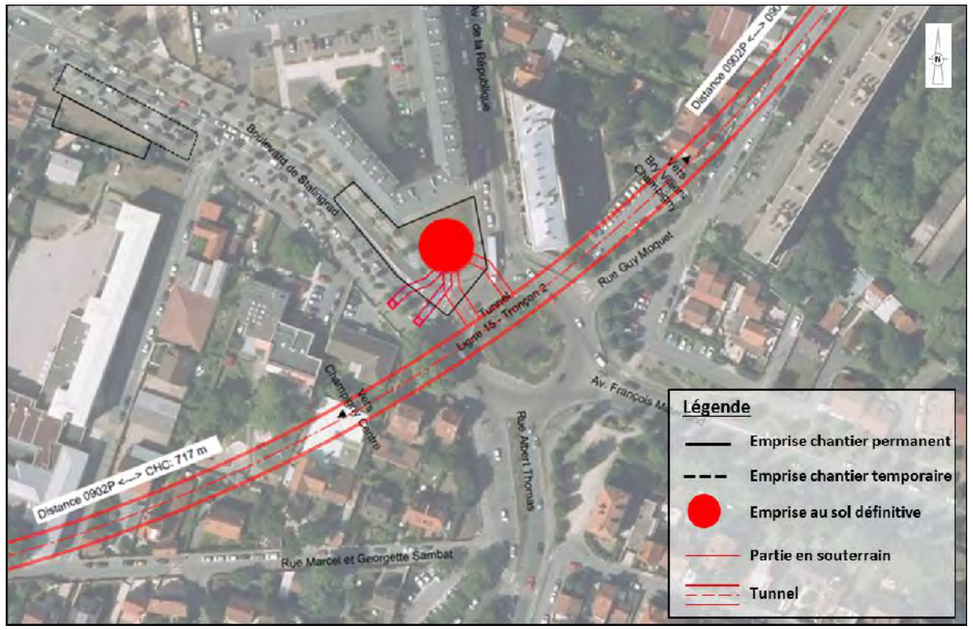
Une dernière phase de travaux est prévue pour la réalisation d'un troisième puits de sortie du tunnelier de la ligne 15 Est.

3.3.27 OA Rond-point du colonel Grancey / Puits 0902P

3.3.27.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Champigny-sur-Marne, au niveau du rond-point du colonel Grancey, sur l'espace entre le boulevard de Stalingrad et l'avenue de la République. Il s'insère sur le tronçon Champigny Centre/Bry-Villiers-Champigny, à l'est de la garde de Champigny centre et à l'ouest de l'ouvrage annexe Clos du pré de l'Etang.

L'OA est implanté entre deux grandes voies de circulation et à proximité de barres d'immeubles.



Insertion de l'OA Rond-point du Colonel Grancey dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

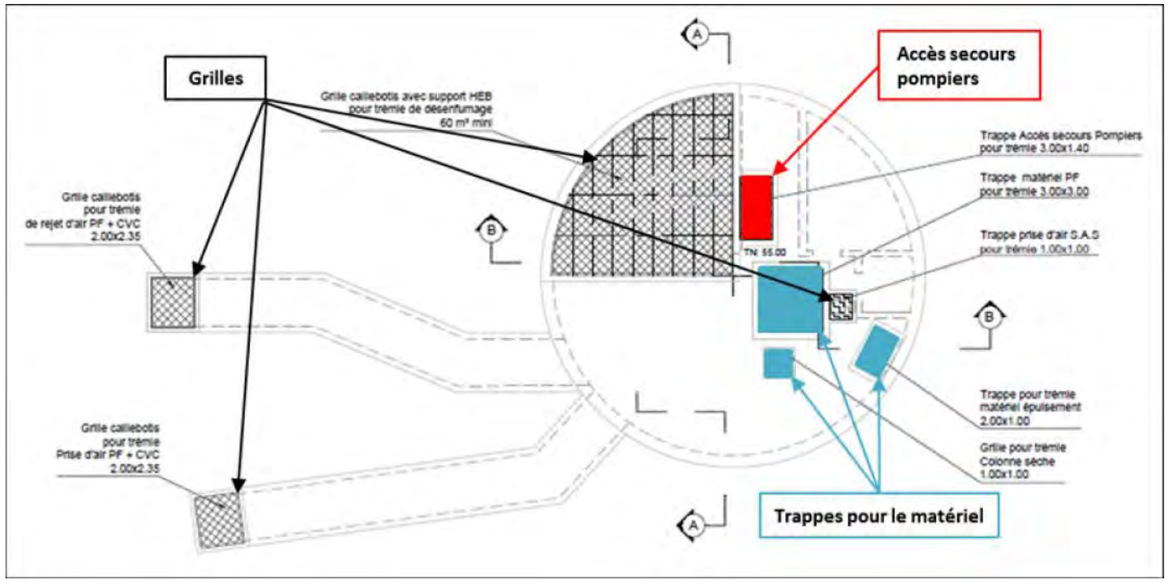
Le site d'implantation de l'ouvrage est actuellement occupé par un espace vert à l'intersection du boulevard Stalingrad et de l'avenue de la République.

3.3.27.2 Caractéristiques de l'OA Rond-point du Colonel Grancey

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 32m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA Rond-point du Colonel Grancey (Source : Société du Grand Paris)

3.3.27.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'OA Rond-point du Colonel Grancey,
- Une zone boulevard Stalingrad dont une partie empiétant sur la chaussée sera occupée temporairement pendant la première phase de chantier.

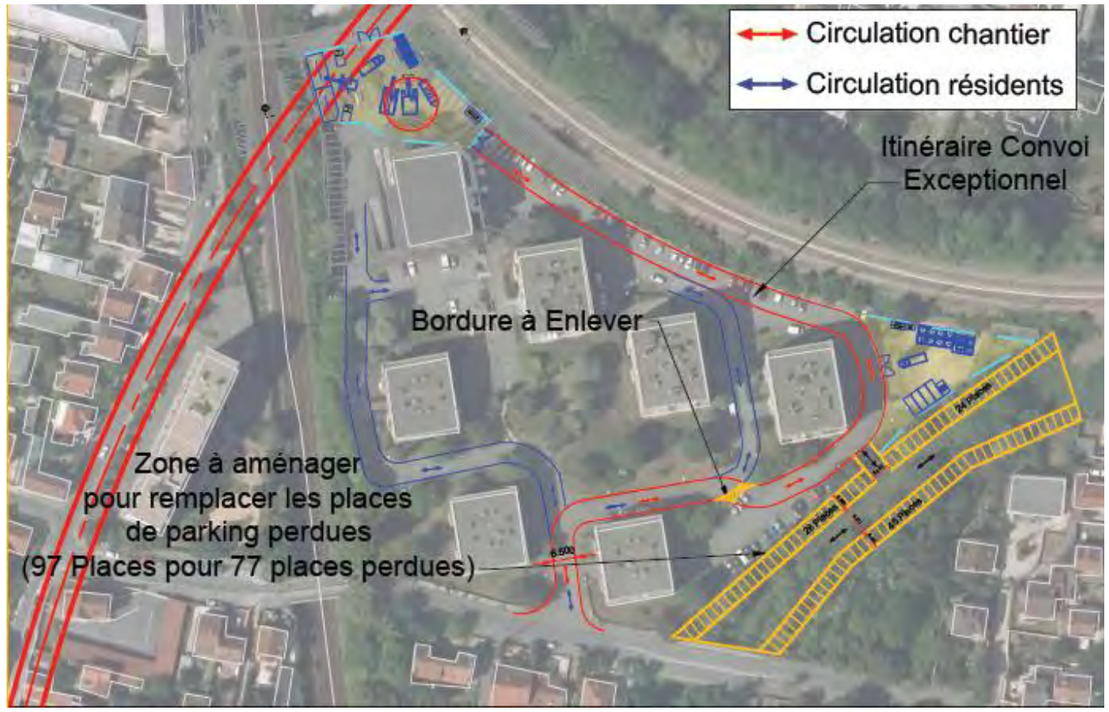
L'ouvrage annexe Rond-point du Colonel Grancey suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.28 OA Clos du Pré de l'Etang / Puits 0901P

3.3.28.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Champigny–sur–Marne, au niveau d'un parking privé dans la résidence du Clos du pré de l'étang, entre deux talus ferroviaires SNCF. Il s'insère sur le tronçon Champigny Centre/Bry-Villiers-Champigny, à l'est de l'ouvrage annexe Rond-point du Colonel Grancey et à l'ouest de la gare de Bry-Villiers-Champigny.

L'ouvrage annexe Clos du Pré de l'Etang est situé à proximité d'immeubles d'habitation de plus de 5 étages et de voies ferrées. Il est implanté dans l'enceinte d'une co-propriété privée longée à l'est et à l'ouest par des voies ferrées.



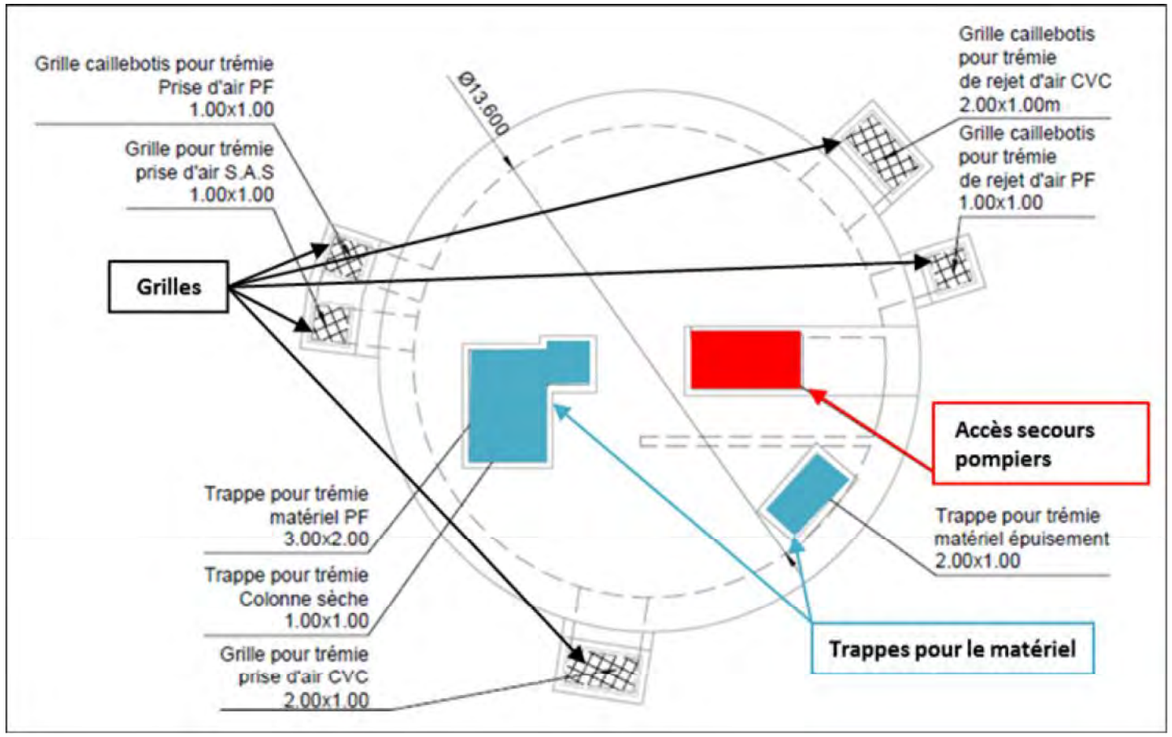
Insertion de l'OA Clos du Pré de l'Etang dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.28.2 Caractéristiques de l'OA Clos du Pré de l'Etang

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 20m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 4 niveaux de sous-sol. Il est utilisé comme puits d'accès de secours et d'épuisement. Il s'agit donc d'un ouvrage d'accès secours circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA Clos du Pré de l'Etang (Source : Société du Grand Paris)

3.3.28.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'OA,
- Un site à l'est de l'autre côté de la voie ferrée, chemin du pré de l'Etang.

L'ouvrage annexe Clos du Pré de l'Etang suit le processus de construction d'un OA d'accès secours circulaire.

3.3.29 OA de tunnelier SMR / Puits 0813P

3.3.29.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Champigny-sur-Marne, dans le Parc Départemental du Plateau. Il constitue l'extrémité du tronçon de raccordement SMR.

L'implantation de l'OA nécessite des travaux pour la démolition de deux bâtiments.



Insertion de l'OA puits d'attaque tunnelier SMR dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

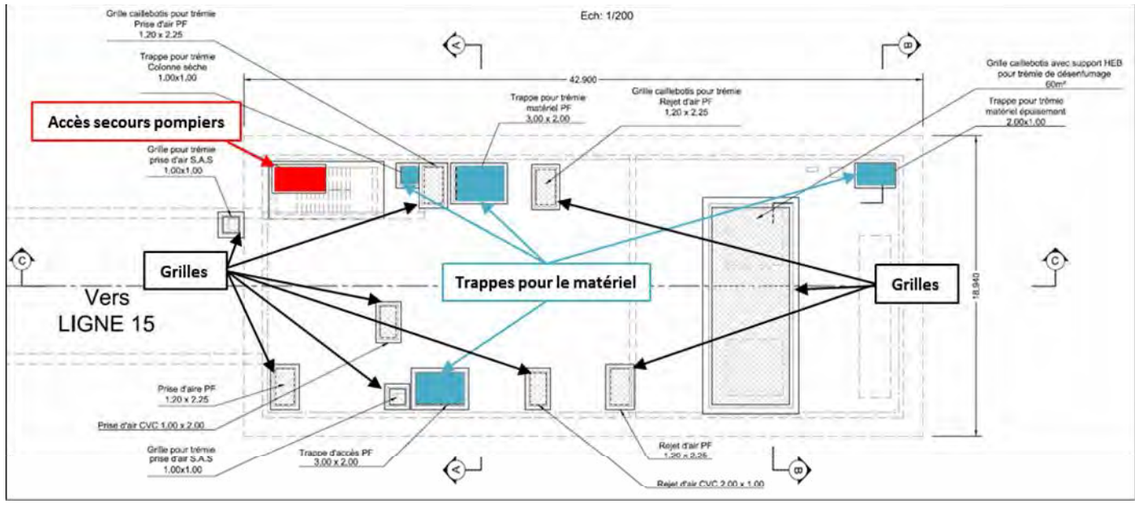
3.3.29.2 Caractéristiques de l'OA puits d'attaque tunnelier SMR

L'ouvrage est un puits rectangulaire d'environ 42m de long sur 18m de largeur, pour une profondeur d'environ 22m. Le puits est réalisé sur 3 niveaux. L'ouvrage a une double fonction :

- En phase travaux, il sera utilisé comme puits de sortie du tunnelier permettant la réalisation du tunnel d'embranchement du SMR sur le tunnel principal de la ligne ;
- En phase définitive, cet ouvrage abritera les installations de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage spécial.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA puits d'attaque tunnelier SMR (Source : Société du Grand Paris)

3.3.29.3 Processus de construction

Les emprises chantier seront plus étendues durant la phase de construction de l'ouvrage. Une fois terminé, cette emprise sera réduite pour permettre l'installation des emprises chantier pour la réalisation du site de maintenance et remisage.

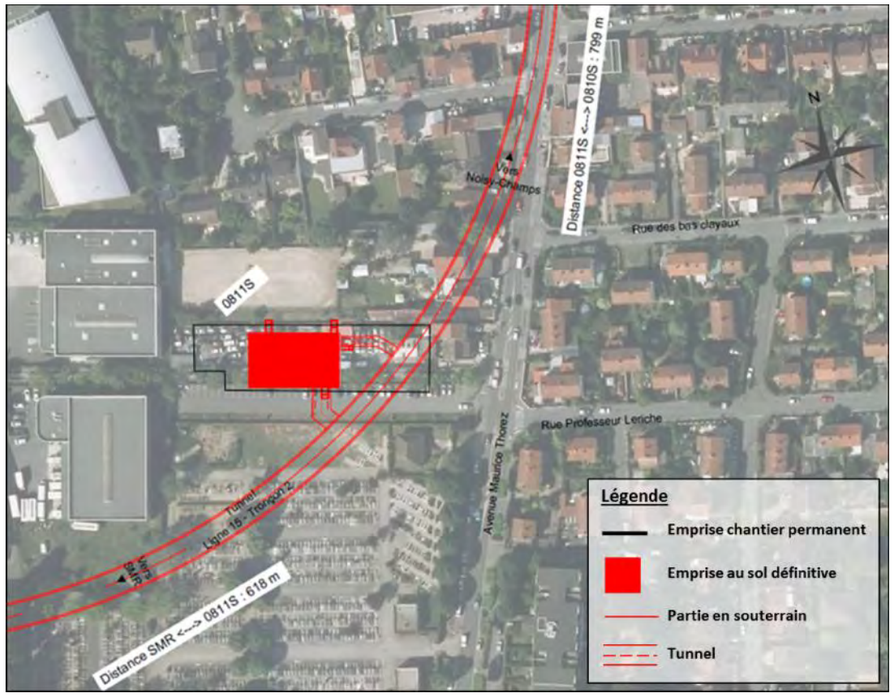
Les travaux de réalisation du puits n'impactent pas les avoisinants, cependant dans le cadre de la réalisation de certains ouvrages, la rue du Bernaü devra faire l'objet d'une déviation vers le Nord au droit des emprises.

3.3.30 OA avenue Maurice Thorez / Puits 0811P

3.3.30.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Champigny-sur-Marne, au 450 de l'avenue Maurice Thorez, au niveau d'une casse automobile. Il s'insère sur le tronçon de raccordement SMR, en position intermédiaire entre OA puits d'attaque tunnelier SMR et l'OA rue Général Leclerc.

L'OA avenue M Thorez est localisé à proximité d'une ZAC, sur une parcelle utilisée comme casse automobile. L'OA est limité au sud par une zone de stationnement et à l'ouest par les bâtiments de la ZAC des Nations. Un bâtiment situé à l'angle nord-est de l'OA doit être démoli pour permettre l'implantation de l'ouvrage.



Insertion de l'OA avenue M Thorez dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

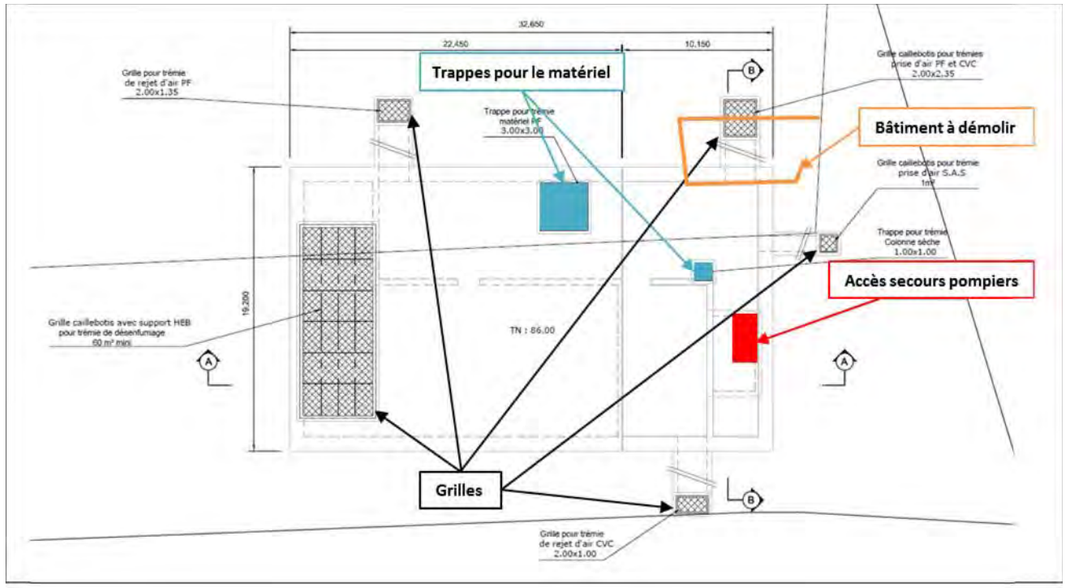
3.3.30.2 Caractéristiques de l'OA avenue M Thorez

L'ouvrage est constitué d'un élément rectangulaire enterré sur 2 niveaux et d'un puits d'une profondeur de 23m (niveau supérieur du radier) jusqu'à la face supérieure du radier. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type B.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.

Il prévu pour cet ouvrage, des locaux techniques en surface.



Plan des émergences de l'OA avenue M Thorez (Source : Société du Grand Paris)

3.3.30.3 Processus de construction

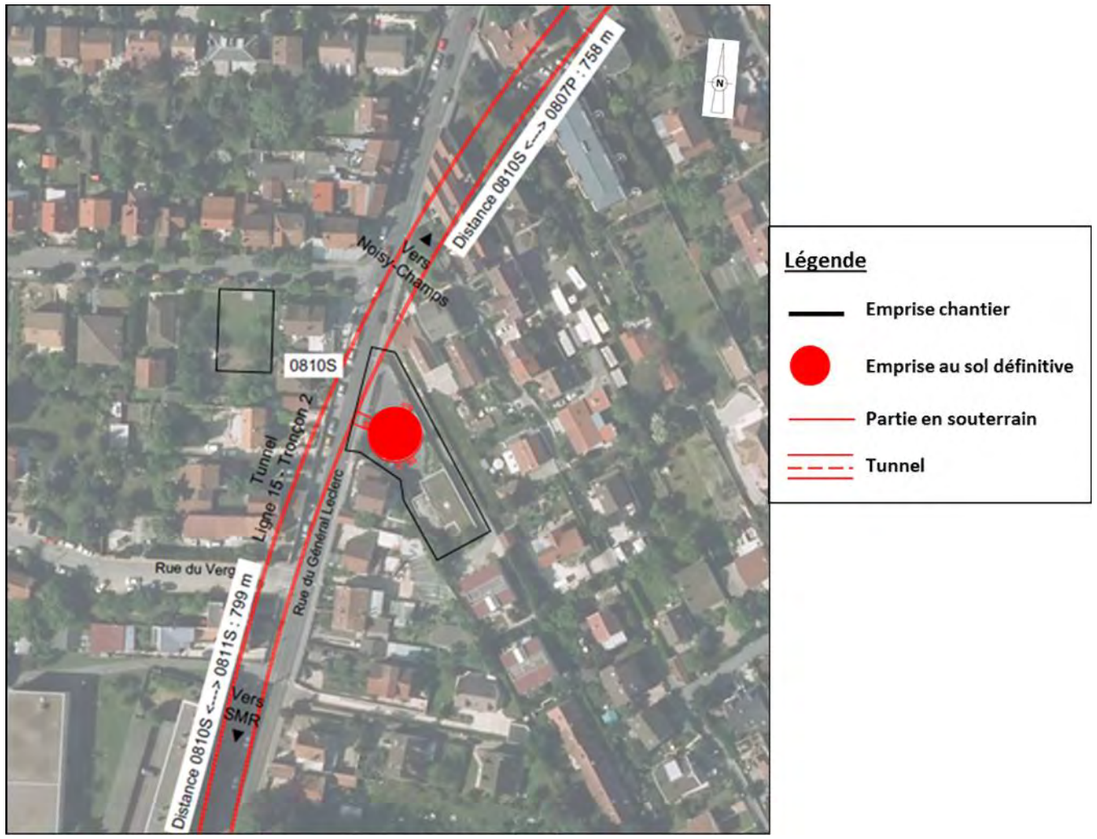
L'emprise du chantier est limitée au site de l'ouvrage, elle n'empiète pas sur la voierie. L'ouvrage annexe avenue M Thorez suit le processus de construction d'un OA de type B.

3.3.31 OA rue du Général Leclerc / Puits 0810P

3.3.31.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Villiers-sur-Marne, à l'angle de la rue du Général Leclerc et de l'allée des Lauriers. Il s'insère sur le tronçon de raccordement SMR entre l'OA avenue M Thorez et l'OA sentier des Marins.

L'ouvrage prend place au 19 rue du Général Leclerc, dans un quartier résidentiel constitué de maison d'habitation (R+1-R+2) densément construit. L'emprise travaux de l'OA impacte un bâtiment à l'extrémité sud de la parcelle, une action foncière doit être entreprise.



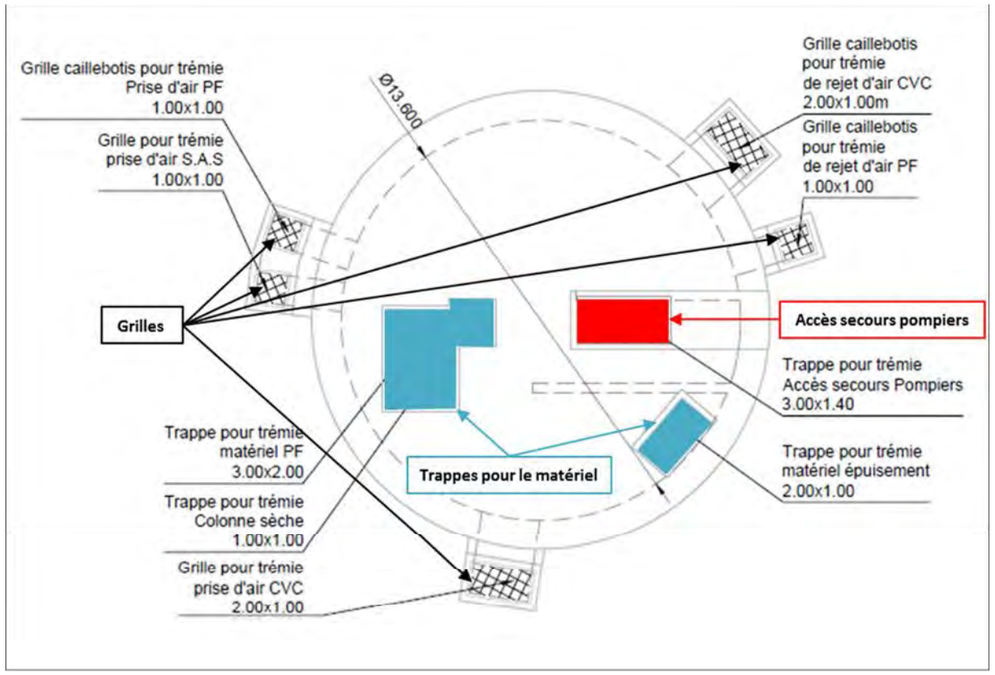
Insertion de l'OA rue du Général Leclerc dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.31.2 Caractéristiques de l'OA rue du Général Leclerc

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 26m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits de d'accès de secours et d'épuisement. Il s'agit donc d'un ouvrage accès secours circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA rue du Général Leclerc (Source : Société du Grand Paris)

3.3.31.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'OA,
- Une zone à l'ouest, le long de l'avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny.

L'ouvrage annexe rue du Général Leclerc suit le processus de construction d'un OA accès secours circulaire.

3.3.32 OA Avenue Henri Dunant / Puits 0808P

3.3.32.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Villiers-sur-Marne, au niveau d'un espace vert et d'un parking entre l'avenue H Dunant et les voies SNCF. Il s'insère sur le tronçon Bry-Villiers-Champigny / Noisy-Champs entre la gare Bry-Villiers-Champigny à l'est l'OA sentier des Marins.

L'ouvrage est implanté entre l'avenue Dunant au nord et la voie ferrée au sud, à l'Est d'une barre d'immeuble d'habitations.



Insertion de l'OA avenue H Dunant dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

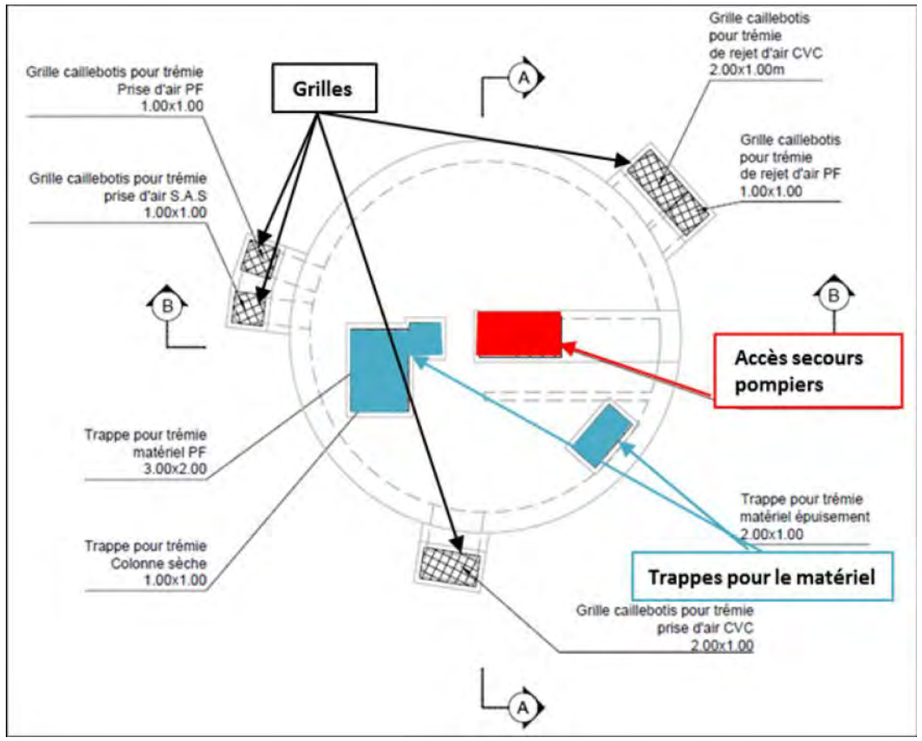
Le site d'implantation correspond à un espace privé en contrebas de la voie ferrée.

3.3.32.2 Caractéristiques de l'OA avenue H Dunant

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 29m jusqu'à la face supérieure du radier avec 5 niveaux de sous-sol. Il est utilisé comme puits d'accès de secours et d'épuisement. Il s'agit donc d'un ouvrage de type accès secours circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA avenue H Dunant (Source : Société du Grand Paris)

3.3.32.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur le seul site d'implantation de l'ouvrage.

L'ouvrage annexe avenue H Dunant suit le processus de construction d'un OA accès secours circulaire.

3.3.33 OA Sentier des Marins / Puits 0807P

3.3.33.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage de génie civil du branchement vers le SMR se situe sur la commune de Villiers-sur Marne, en partie sur une parcelle appartenant à RFF à l'est de la gare de Villiers-Plessis-Trévise du RER E et en partie sous une zone pavillonnaire longeant la ligne ferroviaire Paris-Bâle-Mulhouse. Il s'insère sur le tronçon Bry-Villiers-Champigny / Noisy-Champs entre l'OA avenue H Dunant à l'ouest et l'OA rue Mozart à l'est.

L'ouvrage est implanté dans une zone ferroviaire environnée de maisons d'habitations. Il se situe sur une parcelle appartenant à RFF. Un bâtiment devra être démoli à l'extrémité sud-ouest de la parcelle pour permettre la réalisation des travaux.



Insertion de l'OA Sentier des Marins dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

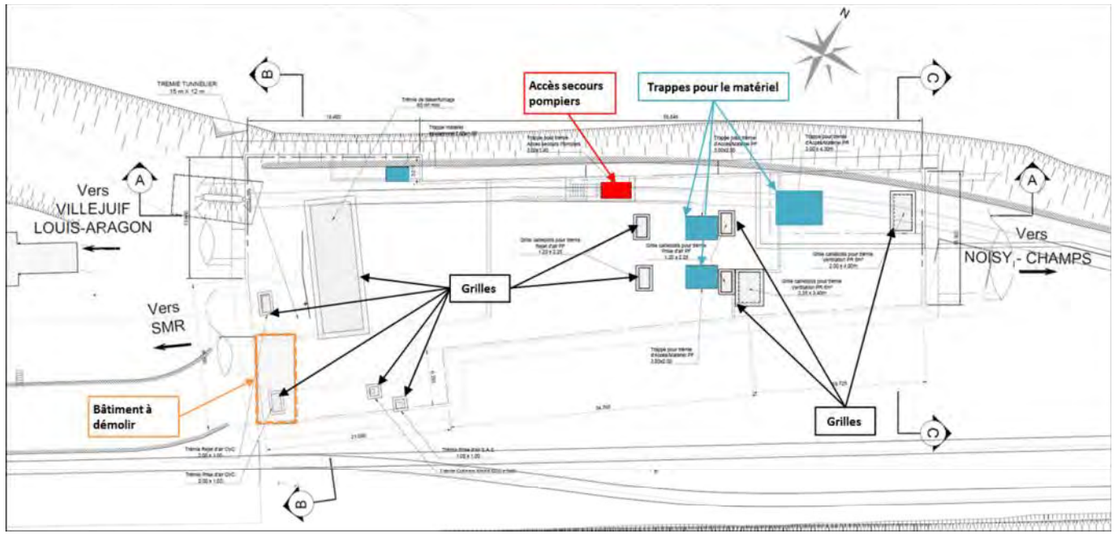
3.3.33.2 Caractéristiques de l'OA sentier des Marins

L'ouvrage a pour fonction le raccordement avec la ligne permettant d'accéder au site de maintenance et remisage (SMR). Il abrite également des installations de ventilation, de désenfumage, de décompression et accès de secours, ainsi qu'un poste de redressement double. Il s'agit donc d'un ouvrage spécial.

L'ouvrage a une profondeur de 30 m par rapport au niveau supérieur du radier. Il est réalisé sur 4 niveaux. Les trois premiers niveaux sont aménagés principalement pour la ventilation, le désenfumage et la décompression. Le dernier niveau abrite l'équipement du tunnel.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trémie de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air, et colonne sèche
- Des trappes d'accès au poste force et pour le matériel du même local,
- Une trappe pour trémie d'accès matériel du poste de redressement,
- Une grille de ventilation pour le poste de redressement.



Plan des émergences de l'OA sentier des Marins (Source : Société du Grand Paris)

3.3.33.3 Processus de construction

L'ouvrage est constitué :

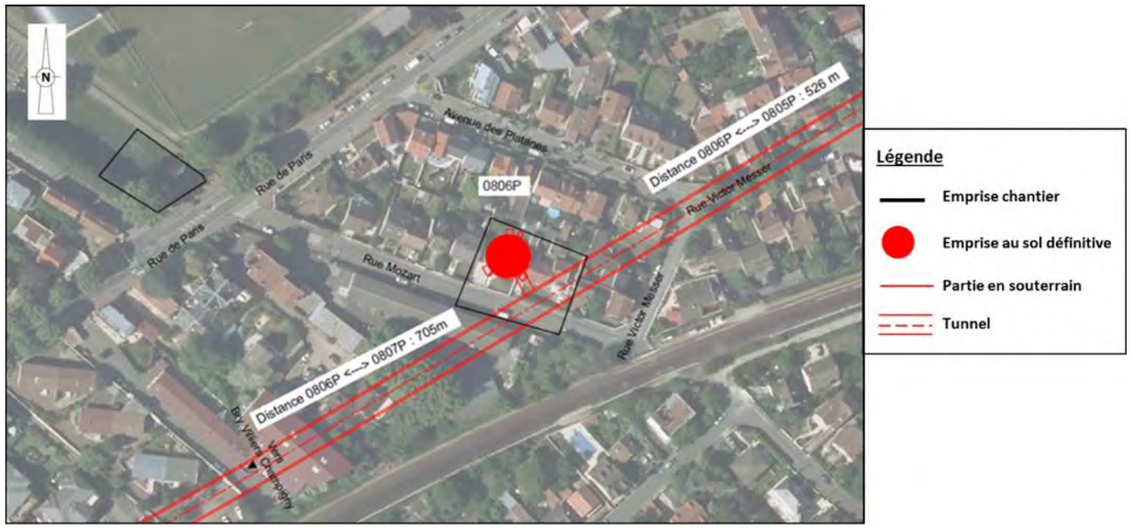
- d'un puits, sur la parcelle RFF, réalisé en taupe à l'abri de parois moulées.
- d'une caverne, sous la zone pavillonnaire, longeant la ligne ferroviaire Paris-Bâle-Mulhouse, réalisée en souterrain par la méthode conventionnelle.

3.3.34 OA rue Mozart / Puits 0806P

3.3.34.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Villiers-sur-Marne sur la rue Mozart. Il s'insère sur le tronçon Bry-Villiers-Champigny / Noisy-Champs, entre l'OA sentier des Marins à l'ouest et l'OA avenue Médéric à l'est.

L'ouvrage est implanté dans une zone pavillonnaire dense. La réalisation des travaux et la mise en place des installations de chantier nécessitent l'acquisition de parcelles privées.



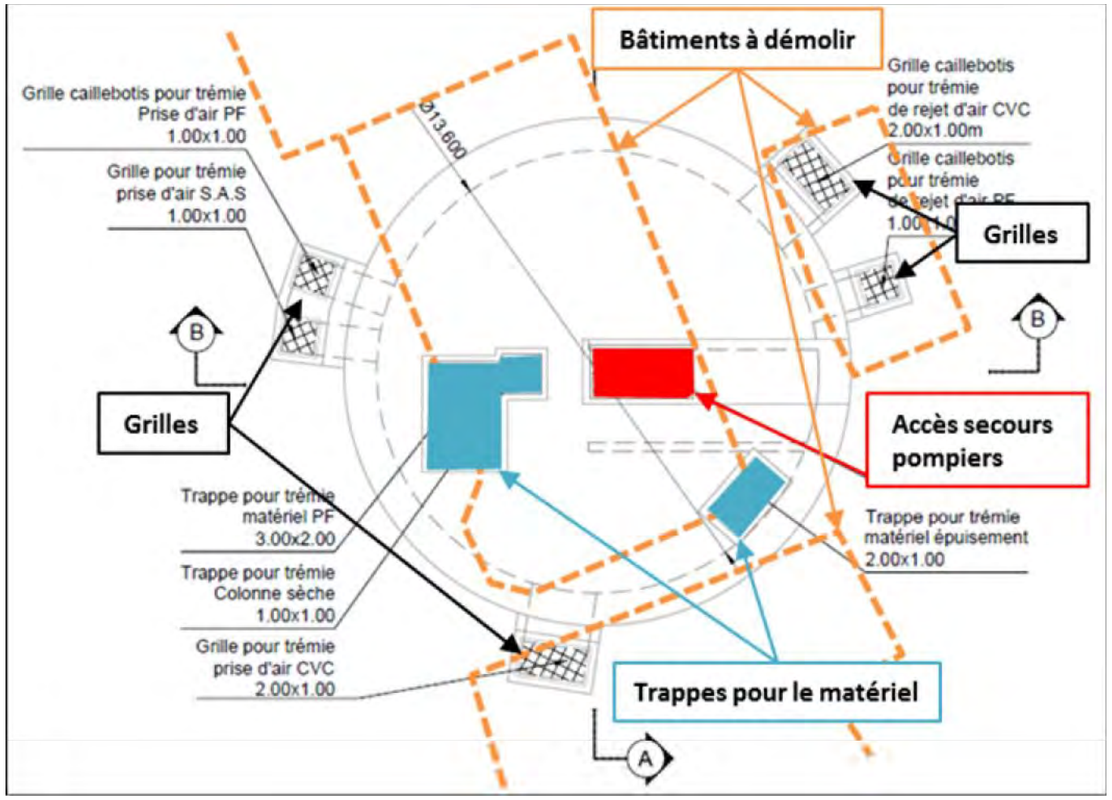
Insertion de l'OA rue Mozart dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.34.2 Caractéristiques de l'OA rue Mozart

L'ouvrage est un puits circulaire d'une profondeur 29m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits d'accès de secours et d'épuisement. Il s'agit donc d'un ouvrage de type accès secours circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA rue Mozart (Source : Société du Grand Paris)

3.3.34.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux sites :

- Le site d'implantation de l'ouvrage,
- Une zone au nord-ouest entre la rue de Paris et l'avenue Montrichard

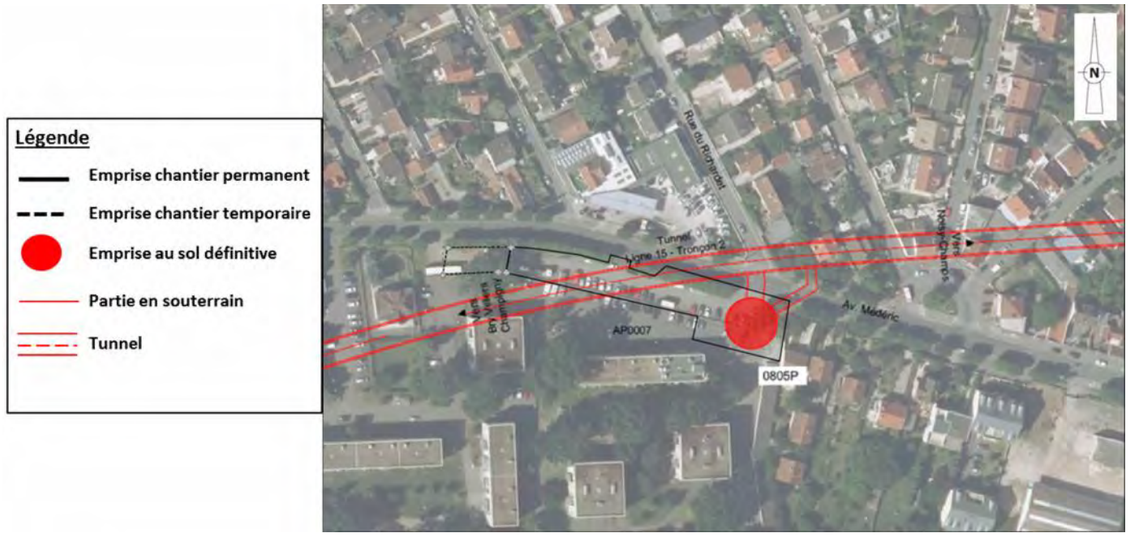
L'ouvrage annexe rue Mozart suit le processus de construction d'un OA de type accès secours circulaire.

3.3.35 OA avenue Médéric / Puits 0805P

3.3.35.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage se situe sur la commune de Noisy le Grand au niveau du croisement entre l'avenue Médéric et de la rue des Lilas. Il s'insère sur le tronçon Bry-Villiers-Champigny / Noisy-Champs, entre l'OA rue Mozart à l'ouest et l'OA Place des Yvris à l'est.

L'ouvrage prend place entre des immeubles et des maisons d'habitation du côté sud de l'avenue Médéric et des concessions automobiles côté nord de l'avenue Médéric. Le site d'implantation de l'ouvrage est actuellement occupé par un espace vert et un parking. Le chantier va nécessiter l'abattage d'arbres et d'arbustes qui seront replantés en phase ultérieure.



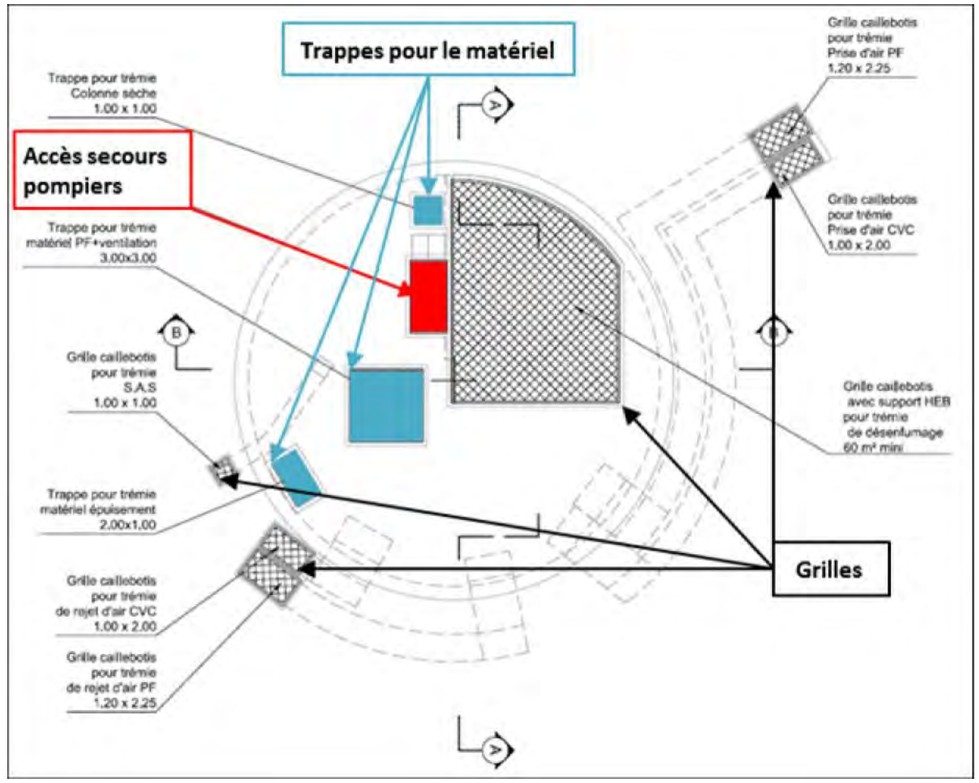
Insertion de l'OA Avenue Médéric dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.35.2 Caractéristiques de l'OA avenue Médéric

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 28m jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme puits de ventilation, de désenfumage, de décompression et comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type A circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA Avenue Médéric (Source : Société du Grand Paris)

3.3.35.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur le site d'implantation de l'ouvrage.

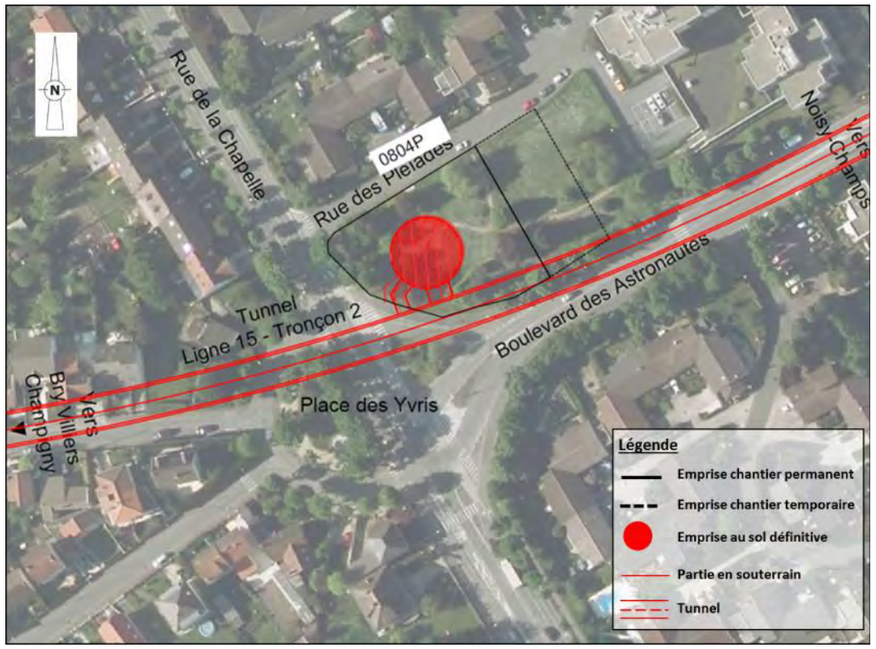
L'ouvrage annexe Avenue Médéric suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.36 OA place des Yvris / Puits 0804P

3.3.36.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage annexe est situé sur la commune de Noisy-Le-Grand, au niveau du croisement entre les rues de la Chapelle et des Pléiades et du Boulevards des Astronautes.

L'ouvrage est implanté place des Yvris, dans un quartier résidentiel. Les travaux de réalisation de l'ouvrage n'impactent pas les voiries avoisinantes. Les arbres et arbustes impactés par le chantier, seront définis comme supprimés définitivement ou à replanter en phase ultérieure.



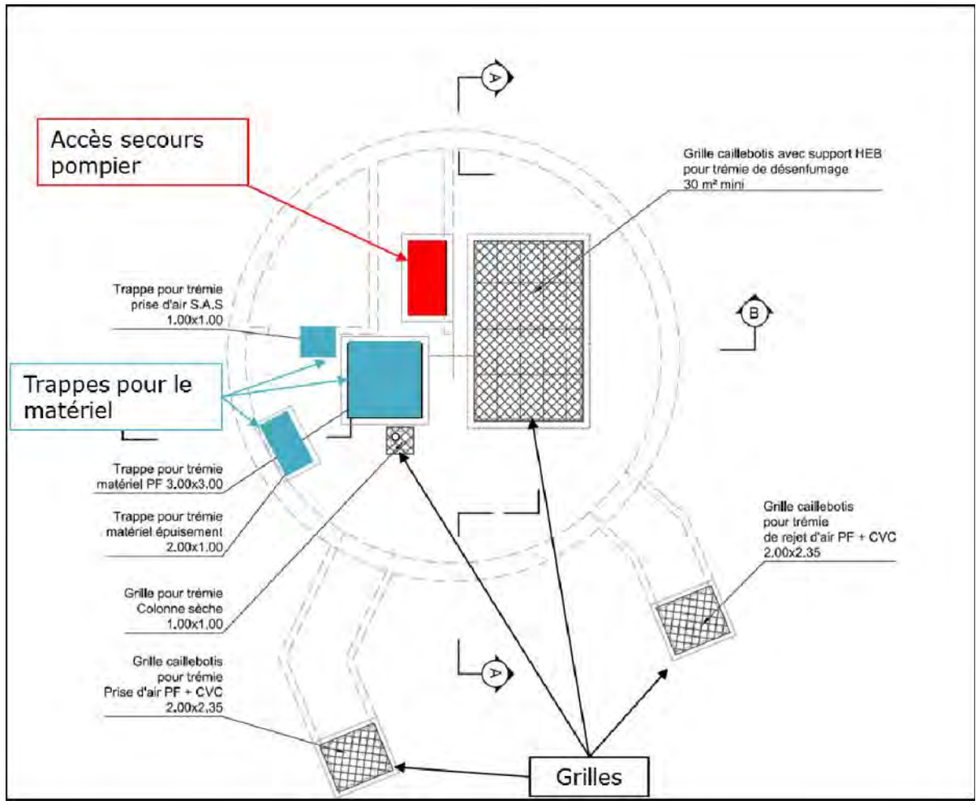
Insertion de l'OA place des Yvris dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.36.2 Caractéristiques de l'OA place des Yvris

L'ouvrage est de type A circulaire, de profondeur 28m, et est utilisé comme puits de ventilation / désenfumage / décompression et accès secours. Il est réalisé sur 5 niveaux comprenant également une chambre d'eau.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Divers trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Divers grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA place des Yvris (Source : Société du Grand Paris)

3.3.36.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur le seul site d'implantation de l'OA avec une zone d'emprise temporaire.

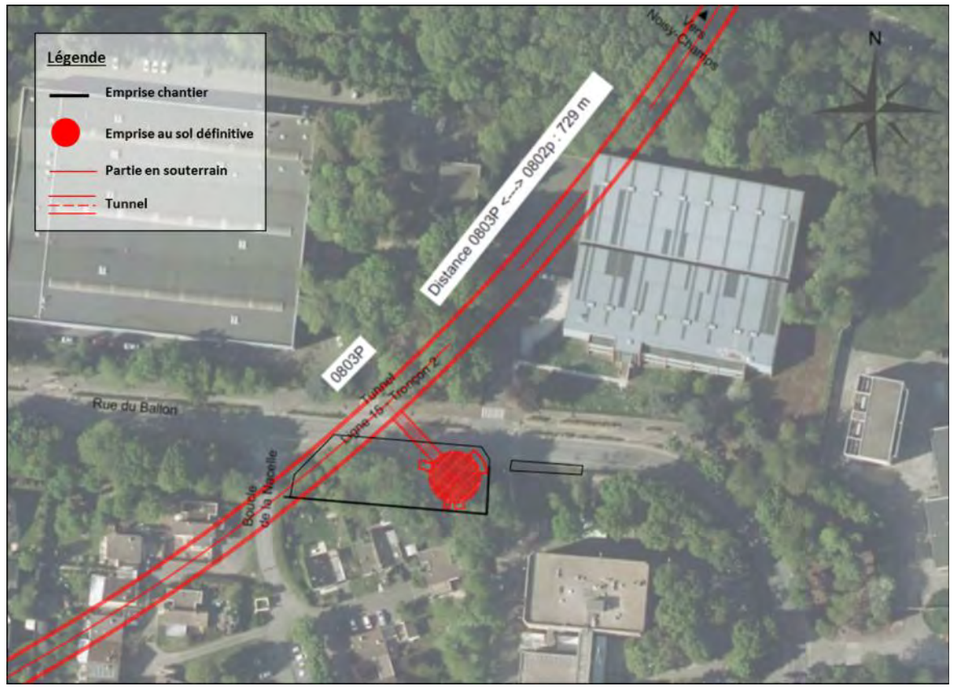
L'ouvrage annexe place des Yvris suit le processus de construction d'un OA circulaire de type A.

3.3.37 OA rue du Ballon / Puits 0803P

3.3.37.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage est situé dans la commune de Noisy–Le–Grand, au sud de la rue du Ballon et à l'est de la rue de la boucle de la Nacelle.

L'OA est situé rue du Ballon, dans un quartier mixte entre le résidentiel et des bâtiments industriels. La suppression des plusieurs arbres et arbustes sera nécessaire pour la construction.



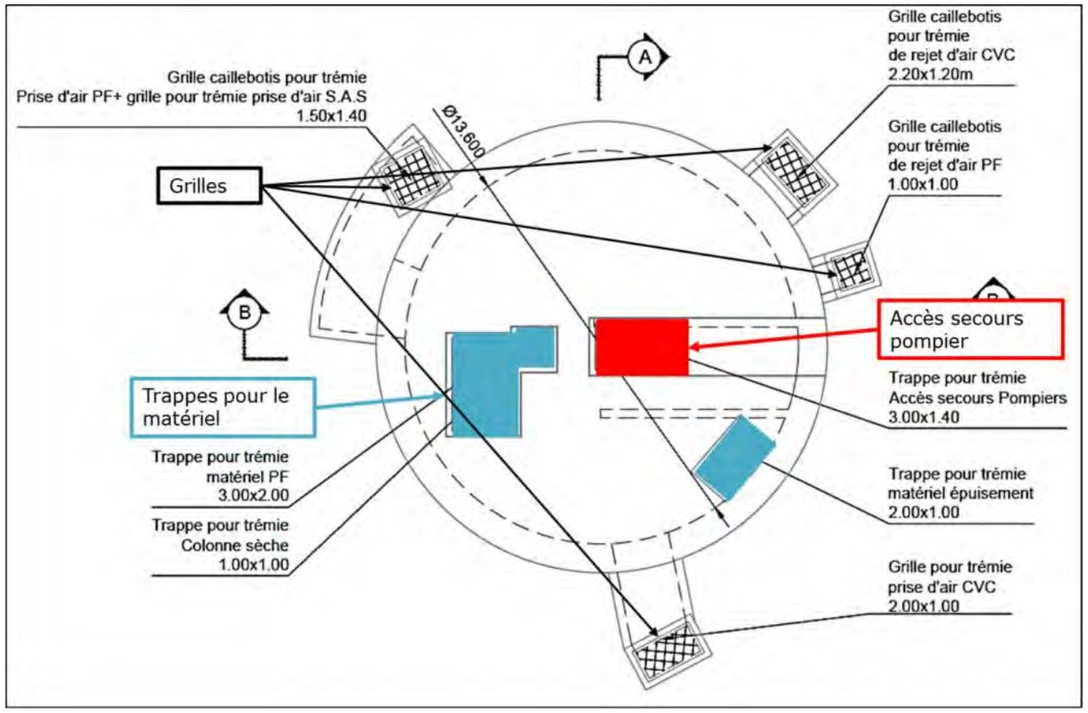
Insertion de l'OA rue du Ballon dans l'environnement (Source : Société du Grand Paris)

3.3.37.2 Caractéristiques de l'OA rue du Ballon

L'ouvrage est un puits circulaire de profondeur 24m (niveau supérieur du radier) jusqu'à la face supérieure du radier réalisé sur 5 niveaux. Il est utilisé comme accès de secours. Il s'agit donc d'un ouvrage de type accès de secours circulaire.

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Diverses trappes pour trémie matériel poste force, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Diverses grilles pour la prise et le rejet d'air.



Plan des émergences de l'OA rue du Ballon (Source : Société du Grand Paris)

3.3.37.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur deux emprises :

- Le site d'implantation de l'OA,
- Une zone à l'est le long de la chaussée.

L'ouvrage annexe rue du Ballon suit le processus de construction d'un OA d'accès de secours circulaire.

3.3.38 Avant gare de Noisy-Champs/ Puits 0802P

3.3.38.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage est situé en limite Est de la commune de Noisy–Le–Grand, au niveau de l'emplacement autrefois réservé pour la construction de l'A103. L'OA est situé au niveau du Parc de la Butte Verte. Une partie de ce parc est classé ZNIEFF de type 1.

L'OA se positionne parallèlement au boulevard du Ru de Nesle (côté Est), en bordure du pôle de recherche et d'activité de Noisy-Champs.



Insertion de l'OA d'avant gare de Noisy-Champs (Source : Société du Grand Paris)

3.3.38.2 Caractéristiques de l'OA Avant Gare

L'ouvrage d'avant-gare est positionné de manière à prendre en compte les contraintes suivantes :

- Ne pas impacter le boulevard du Ru de Nesles à l'ouest : une distance de 3.50 m a été considérée entre la paroi moulée et le boulevard pour permettre des circulations de chantier entre celle-ci et la limite de l'emprise chantier ;
- Prendre en compte des contraintes liées au projet urbain en optimisant l'impact sur les parcelles à bâtir du projet urbain situées à l'Est du boulevard urbain projeté ;

En outre, l'implantation en profil de l'avant-gare a été définie par les contraintes suivantes :

- Niveau du rail de la ligne 15 lié au passage sous le RER A ;
- Hauteur de charge suffisante pour permettre le départ du tunnelier de la ligne 15 au sud

L'ouvrage mesure 362m de long sur 12 à 25m de large et est réalisé en tranchée couverte. Il peut être divisé en deux parties :

- La zone Nord, de 292m de long, constituée :
  - o des voies sur 4 niveaux pour le terminus de la ligne 16 et le remisage associé,
  - o des voies ascenseurs (reliant avec une pente de 3% le niveau de la Ligne 16 à celui de la Ligne 15 Sud),
  - o des voies principales de la Ligne 15 Sud,
  - o de deux niveaux de parking,
  - o d'une dalle permettant d'intégrer les locaux techniques.
- L'ouvrage d'introduction du tunnelier (partie Sud).

  Cet ouvrage est de forme rectangulaire et de dimensions intérieures 67x16.8m. L'ouvrage constitue, en phase provisoire, le puits d'introduction du tunnelier de la Ligne 15 Sud en direction de Bry-Villiers-Champigny. En phase définitive, l'ouvrage sur 2 niveaux intègre les voies principales de la Ligne 15 Sud passant à travers l'ouvrage et au-dessus des voies, les locaux techniques constituant l'ouvrage annexe 0802P (ventilation de la Ligne 15 Sud, celle de la ligne 16, la décompression de la ligne 16 ainsi qu'un accès pompiers).

3.3.38.3 Processus de construction

Le chantier s'organise sur les deux emprises qui correspondent aux deux parties décrites ci-dessus. L'OA est réalisé en parois moulées et tranchée couverte.

3.3.39 Arrière gare de Noisy-Champs/ Puits 0801P

3.3.39.1 Localisation et contexte urbain

L'ouvrage est situé en limite Ouest de la commune de Champs-sur-Marne, au niveau de l'emplacement autrefois réservé pour la construction de l'A103. L'OA est situé sur une friche boisée.

L'OA se positionne parallèlement au boulevard de Champy Nesles (côté Est), en bordure du pôle de recherche et d'activité de Noisy-Champs. L'extrémité Nord de l'OA est positionné en proximité de la parcelle « Elephant Bleu » (station service et station de lavage).



Insertion de l'OA d'arrière gare de Noisy-Champs (Source : Société du Grand Paris)

3.3.39.2 Caractéristiques de l'OA Avant Gare

L'implantation en plan de l'OA d'arrière-gare a été définie par les contraintes suivantes :

- Ne pas impacter les le boulevard du Ru de Nesles à l'ouest ;
- Prendre en compte des contraintes liées au projet urbain en optimisant l'impact sur les parcelles à bâtir du projet urbain situées à l'est du boulevard urbain projeté ;
- Limiter l'impact sur la parcelle "Eléphant bleu" au Nord ;

L'implantation en profil de l'arrière-gare a été définie par les contraintes suivantes :

- Niveau du rail de la ligne 15 lié au passage sous le RER A
- Hauteur de charge suffisante pour permettre le départ du tunnelier de la ligne 16,
- Recharge de 1.50 m minimum sur la dalle de couverture de la ligne 15

L'ouvrage mesure 508m de long et est réalisé en tranchée couverte. Il peut être divisé en trois parties :

- L'ouvrage de désaxement (partie sud), sur trois niveaux, de 146m de long et de largeur variable de 22 à 44.4. Il permet à la ligne 16 de se désaxer de la tranchée couverte dédiée à la Ligne 15 Sud. Le niveau le plus bas est situé 21.8m en dessous du TN.
- La tranchée couverte (partie centrale), qui s'étend sur 355m sur un seul niveau de 18.20m de large avec une pente de 2.6% ;
- L'ouvrage annexe 0801P (partie Nord) de 54.5m de long sur 28.5m de large. Il intègre la ventilation de la Ligne 15 Sud ainsi qu'un accès pompiers et une fosse d'épuisement.

3.3.39.3 Processus de construction

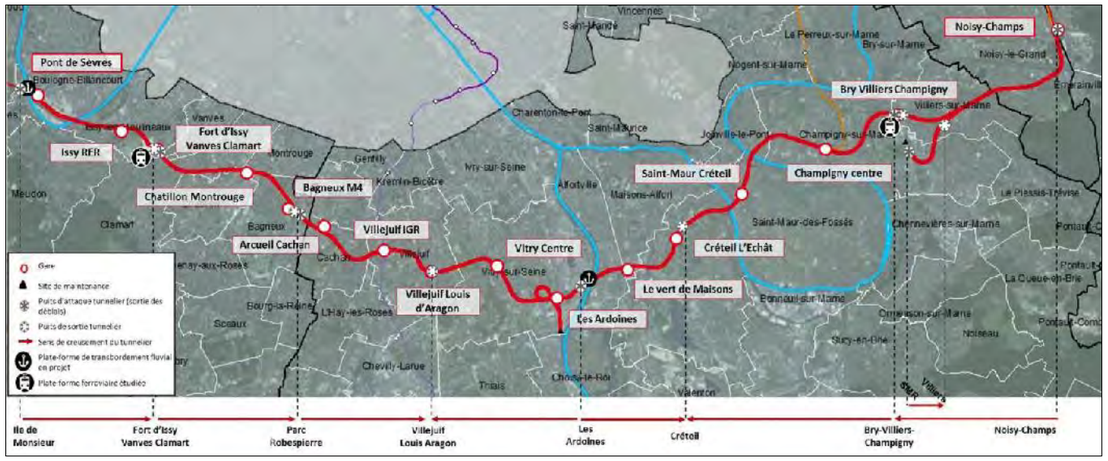
Le chantier s'organise sur les trois emprises qui correspondent aux trois parties décrites ci-dessus. L'OA est réalisé en parois moulées et tranchée couverte.

3.4 Présentation des plates-formes fluviales et ferroviaires

Il s'agit d'ouvrages temporaires, en fonctionnement uniquement pendant la phase de construction du tunnel et des ouvrages. Ces installations permettent l'évacuation des déblais liés aux phases de creusement et dans certains cas l'apport de matériaux de construction, par des modes de transport alternatifs à la route. Cette stratégie permet d'éviter la circulation de nombreux camions (se reporter à la gestion des terres dans la pièce B.3 de l'étude d'impact).

Ces ouvrages sont intégrés à des gares ou à des ouvrages annexes. Le lecteur est invité également à se référer à la description détaillée de l'ouvrage concerné dans les rubriques ci-dessus (3.1 et 3.2 du présent document).

Pour rappel, extrait du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) de la Ligne 15 Sud élaboré dans le cadre du dossier de demande de DUP en 2013 :



Le contexte de la Ligne 15 Sud permet l'implantation de :

- 3 plates-formes fluviales :
  - Ile de Monsieur,
  - Pont de Sèvres,
  - Friche Arrighi ;
- 2 plates-formes ferroviaires :
  - Fort d'Issy Vanves Clamart,
  - Embranchement ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny.

3.4.1 Plate-forme fluviale sur l'Ile de Monsieur

L'implantation d'un puits de départ de tunnelier au niveau de l'Ile de Monsieur offre un accès direct à la Seine. Ce principe permet ainsi l'aménagement d'une plate-forme fluviale pour l'évacuation des déblais par barges, et ainsi limiter le recours aux camions, sources potentielles de plus de nuisances.

Cette approche nécessite le déplacement de bateaux logements et le réaménagement de manière temporaire de la berge, pour accueillir les matériaux en attente de chargement, des engins de chargement, un puits pour récupérer les déblais liés au creusement produit de l'autre côté de la ligne du Tramway T2.

Le déplacement des bateaux logements nécessite une autorisation spéciale de Voies Navigables de France (VNF). qui détermine les nouveaux emplacements des bateaux déplacés et l'enesemble des conditions de de déplacement. Cette procédure est en cours auprès de VNF. Les prescriptions particulières émises par d'autres acteurs quant aux modalités de ce déplacement sont intégrées par VNF, en particulier celle du Conseil départemental des Hauts de Seine relative à la non disponibilité d'emplacements temporaires à l'Ile-Saint-Germain.

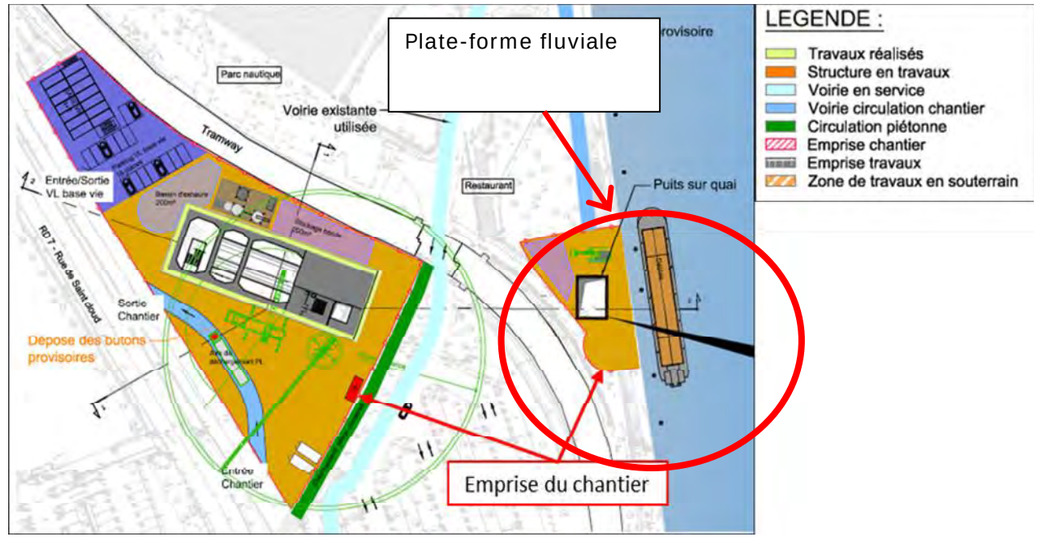
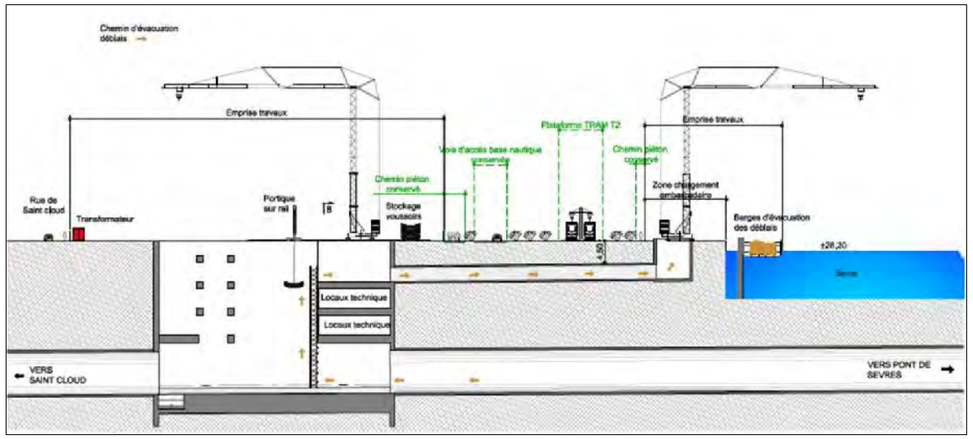
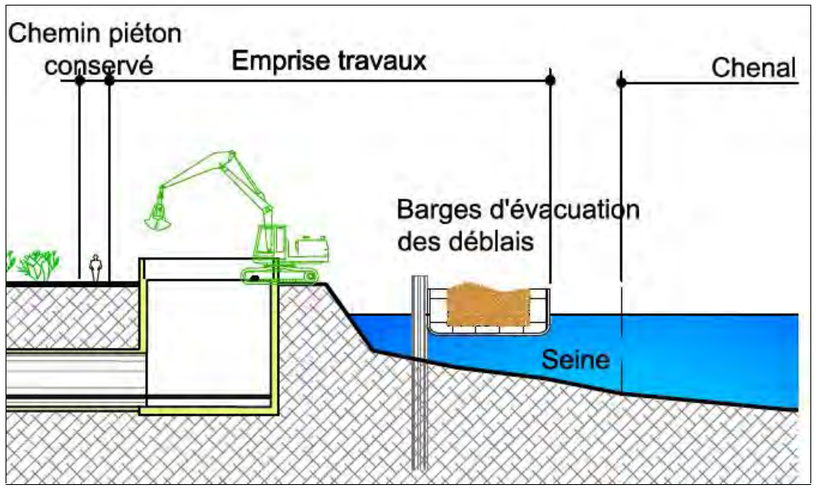


Schéma de la zone de chantier de l'Ile de Monsieur



Coupe de principe de l'emprise chantier de l'Ile de Monsieur avec passage de déblais sous le Tramway T2



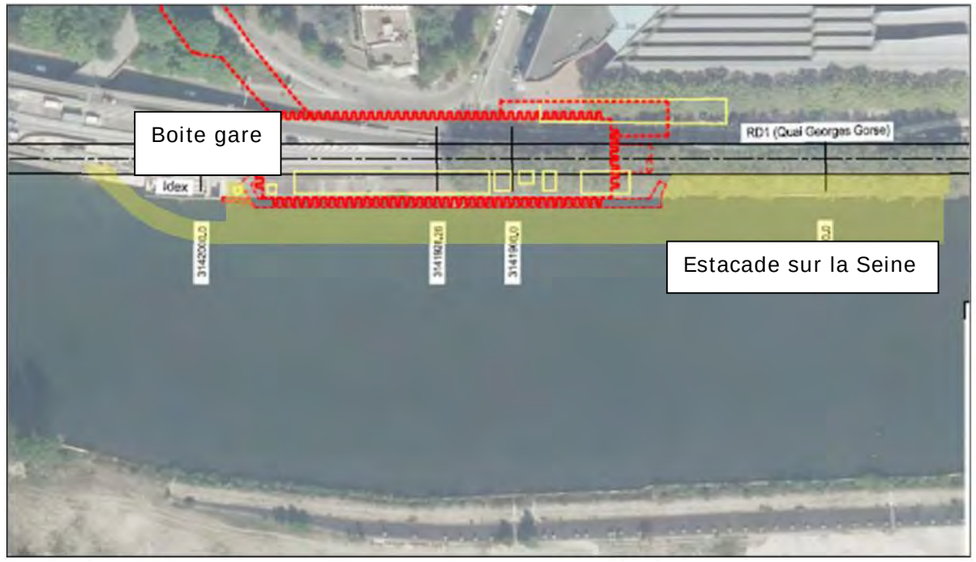
Coupe de principe de la zone de chargement des barges fluviales

Les Ducs d'Albe feront l'objet d'un diagnostic pour s'assurer de leur bon état, et de leur résistance pour assurer la bonne rotation des barges fluviales.

A terme, les installations seront démontées, et un projet de réaménagement naturel et paysager sera mis en place.

3.4.2 Plate-forme fluviale à Pont de Sèvres

L'emprise chantier pour la construction de la gare de Pont de Sèvres est particulièrement contrainte, du fait de la présence d'axes routiers structurants, et de réseaux de canalisations sensibles. Pour disposer de surfaces pour placer les engins de chantier, stocker temporairement les déblais liés au creusement de la boite souterraine de la gare, et stocker les matériaux de construction, le projet prévoit la mise en place d'une estacade chantier dans la Seine.



Emprise de la boite souterraine (en rouge) et création d'une estacade travaux (en jaune)

De ce fait, l'évacuation des déblais et l'apport des matériaux par barges fluviales sont facilités. Les barges peuvent accoster directement au niveau de l'estacade.

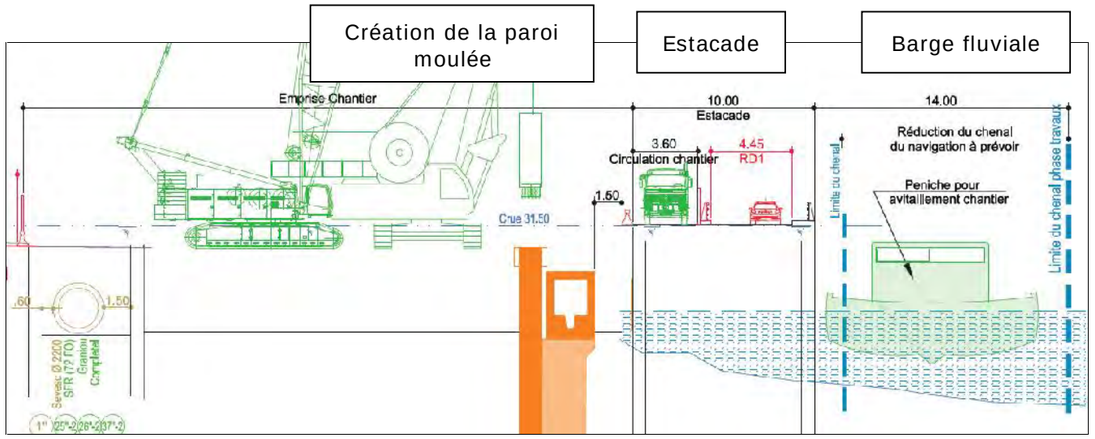


Schéma de principe de la zone de travaux au niveau de Pont de Sèvres avant restitution de la voirie de la RD1

La mise en place de cette estacade va nécessiter le rétrécissement du chenal de navigation de la Seine. Une procédure spécifique est mise en œuvre en 2015. La circulation des bateaux sur la Seine sera maintenue.

A la fin de la phase chantier, l'estacade est démontée. Les effets de l'implantation temporaire de cette estacade sont étudiés dans le cadre de la présente étude d'impact, le lecteur est invité à prendre connaissance de la pièce B.3, à la rubrique portant sur les effets du projet sur les eaux superficielles.

3.4.3 Plate-forme fluviale sur la friche Arrighi

L'implantation d'un puits de tunnelier sur la friche Arrighi offre un accès facilité à la Seine. Le recours à l'évacuation des déblais liés au creusement du tunnel par la voie fluviale permettra de limiter de manière très importante le recours à la circulation de camions.

Les installations existantes comportent déjà un quai en bord de fleure, et des Ducs d'Albe. Un diagnostic sera réalisé pour s'assurer de leur bon état, et leur résistance à la rotation des barges fluviales pour les travaux.

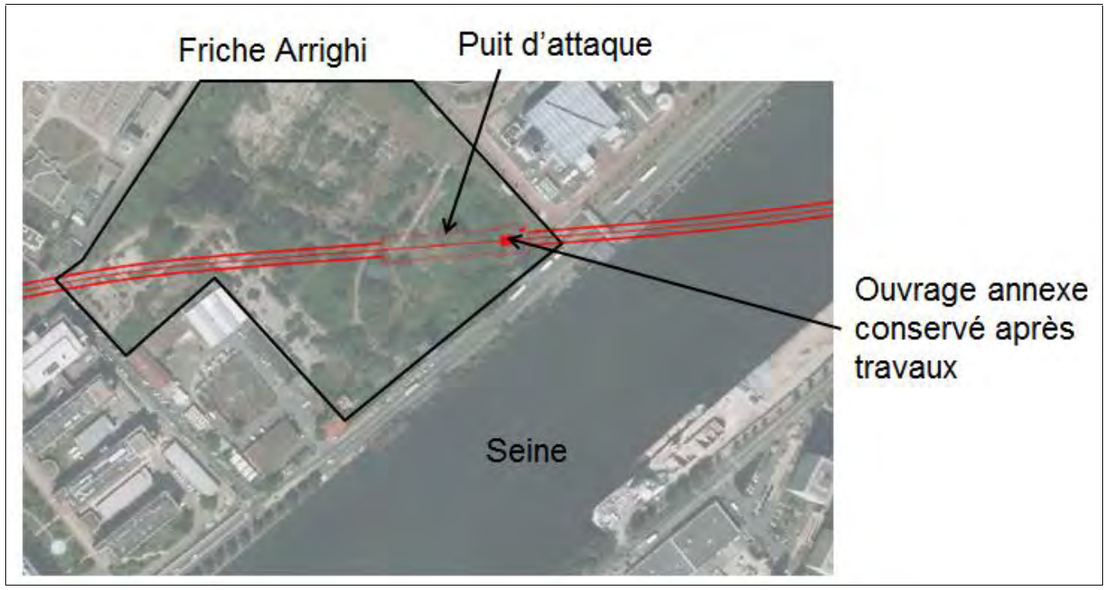


Schéma de la zone de chantier de la Friche Arrighi (Source : Société du Grand Paris)

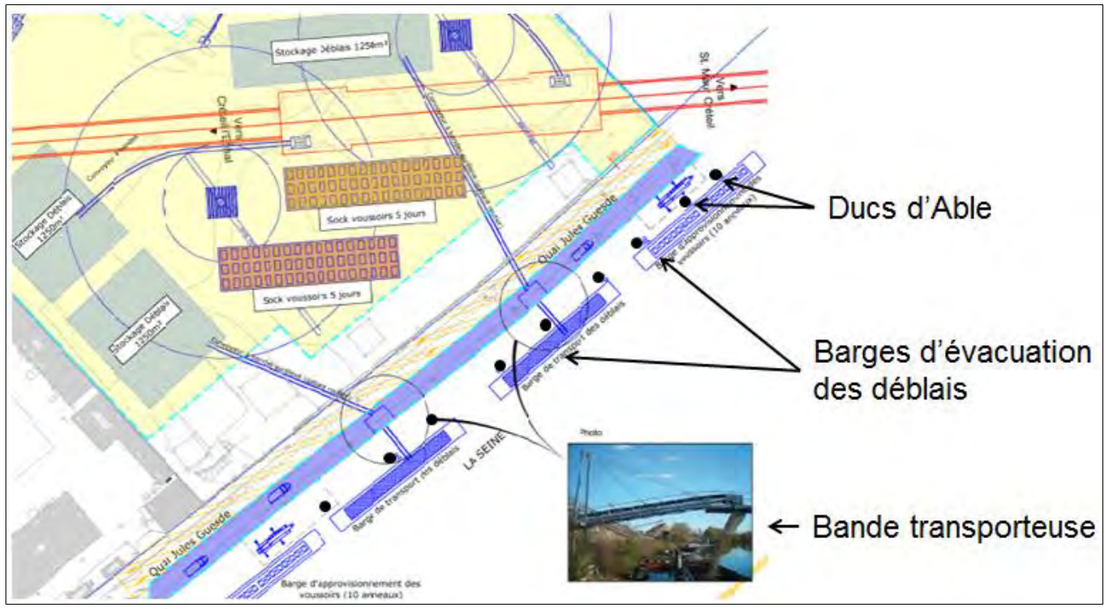
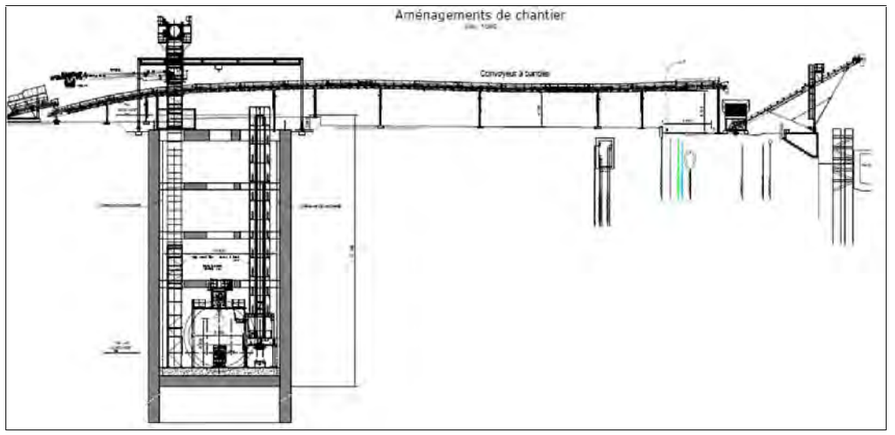


Schéma de fonctionnement de la plate-forme fluviale de la friche Arrighi



Coupe de l'évacuation des déblais liés au creusement du tunnel

Les stockages tampon des déblais excavés et des matériaux de construction sont prévus au niveau de la friche Arrighi à proximité immédiate du puits de départ de tunnelier.

Des dispositifs spécifiques permettront le franchissement de la voie routière existante, et permettront le maintien de la circulation sur les berges.

A la fin de travaux, les installations de la plate-forme fluviale seront démontées.

3.4.4 Base ferroviaire à Fort d'Issy-Vanves-Clamart

La gare FVC a la particularité de servir de puits d'arrivée du « tunnelier ouest » en provenance de l'Ile Monsieur et de puits d'attaque du « tunnelier centre » qui part en direction du puits du Parc Robespierre. Cette interface est une interface forte en termes de planning, phasage de construction de la gare et installations de chantier.

La situation du chantier dans l'emprise de la gare de fret de Clamart (sans activité actuellement) permet d'envisager une logistique par le rail. Il est ainsi prévu la création d'une installation ferroviaire de type ITE (Installation Terminale Embranchée) pour l'évacuation d'une partie des déblais du tunnel centre.

La longueur des voies disponibles permet le chargement d'un train de 400 m permettant d'évacuer jusqu'à 1 400 T environ de terres. Cet état permet d'évacuer par voie ferrée environ 50% des déblais liés au creusement du tunnel avec en complémenent la route. Du fait du planning de travaux, les déblais liés au creusement de la gare seront évacués par la route. Ils représentent néanmoins une part plus faible que ceux liés au tunnel.

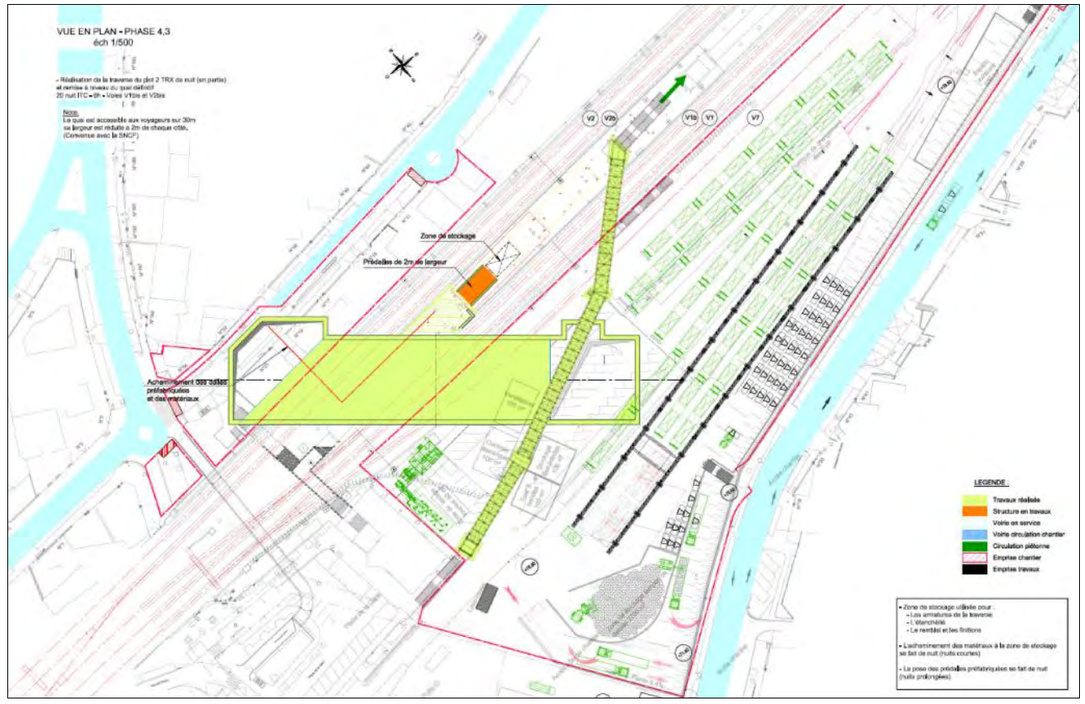


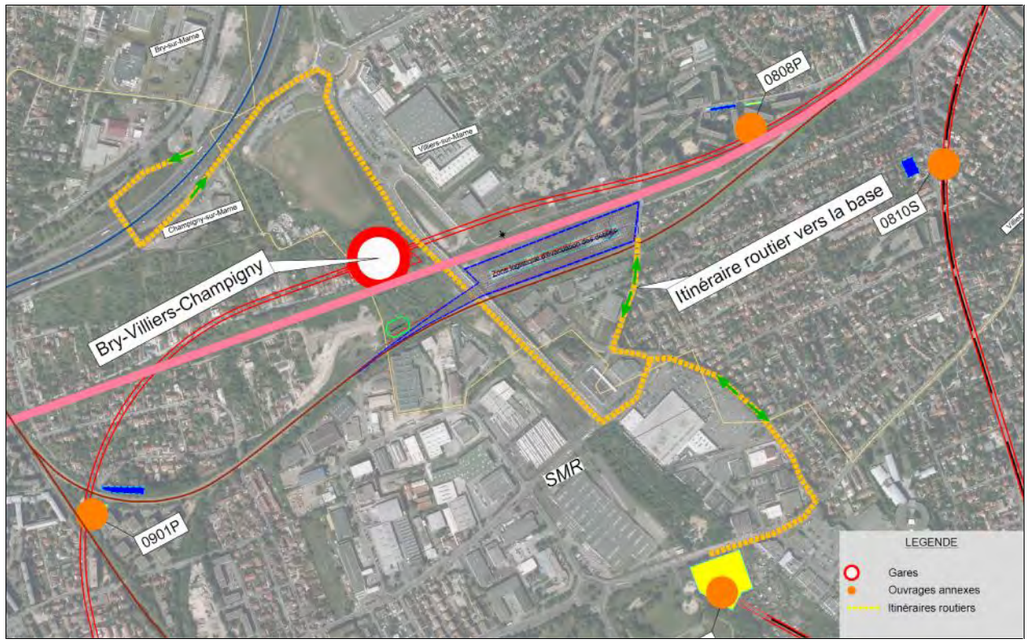
Schéma de principe de la base chantier de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart

3.4.5 Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny

La base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny a pour fonction l'évacuation des déblais sur la période allant de mi-2016 à mi-2019, en alternative au mode routier dans le but d'éviter la saturation du secteur.

La base ferroviaire est implantée dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny, secteur qui offre des dispositions ferroviaires particulièrement favorables de par sa mitoyenneté directe au Sud avec l'infrastructure de Grande Ceinture, axe de fret ferroviaire majeur par lequel il est possible de rejoindre l'ensemble des lignes principales au réseau ferré national.

L'emprise mise à disposition est donc positionnée au droit de la future gare d'interconnexion Bry-Villiers-Champigny sur des terrains en friche enclavés entre les voies du réseau SNCF Francilien (lignes RER E et P) et celles de la ligne de Grande Ceinture.



Base ferroviaire (encadré bleu) (Source : Société du Grand Paris)

La base logistique ferroviaire est constituée d'un faisceau de voies (pour le stockage des rames et le chargement), d'une voie de desserte et de manoeuvre (liaison à la grande Ceinture) et d'une zone de stockage de déblais. Ces 2 dernières zones sont séparées par une aire de circulation des engins de chargement.

La zone de stockage des déblais à prévoir sur cette base devra permettre d'accueillir les besoins correspondants à 5 jours de production journalière.

Les déblais produits sur la zone de Bry Villiers pourront potentiellement provenir de 5 sources :

- la gare de Bry-Villiers-Champigny ;
- le tunnelier allant de Bry-Villiers-Champigny vers le puits de sortie en gare de Saint Maur Créteil ;
- le tunnelier partant du puits d'attaque au sud de l'ouvrage SMR 0813S jusqu'à l'ouvrage de débranchement SMR ;

- le puits de départ du tunnelier SMR ;
- le site du SMR.

Le faisceau accueillant des wagons en stationnement, les voies doivent être absolument positionnées à plat. Au regard de la topographie du site, cette contrainte implique des travaux de terrassements et de nivèlement.

Les voies ferrées ainsi que les appareils de voie seront en majeure partie posées ballastées.

Quelques bâtiments seront construits pour les besoins d'exploitation du site :

- Trois constructions modulaires pour le personnel (vestiaire, réfectoire, bureau et gardiennage) ;

- Un bâtiment industriel pour le garage et l'entretien des chargeuses.

A l'issue des travaux de percement du tunnel, la base n'a plus d'intérêt à être conservé, sauf à trouver une nouvelle fonction logistique au site.

Le démantèlement de la base se fera alors comme suit:

- Dépose des voies ferrées et appareils de voie ;

- Dépose de la couverture, démolition des parois des casiers ;

- Enlèvement des bâtiments et inactivation des réseaux correspondants.

Les éléments de structure des chaussées, des plates-formes ferroviaires, et les dalles béton peuvent être maintenues en place car elles contribuent à la viabilisation des terrains qui pourront faire l'objet éventuellement de projets d'urbanisation.

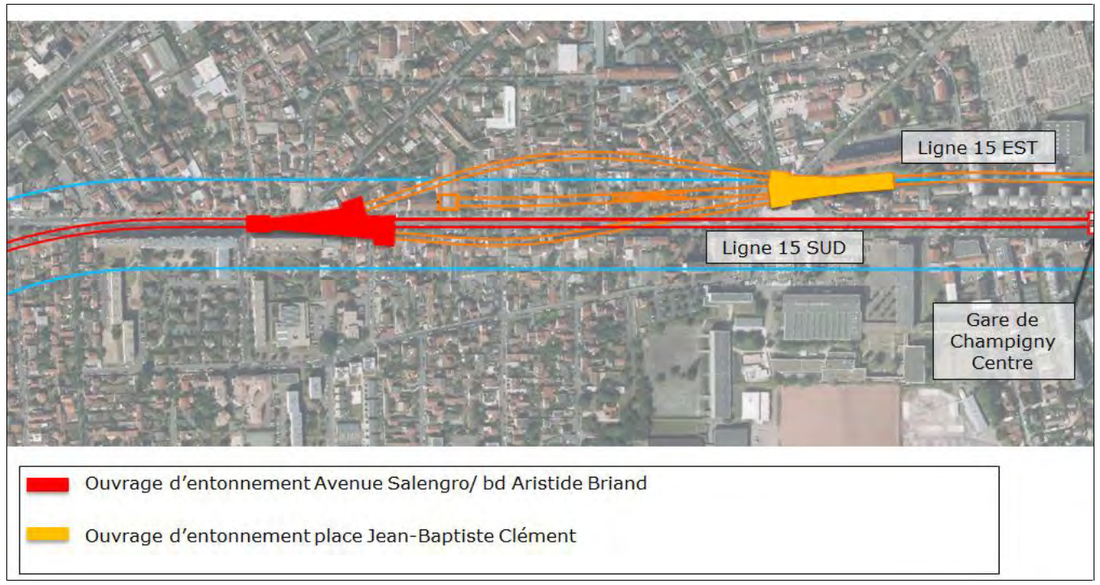
3.5 Présentation des ouvrages spéciaux

La Ligne 15 Sud nécessite quelques ouvrages spécifiques pour assurer son bon fonctionnement. Il s'agit notamment d'ouvrages de raccordement aux sites de maintenance, ou d'ouvrages permettant d'assurer la connexion avec la ligne 15 Est du Grand Paris Express. Ces ouvrages sont mutualisés avec des ouvrages annexes. Le lecteur est invité également à se référer à la description détaillée de l'ouvrage concerné dans la rubrique ci-dessus (3.2 du présent document).

3.5.1 L'ouvrage de liaison avec la Ligne 15 Est

L'ouvrage d'entonnement de Champigny est situé sur la commune de Champigny-sur-Marne sur l'Avenue Roger Salengro, au niveau de l'intersection avec le boulevard Aristide Briand. Cet ouvrage, réalisé en parois moulées et certaines parties en parois coulis dans des phases travaux, permet le raccordement entre les lignes rouge et orange. En phase travaux de la ligne orange il est utilisé comme puits de sortie de deux tunneliers. En phase d'exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours.

Cet ouvrage est mutualisé avec l'ouvrage annexe « Avenue Roger Salengro / OS 1001P ».

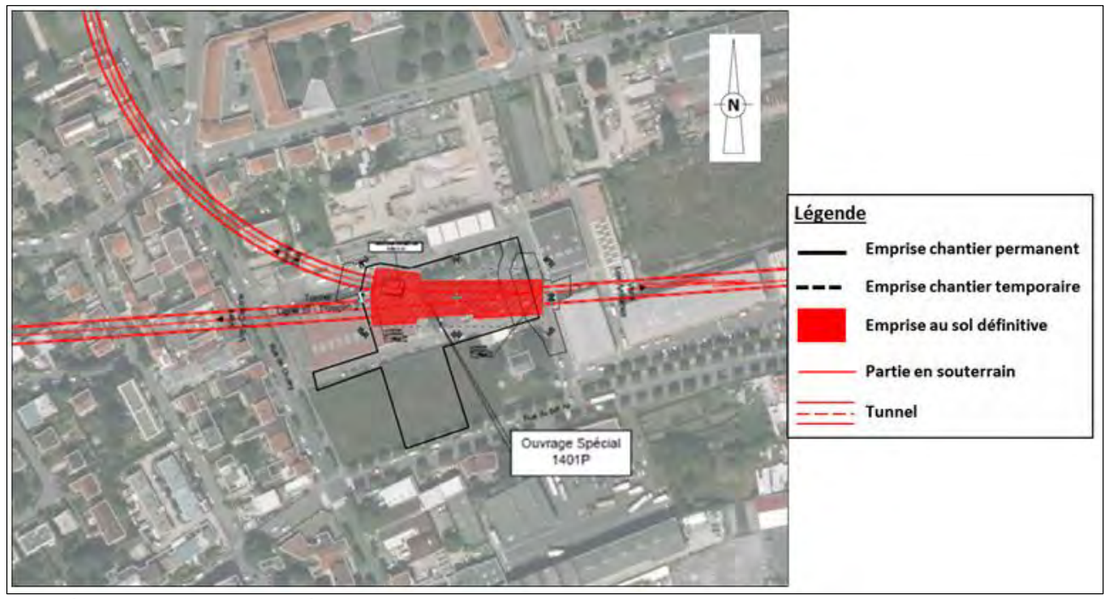


Présentation de l'ouvrage d'entonnement pour assurer la connexion entre la Ligne 15 Sud et la ligne 15 Est (OA Avenue Roger Salengro / OS 1001P)

3.5.2 Les ouvrages de débranchement vers les sites de maintenance

Les ouvrages de débranchement permettent d'assurer la liaison entre le tunnel de la ligne principale Ligne 15 Sud, et le tunnel desservant un site de maintenance. Pour cette ligne qui comporte deux sites de maintenances, le site de maintenance des infrastructures (SMI) à Vitry-sur-Seine et le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) à Champigny-sur-Marne, deux ouvrages d'entonnement sont nécessaires. Ils sont mutualisés à terme avec des ouvrages annexes pour limiter le nombre de travaux en surface.

Le débranchement vers le SMI est situé au niveau de l'OA Centre technique municipal / OS 1401P à Vitry-sur-Seine. Il sert en phase travaux comme puits de sortie du tunnelier du tunnel du SMI. En phase exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès de secours.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMI au niveau de l'ouvrage annexe OA Centre technique municipal / OS 1401P

Le débranchement vers le SMR est situé au niveau de l' OA Sentier des Marins - OS 0807P situé sur la commune de Villiers-sur-Marne. En phase travaux, il est utilisé comme puits de sortie du tunnelier provenant du SMR. L'ouvrage comporte une plateforme d'accès pour la réalisation d'une partie du tunnel par la méthode traditionnelle. En phase d'exploitation (opérationnelle) de la ligne, cet ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours, il est équipé d'un poste de redressement double implanté au niveau N-1.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMR au niveau de l'ouvrage annexe Sentier des Marins - OS 0807P

3.6 Présentation des sites de maintenance de la Ligne 15 Sud

3.6.1 Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry

3.6.1.1 Localisation et contexte urbain actuel

Un site de maintenance des infrastructures regroupe toutes les disciplines et métiers destinés à garantir la disponibilité et la sécurité des infrastructures, voie, énergie, contrôle-commande et signalisation, gros équipements.

Il s'agit d'une véritable base opérationnelle pour intervenir sur les domaines suivants:

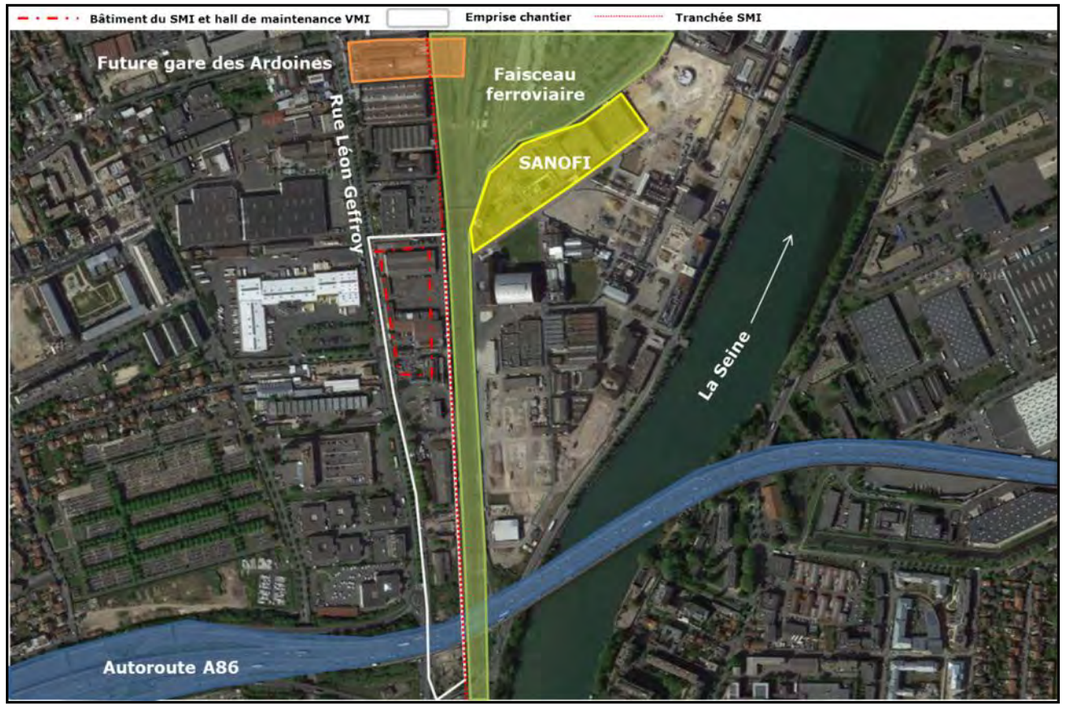
- Génie civil pour les ouvrages d'art, tunnel, viaduc ;
- Voie pour l'entretien des supports de rails, traverses, remplacement de rails, ballast ;
- Energie pour l'entretien des dispositifs d'alimentation électrique ;
- Automatisme et signalisation ferroviaire pour l'entretien de la signalisation et des systèmes de contrôles-commandes ferroviaires et les façades de quais;
- Aménagements et équipements des gares ;
- Equipements de sécurité du tunnel ;
- Maintenance propre des véhicules d'intervention (véhicules de maintenance industrielle).

Le site retenu pour l'implantation du futur Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) se situe sur la commune de Vitry-sur-Seine dans la partie Sud jouxtant Choisy-le-Roi, en bordure Ouest des voies du Réseau Ferré National (RFN) et à 150 mètres environ de la Seine. Dans sa pointe Sud, le site est traversé, en surplomb, par l'A86 reliant Créteil à Versailles.

La construction d'un site de Maintenance des Infrastructures (SMI) sur la commune de Vitry-sur-Seine fait directement écho à l'histoire industrielle du site des Ardoines. Dans le cadre du renouvellement urbain du quartier, qui accueillera pour partie des activités tertiaires ainsi que des opérations de logements, la venue d'un marqueur contemporain de l'activité industrielle renforce la qualité du parti-pris mis en œuvre au sein de la ZAC.

Dans le même temps, avec l'arrivée du Réseau de Transport du Grand Paris, le quartier des Ardoines sera revitalisé à double titre : d'une part, par la création d'une gare Grand Paris Express et d'autre part par l'implantation du site de maintenance à l'entrée sud de la ZAC.

La ZAC « Gare Ardoines » portée par l'Etablissement public d'aménagement Orly-Rungis Seine Amont (EPAORSA) s'étale sur 49 hectares et offrira 670 000 m² d'activités et 4 200 logements dont 40 % de logements sociaux, la création d'une nouvelle centralité autour du pôle gare des Ardoines et proche du fleuve. Dans ce cadre, la gare des Ardoines de la Ligne 15 Sud, située au Nord du site, pôle d'interconnexion des Ligne 15 Sud et du RER C, joue un rôle moteur. De même, l'arrivée du TZEN 5 et les franchissements des voies ferrées et de la Seine participent du réaménagement des espaces.



Insertion du SMI de Vitry (Source : Société du Grand Paris)

3.6.1.2 Le projet du site de maintenance

Les aménagements prévus à ce stade des études techniques sont :

- Une plate-forme de circulation ferroviaire et routière et de stockage, occupée seulement par quelques locaux en dur,
- Le bâtiment du SMI,
- Le hall de maintenance des VMIs (Véhicules de maintenance des infrastructures, trains de travaux),
- Le quai de chargement.

L'atelier de maintenance des VMIs est implanté le long de la voie Léon Geffroy. Cette disposition permet, d'un point de vue fonctionnel, de regrouper l'ensemble des magasins de stockage le long des voies ferrées. Dès lors, côté rue, le volume dédié à la maintenance des trains émerge, singulier et identifiable sous la forme d'une halle. Sa volumétrie confère au bâtiment l'image d'une « usine expressive ».

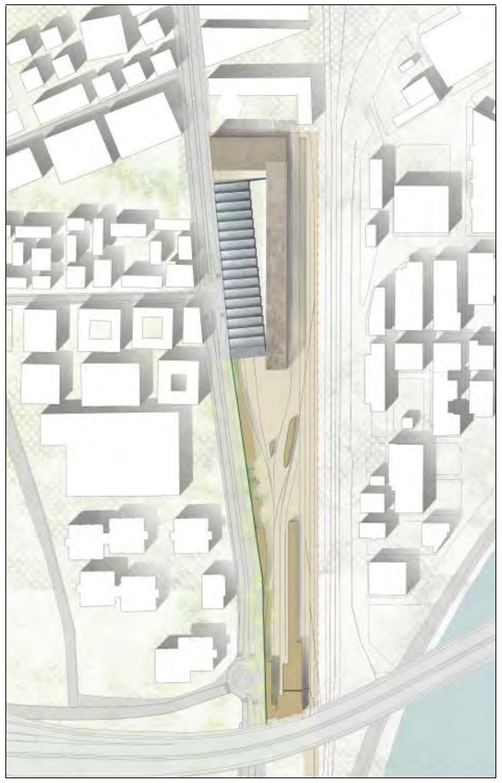
L'orientation Nord de la principale ouverture permet de limiter les rayonnements directs du soleil sur l'atelier et donc de proposer un confort visuel et thermique pour les travailleurs.

Le bâtiment d'accueil au Nord, séparé par une rue intérieure, est implanté en retrait par rapport à la rue Léon Geffroy, dégageant ainsi un véritable parvis. Ce bâtiment abrite l'accueil des travailleurs

et des visiteurs, le poste de gardiennage opérationnel 24h sur 24 ainsi que la rampe d'accès au parking aérien.

La partie sud de la parcelle est dédiée aux voies et aux stockages couverts extérieurs. Cette zone est délimitée par une clôture en brique le long de la voir Léon Geffroy, végétalisée par des plantes grimpantes.

Enfin, les magasins et stockages du bâtiment SMI sont disposés coté voies ferrées, ce qui permet de répondre de manière optimale aux contraintes de manutention et de fonctionnement de ces locaux via une desserte possible par les voies. En outre, ce bâtiment de 10m de hauteur, massif et opaque, constitue un masque des nuisances des voies ferrées sur les 160m qu'il occupe, préservant ainsi la rue Léon Geffroy.



Plan de principe du SMI de Vitry-sur-Seine (Source : Société du Grand Paris)



Vue à titre indicatif de la façade Ouest sur la rue Léon Geffroy et ouverture Nord
(Source : Société du Grand Paris)

3.6.1.3 Processus de construction

Dévoiements des réseaux

Avant les travaux de démolition ou de terrassements, les réseaux qui ne seront plus utilisés devront impérativement être désactivés et déposés. Cela concerne, en particulier, tous les branchements et raccordements aux réseaux secs et humides des locaux voués à la démolition. Les réseaux conservés devront, le cas échéant, être déviés sur des tracés et à des profondeurs compatibles avec les structures du projet.

Démolition des bâtiments

Tous les bâtiments et équipements présents dans l'emprise du futur SMI seront démolis et évacués avant le démarrage des travaux. Cela concerne :

- Les bâtiments, hangars, et autres édifices,
- Les constructions diverses, panneaux publicitaires, murettes, éclairages extérieurs, …
- Les équipements industriels,
- Les chaussées,
- Les voies ferrées et les installations ferroviaires.

Dépollution

Les études historiques sur la pollution du site confirment la présomption de présence de polluants dans les sols. Les investigations sur site sont en cours de réalisation.

A ce stade, et bien qu'il existe une forte présomption de présence de sols pollués, les données disponibles ne permettent pas de définir les mesures à prendre avant la réalisation des terrassements généraux.

Les ouvrages de génie civil nécessaires à la réalisation du SMI comprennent :

- Un quai de chargement / déchargement situé au Nord-Est de la parcelle, le long du bâtiment du SMI, avec retour sur l'avancée de la façade Sud,
- Un mur de soutènement entre la plateforme et la rue Léon Geffroy à l'Ouest du site,
- Des dalles de stockage,
- Le bassin de rétention,
- Les fondations des portiques extérieurs, des supports PAC (caténaire rigide) et des mâts d'éclairage.

La conception des bâtiments du SMI intègre les composantes suivantes :

- Fondations. Elles se matérialiseront par deux types de sous-œuvre :
    - Un système de longrines qui sera disposé à la base de la périphérie des bâtiments, ainsi qu'entre les massifs ; celui-ci aura pour but de reprendre la structure extérieure, les façades des diverses entités, ainsi que de renforcer et de solidariser l'assise des éléments portés sur une ou plusieurs parties des édifices, qu'ils soient ponctuels ou filants,
    - Une trame de massifs sera placée au droit des éléments structurels ponctuels à l'intérieur des bâtiments, afin de reprendre les charges transmises par ces derniers.
- Superstructure. Elle sera assurée par un système de poteaux-poutres, en acier ou en béton qui privilégiera la flexibilité quant aux diverses fonctions que les bâtiments recevront. Ces superstructures se traduiront pour le hall VMI par une charpente métallique, tandis que le bâtiment du SMI comprenant la zone de stockage, les parkings et les bureaux et le réfectoire seront en béton armé. La structure du hall VMI quant à elle sera une charpente métallique composée de poteaux d'extrémité et d'une poutre treillis proposée de type Pratt permettant le franchissement de grande portée. A l'intervalle des poutres viendra s'ajouter une passerelle technique. Cet ensemble sera intégré à la disposition en sheds de la toiture et favorisera une transmission lumineuse optimale pour le hall.
- Enveloppe (façades, menuiseries extérieures, toitures),
- Aménagement intérieur,
- Lots techniques (Chauffage – Ventilation – Climatisation, Plomberie, Protection Incendie, Courants Forts, Courants Faibles, Appareils élévateurs),
- Equipements industriels.

3.6.2 Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny-sur-Marne

3.6.2.1 Localisation et contexte urbain actuel

Le site de maintenance de Champigny-sur-Marne est situé sur un site de près de huit hectares (500m de longueur et 200m de largeur en moyenne) présentant une topographie marquée par une déclivité prononcée Sud-Nord. Le terrain s'inscrit dans une zone industrielle.

Le site est délimité :

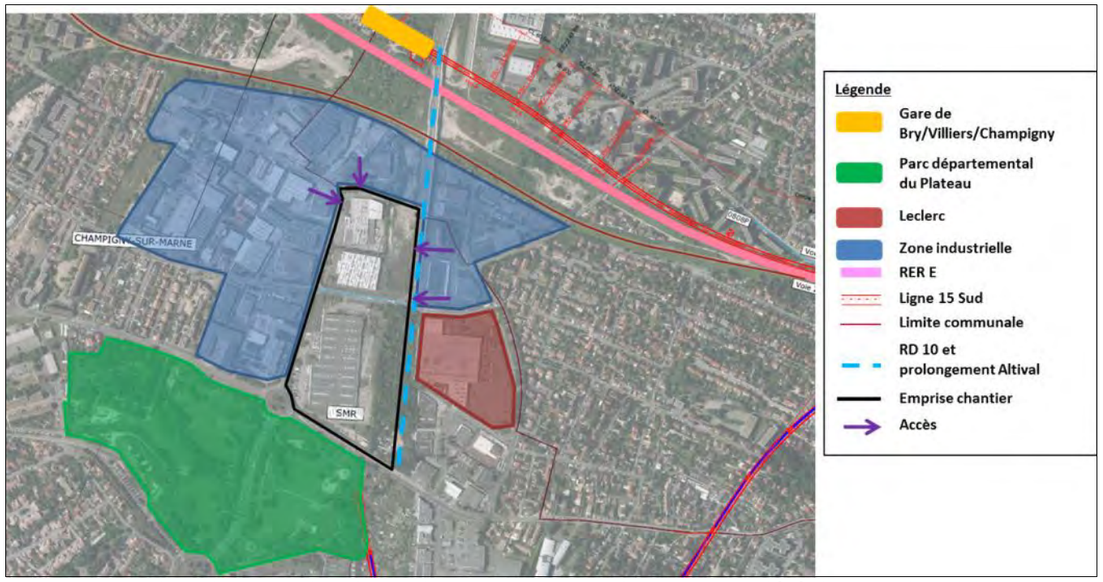
- Au Sud par la rue Bernaü et le Parc départemental du Plateau. Le Parc, d'une superficie de 18 hectares, offre de vastes esplanades propres aux activités festives, sportives et de détente.
- A l'Est par des parcelles en friches, sur lesquelles la RD10 sera doublée et prolongée dans le cadre du projet Altival,
- A l'Ouest par l'avenue Ambroise Croizat et des bâtiments industriels,
- Au Nord par le prolongement de la rue Benoit Frachon (venant en restitution de la coupure d'une partie de la rue Alexandre Fourny), les voies du RER E, et des parcelles en d'activités.

Le SMR a vocation à assurer toutes les operations de maintenance du niveau 1 au niveau 3 sera realise sur le site (au sens de la norme NF FD X 60-000)et de remisage du matériel roulant. Il accueille également la livraison des rames du futur métro. Le SMR comprend notamment les fonctionnalités suivantes :

- Atelier de maintenance,
- Zone de remisage,
- Zone de lavage,
- Locaux administratifs et sociaux,
- Stationnement et accès.

En plus de la maintenance du matériel roulant, le site de maintenance de Champigny accueille la fonction de PCC (Poste de commandement centralisé) de la ligne 15. Véritable centre névralgique de la ligne, le PCC est le lieu par lequel transitent toutes les informations relatives à l'exploitation.

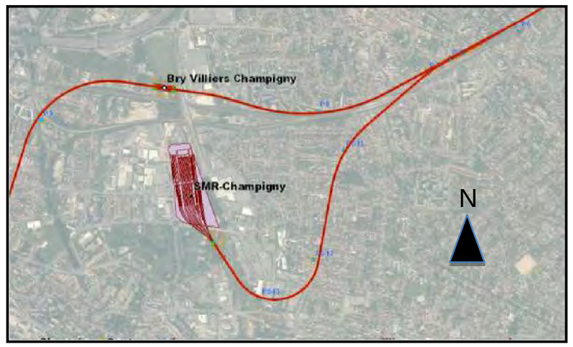
Le secteur d'implantation du site de maintenance de Champigny est marqué par une dynamique territoriale forte, notamment dans le cadre du Contrat de Développement Territorial (CDT) Boucles de la Marne. Le projet TCSP (Transport en Commun en Site Propre) Altival s'intègre dans ces projets et prolongera l'actuelle RD 10 sur les communes de Villiers-sur-Marne et Champigny-sur-Marne. Ce projet, visant la reconversion des emprises de l'ex-Voir de Desserte Orientale (VDO) longera la partie Est du SMR de Champigny.



Insertion du SMR de Champigny-sur-Marne (Source : Société du Grand Paris)

Le SMR s'inscrit plus globalement dans le tracé de la future ligne 15, par le biais d'un ouvrage en tunnel dit de débranchement.

Ce tunnel, assure la liaison entre le site depuis sa partie sud, jusqu'à la ligne 15 située plus au nord. Le raccordement se fait par le biais d'un ouvrage enterré nommé ouvrage d'entonnement.



3.6.2.2 Le projet du site de maintenance

Le projet est organisé en six grands secteurs, positionnés essentiellement sur le niveau rez de voie.

1. L'ensemble du vaste secteur des positions d'échange, position de passage et hall de remisage doit permettre les mouvements des trains en automatique depuis le SMR vers le réseau de la ligne 15 et réciproquement. Cet espace facilite les opérations de nettoyage quotidien des trains notamment dans le hall de remisage de 4 voies. Ce grand ensemble fonctionnel de 25 000 m² est essentiellement constitué de voies ferrées au sol, de poteaux de structures portant une couverture afin de rendre l'ensemble hors gel.
2. Les ateliers de maintenance comprenant trois halls de maintenance courante, un hall de maintenance renforcée et un hall de grand nettoyage, prennent place au Nord sur une surface de plus 18 000 m². Ils regroupent toutes les activités dédiées à la maintenance et à la propreté du matériel roulant. Ces grands ateliers seront éclairés naturellement avec des sheds orientés nord, avec un minimum de poteaux, permettant la libre circulation des chariots et piétons sous les passerelles.
3. Le socle de maintenance, lié directement aux ateliers de maintenance, est un socle de 57 m par 85 m et d'une hauteur libre de 4m. Il héberge l'ensemble des locaux nécessaires à la maintenance y compris les livraisons, les locaux logistiques et techniques et une partie du management opérationnel. Un patio au centre permet l'éclairage naturel des espaces et accueille un espace de détente. Ce socle est constitué en béton pour des raisons de maintenance et de pérennité, tout en assurant les exigences de sécurité incendie.
4. Placés au-dessus du socle de maintenance sont le bâtiment accueil, les bureaux opérationnels, les locaux d'accompagnement et les espaces du commandement en ligne. Accessible depuis le rez de parvis et le hall principal, ce complexe tertiaire profite de la lumière naturelle sur deux niveaux grâce à la continuité du patio central.
5. Les nombreux locaux techniques sont positionnés le long des murs de soutènement à l'Ouest et à l'Est du site, desservis par voirie afin de faciliter leur accessibilité et leur maintenance, ainsi qu'à l'intérieur même du bâtiment.
6. En ce qui concernent les espaces extérieurs, la déclivité du terrain oblige à un traitement fin du nivellement afin d'installer un raccordement adéquat entre le socle du projet et le dispositif viaire actuel. Le bâtiment du site de maintenance est caractérisé par un toit végétalisé qui présentera une liaison directe avec le sol.

Il n'y a pas à proprement dit de projet connexe. Cependant, dans une logique de valorisation immobilière, la construction de plusieurs bâtiments de logements est prévue sur les flancs en pleine terre Est et Ouest du Hall de passage des trains dans le SMR de Champigny.. Cette opération n'est pas portée par la Société du Grand Paris.



Perspective aérienne (Source : Société du Grand Paris)

3.6.2.3 Processus de construction

Travaux de terrassement

La topographie de la parcelle nécessite des travaux de terrassement. Les hauteurs de terre à terrasser peuvent aller jusqu'à 14 mètres dans la partie sud de la parcelle. Ces travaux nécessiteront la réalisation de murs de soutènement.

Dévoiements des réseaux

Avant les travaux de démolition ou de terrassements, les réseaux qui ne seront plus utilisés devront impérativement être désactivés et déposés. Cela concerne, en particulier, tous les branchements et raccordements aux réseaux secs et humides des locaux voués à la démolition. Les réseaux conservés devront, le cas échéant, être déviés sur des tracés et à des profondeurs compatibles avec les structures du projet.

Démolition des bâtiments

Tous les bâtiments et équipements présents dans l'emprise du futur SMR seront démolis et évacués avant le démarrage des travaux.

Pour les halls de maintenance

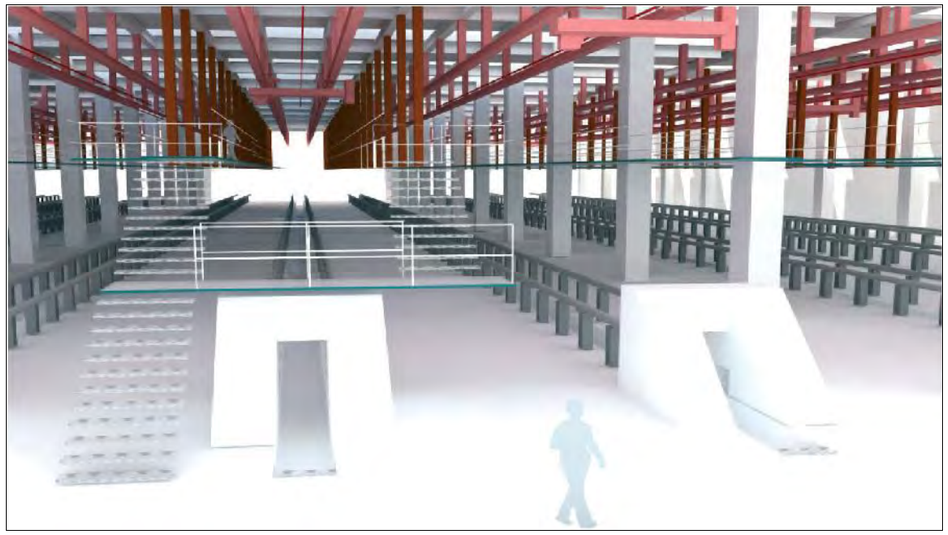
Situé au Nord de la parcelle où l'épaisseur de remblais est importante, le hall de maintenance sera fondé sur pieux d'environ 16m de long, ancrés dans le calcaire. Le plancher bas supportant de lourdes charges et présentant de nombreux décaissés et fosses sera réalisé en plancher béton armé porté par un réseau de longrines reliées aux pieux de fondation. Les têtes de pieux seront décaissées au droit des fosses.

La structure du bâtiment abritant le site de maintenance sera de type industriel à grandes portées et hauteurs. Les ateliers de maintenance courante se divisent en trois halls de 22,30m de large et de 150m de longueur. Les trames de porteurs seront placées entre les différents ateliers de maintenance afin d'éviter des poteaux intermédiaires entre les voies d'un même atelier. La portée des poutres est donc de 22,30m environ et va jusqu'à 29,00m au droit de l'atelier de maintenance renforcée.

Les halls de maintenance sont couverts par une toiture en bac acier qui comporte des sheds pour l'éclairage naturel. Les sheds seront disposés tous les 10 mètres. Le shed le plus au Sud est plus long que les autres. Tous les sheds présentent un porte-à-faux de 3 mètres à leurs extrémités.

Pour le Poste de Commande Centralisé et la partie tertiaire

Le système structurel envisagé pour ce bâtiment est le suivant : Le mur périphérique de soubassement du N00 sera réalisé par des murs porteurs en béton pré-coffrés isolés par l'extérieur. Ces murs seront réalisés en pré-mur pour gagner le temps d'exécution et aussi permettre une finition béton apparent côté extérieur. L'épaisseur du mur sera de 20cm pour la seule partie béton porteur. L'épaisseur totale du mur sera de 45cm, compris isolant et finition extérieure en béton.



Vues sur les ateliers (Source : Société du Grand Paris)

4. Esquisse des principales solutions examinées et raisons pour lesquelles le projet présenté a été retenu

4.1 Processus de choix du projet

Le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris a été approuvé par décret en Conseil d'Etat le 24 août 2011. Ce nouveau réseau de métro automatique a pour ambition de relier entre eux, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne, les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France. Le réseau complet totalise environ 200 km de tracé et compte soixante-douze gares. Il est composé du réseau de transport public du Grand Paris comprenant des liaisons en rocade parcourant les territoires de proche et moyenne couronnes (« ligne rouge » et « ligne verte ») complétées par une liaison radiale (« ligne bleue »), sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, et du réseau complémentaire structurant (« ligne orange »), sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF). Le réseau complet est désigné sous l'appellation de réseau Grand Paris Express.

Le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris est le document qui décrit les principales caractéristiques du projet. Il prend en compte les conclusions du débat public qui, au fil des 55 réunions organisées en Ile-de-France, a permis aux franciliens de s'exprimer sur le projet. Le schéma d'ensemble précise notamment :

- Le tracé des lignes et l'implantation des gares du futur métro automatique
- Les prévisions en matière de niveau de service, d'accessibilité, de mode d'exploitation de tracé et de position des gares
- Les possibilités de connexion au réseau ferroviaire à grande vitesse
- Les possibilités de connexion aux autres réseaux de transport public urbain en Ile-de-France
- L'offre de transport public complémentaire du nouveau réseau disponible à partir de ses gares.

La Ligne 15 Sud reliant les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs a fait l'objet en 2013-2014 d'une procédure administrative de demande de déclaration d'utilité publique (DUP). En application, des dispositions des articles R.11-3 du code de l'expropriation, et de l'article R.122-2 du code de l'environnement, ce dossier de DUP intégrait une étude d'impact comprenant une analyse de différentes variantes de tracé et de localisation d'ouvrages.

S'agissant des gares, le dossier présentait pour les gares différentes zones d'implantation des ouvrages. Des analyses multicritères ont permis de retenir les scénarios les plus pertinents. Suite à la déclaration d'utilité publique de la Ligne 15 Sud prise par décret en Conseil d'Etat le 24 décembre 2014, il n'est pas opportun de présenter à nouveau toutes ces premières variantes dans le cadre de cette étude d'impact. Un rappel est néanmoins présenté ci-après, avec l'exemple de la gare de Villejuif Louis Aragon.

Rappel de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud réalisée en 2013 (DUP) :

« Scénarios de localisation des gares Grand Paris

4.1 Quels critères d'analyse ?

Différents scénarios de localisation ont été étudiés pour chaque gare du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs du métro automatique du Grand Paris, de façon à valider le meilleur emplacement au regard de divers critères d'évaluation, et en concertation avec les acteurs locaux et le Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF).[…]



Présentation des variantes d'implantation de la gare de Villejuif Louis Aragon

Critère	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
1. Critères de fonctionnalités			
1.1 Tracé et exploitation du réseau			
1.2 Efficacité de la gare			
1.3 Connectivité de la gare			
1.4 Insertion urbaine (création de valeur)			
2. Critères techniques et environnementaux			
3. Critères de coûts			
4. Critères de délais			

Très favorable | Favorable | Défavorable | Très défavorable

Analyse multicritères des variantes d'implantation de la gare de Villejuif Louis Aragon

[…] Le scénario 1 est retenu. En effet, il est le seul à permettre une bonne correspondance avec la ligne 7 de métro et les modes de surface (bus, future ligne 7 du tramway). En outre, son implantation, proche du centre-ville, favorise l'accessibilité de la gare. Enfin, sa réalisation permet d'envisager le développement de projets de valorisation urbaine. »

Suite aux études préliminaires, bases de l'étude d'impact du dossier de DUP, l'étude d'impact du présent dossier s'appuie sur les études dites d'Avant-Projet. Les réflexions sur différentes variantes sont de fait plus limitées, il s'agit d'ajustements de la localisation de la boite, ou de légères évolutions des caractéristiques d'aménagement ou de structures des boites gares.

En application des dispositions de l'article R.122-2 du code de l'environnement, ces analyses de variantes sont présentées ci-dessous. En concertation avec les acteurs locaux et le Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF), ces analyses se sont appuyées notamment sur les critères suivants :

- Critères de fonctionnalité :
  - Tracé et exploitation du réseau
  - Efficacité de la gare
  - Connectivité de la gare
  - Insertion urbaine
- Critères techniques et environnementaux :
  - Respect des enjeux de préservation de la nature ou de la biodiversité,
  - Respect du paysage urbain,
  - Préservation des ressources en eau,
  - Risques technologiques,
  - Risques naturels (mouvements de terrain, inondations…),
  - Pollutions des sols.
  - Nécessité de modifier le plan de circulation automobile (avec gestion de phases provisoires
  - Toute autre contrainte technique de nature à complexifier la gestion du chantier et impacter les riverains et activités voisines.
- Coûts : Ce critère évalue la maîtrise des coûts sur l'infrastructure (c'est-à-dire la gare et le tracé entre la gare précédente et la gare suivante) par rapport au scénario le plus économique.
- Délais : Ce critère évalue la maîtrise des délais de réalisation - Tenue des délais par rapport aux contraintes techniques - Tenue des délais par rapport aux risques administratifs du projet.

4.2 Choix du tracé

Au cours de la phase d'avant projet, le tracé a évolué, certes de façon peu importante.

Les cartes ci-dessous montrent cette évolution de tracé entre la première version de l'avant projet et la version prise en compte pour l'analyse des impacts du projet.

Le tracé emprunté par le tunnel est confronté à de nombreux obstacles avec lesquels il doit composer, dans l'objectif de proposer une solution de tracé répondant aux objectifs généraux du projet, économique, compatible avec les délais impartis, respectueuse de l'environnement et faisable techniquement.

Ainsi, la définition du tracé retenu pour la réalisation de la Ligne 15 Sud résulte d'une recherche approfondie de compromis entre les principes de base de conception du tracé cités au paragraphe précédent et les contraintes suivantes :

- Les contraintes géologiques, hydrogéologiques et géotechniques : la nature du terrain, et plus précisément la qualité des sols traversés, sont étudiées avec soin. En particulier, les zones aquifères[5] sont localisées. Les zones d'anciennes carrières d'exploitation sont également repérées et autant que possible évitées.

- La topographie du terrain naturel.

- Les passages sous bâti : un approfondissement du tracé peut s'avérer nécessaire pour éviter les désordres que le bâti pourrait subir en cas de tassement important en surface ou d'incidents lors du creusement du tunnel. De plus, certains bâtiments sont construits sur fondations profondes que le tracé doit éviter.

- Les réseaux de transport existants (routier ou ferroviaire) et ouvrages d'art : ces obstacles peuvent nécessiter de détourner le tracé et/ou de l'approfondir.

Les réseaux d'assainissement existants : les principaux réseaux ayant un impact sur le tracé sont les gros collecteurs d'assainissement. En effet, ils sont gravitaires et peuvent donc difficilement être déviés. De plus, ils sont de taille importante en région parisienne (diamètre de plusieurs mètres) et profondément enterrés, en particulier le réseau interdépartemental géré par le SIAAP[6].

Les réflexions ont fait évoluer le tracé que sur des secteurs localisés :

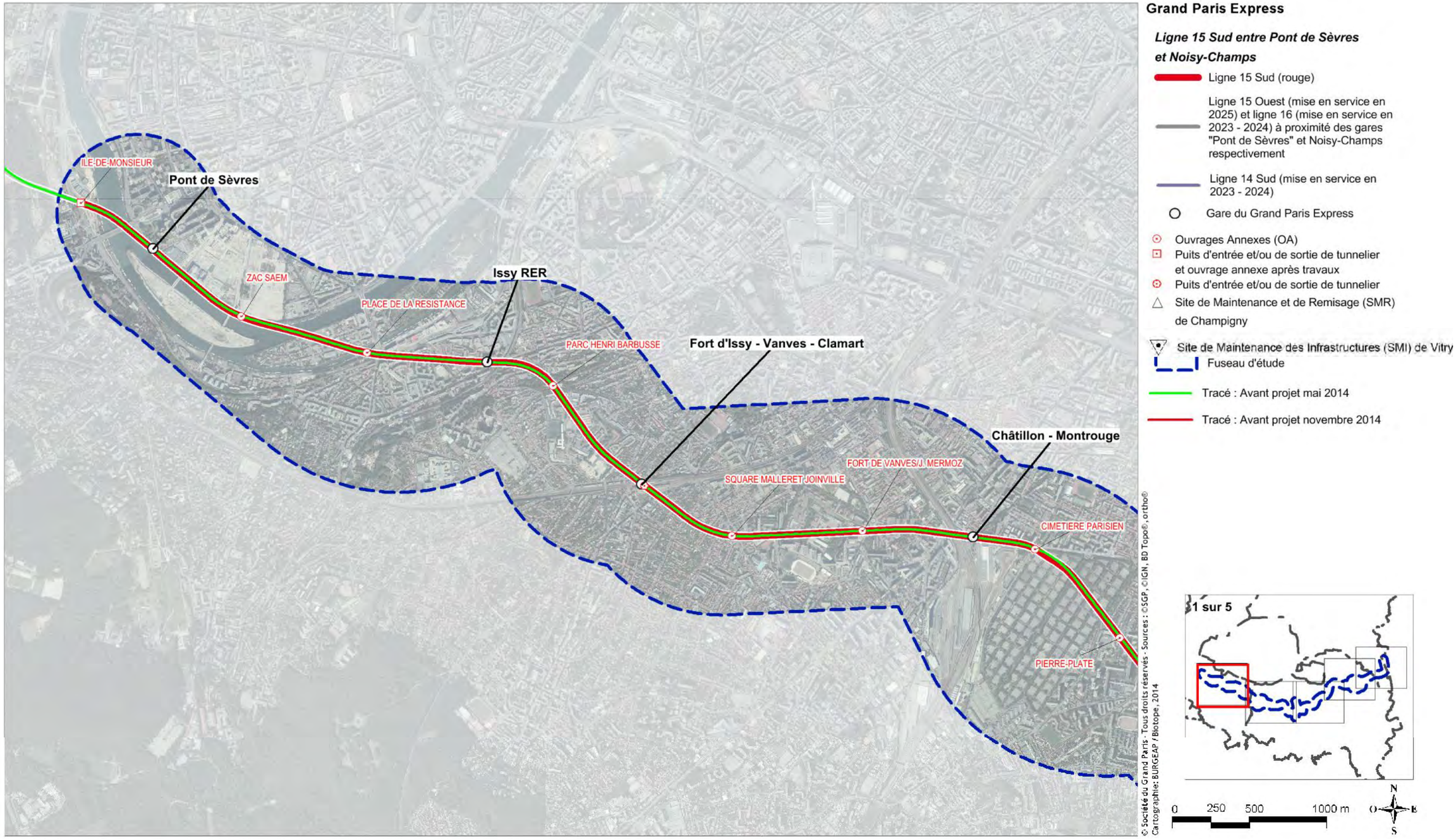
- Entre les gares de Bagneux et Arcueil-Cachan : la courbure du tracé a été optimisée,
- Au niveau de l'ouvrage rue Jules Joffrin : la courbure du tracé a été optimisée,
- Entre les ouvrages Rue de Rome et Université Créteil (y compris la gare Vert de Maisons) : le tracé a été adapté à des contraintes géotechniques affectant le tunnel,
- Entre les gares de Créteil L'Echat et de Saint-Maur Créteil : le tracé a été adapté à des contraintes géotechniques affectant le tunnel,
- Voie d'accès au SMR de Champigny : le tracé de cette voie a été optimisé, en particulier la courbure,
- Entre les ouvrages de la rue du Ballon et Boulevard du Ru de Nesles : la courbure du tracé a été optimisée.

Les optimisations ont pour but de rechercher des économies en ajustant les caractéristiques de l'ouvrage. Elles permettent, outre un gain financier, des économies de matériaux de construction et de consommations diverses qui sont favorables à l'environnement.

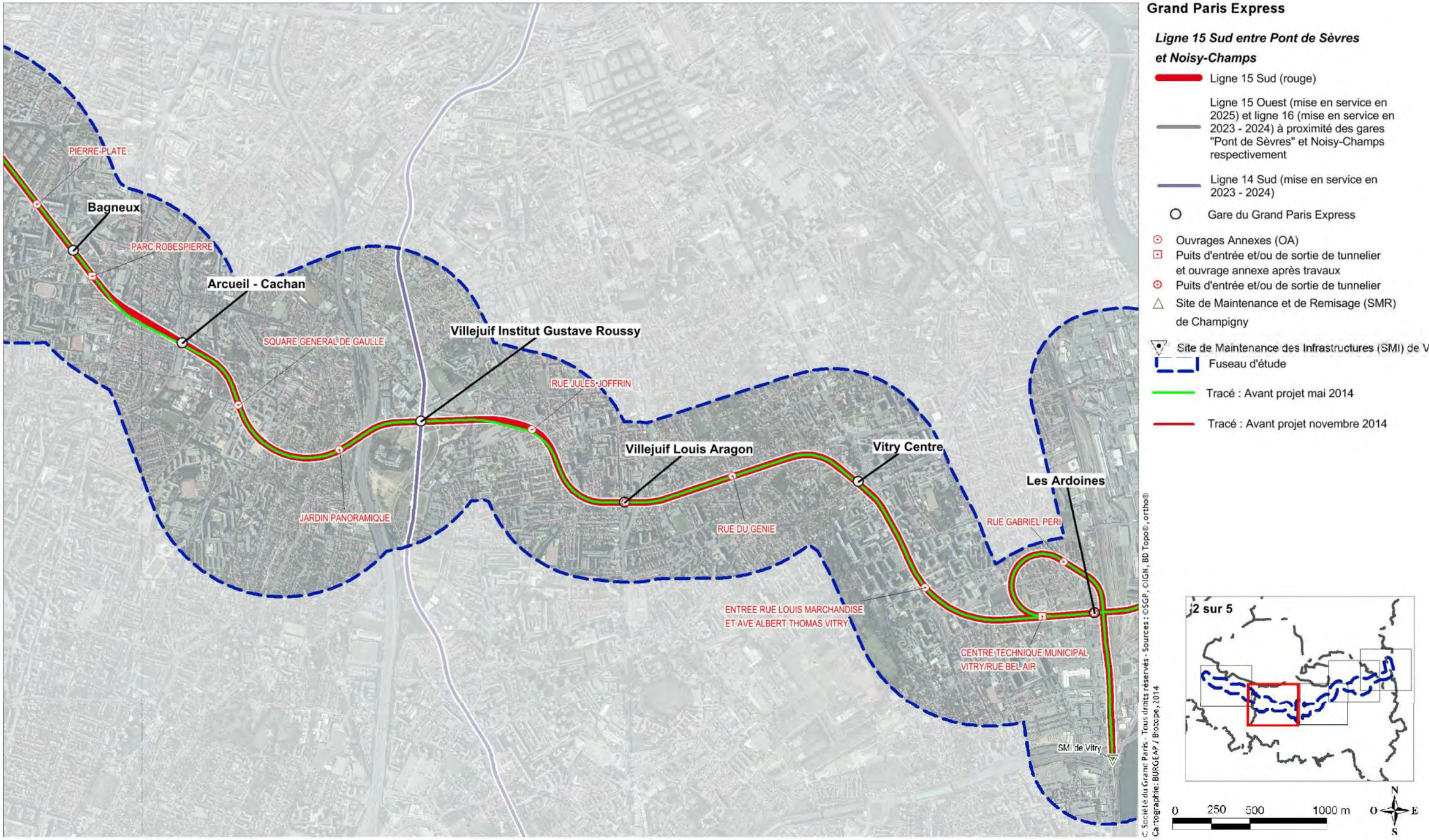
Les variantes de tracé étudiées dans le cadre des études techniques d'Avant-Projet sont présentées dans les cartes ci-dessous.

[5] Aquifère : Couche de terrain ou roche suffisamment poreuse pour contenir une nappe d'eau souterraine.
[6] SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne.

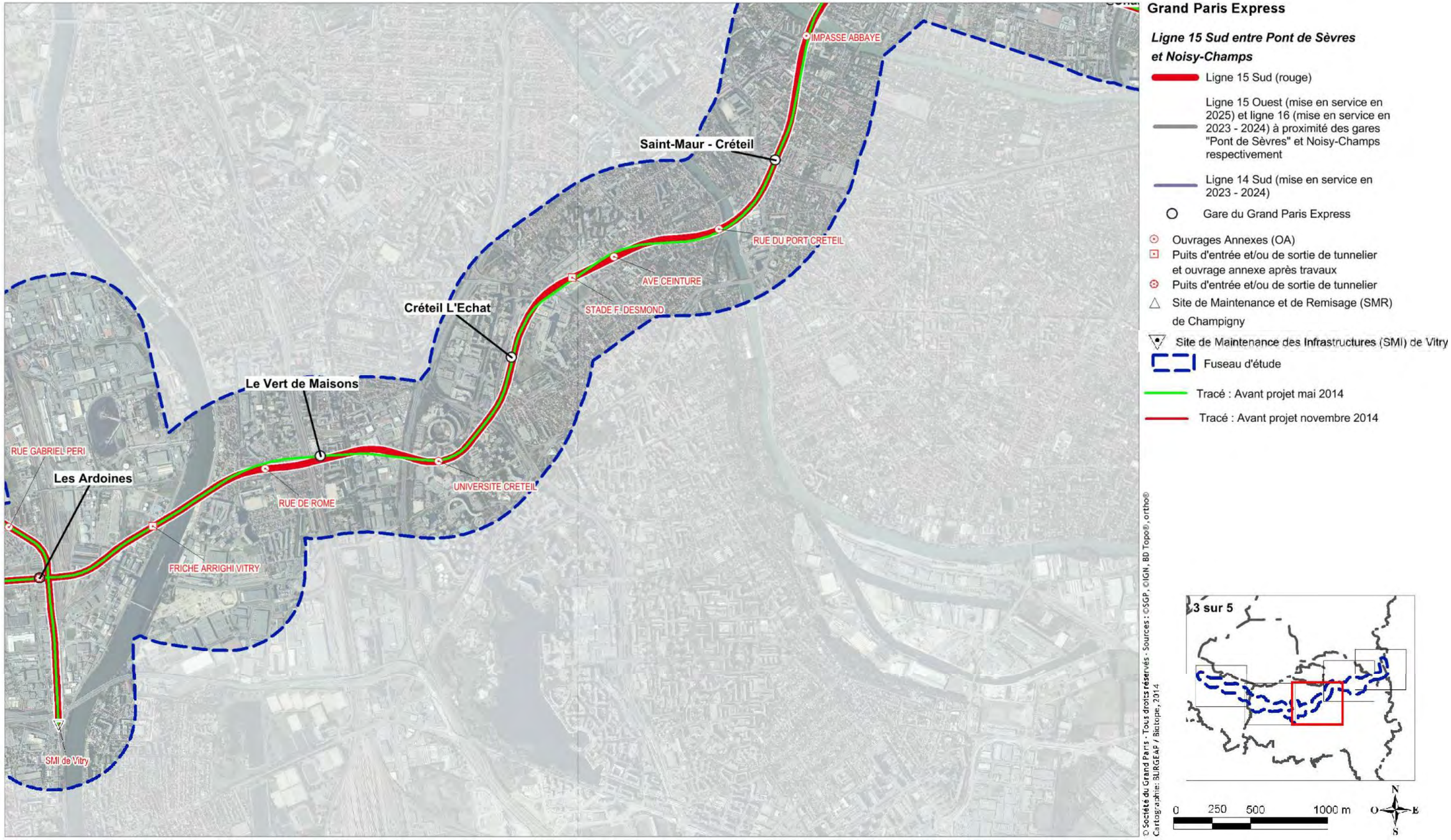
Variations de tracé au cours de la phase d'avant projet (source : Société du Grand Paris) – Secteur Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge



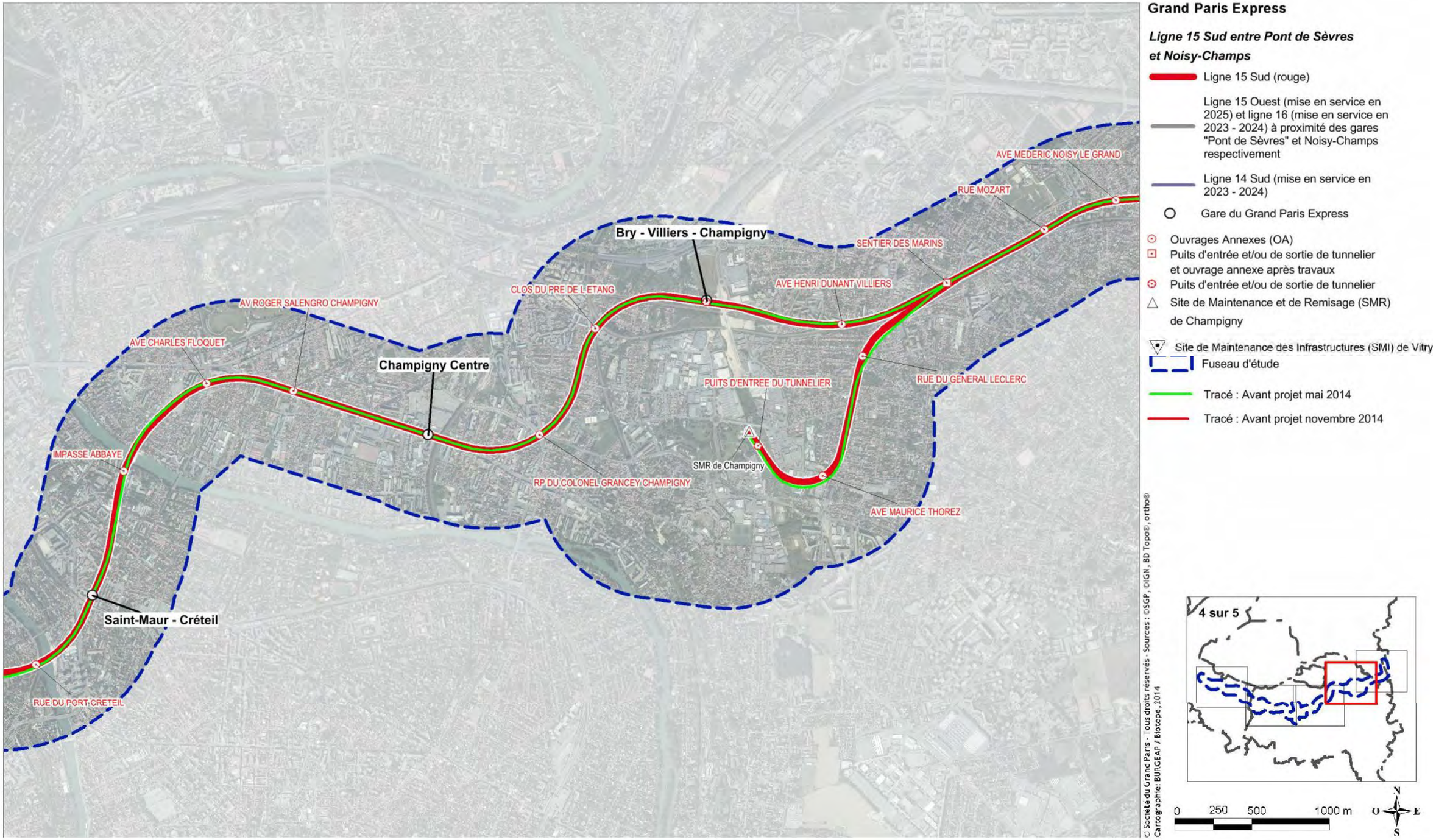
Variations de tracé au cours de la phase d'avant projet (source : Société du Grand Paris) – Secteur Bagneux – Les Ardoines



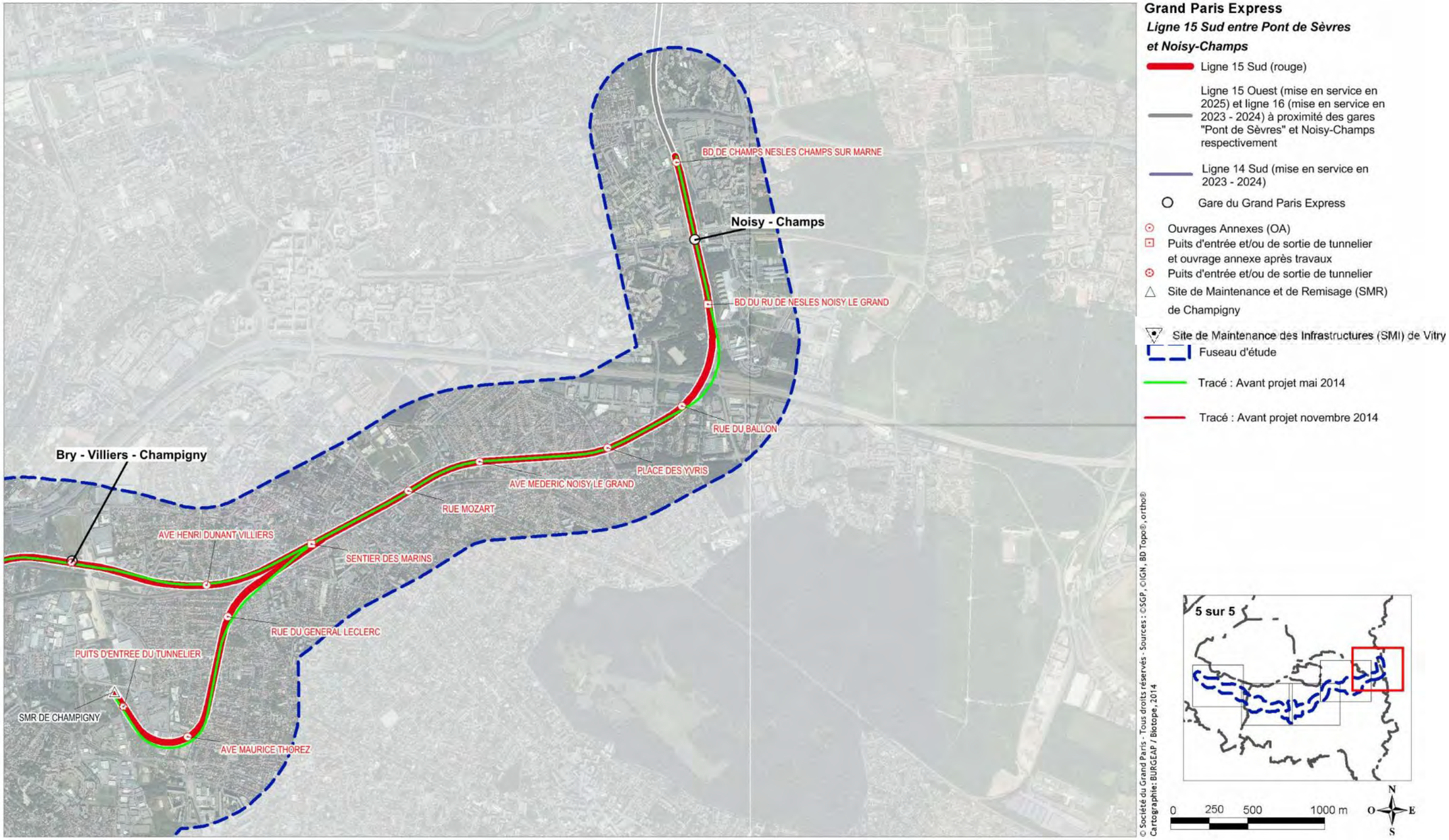
Variations de tracé au cours de la phase d'avant projet (source : Société du Grand Paris) – Ardoines – Saint-Maur Créteil



Variations de tracé au cours de la phase d'avant projet (source : Société du Grand Paris) – Secteur Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny



Variations de tracé au cours de la phase d'avant projet (source : Société du Grand Paris) – Secteur Bry Villiers Champigny – Noisy Champs



4.3 Choix de localisation des ouvrages annexes

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après.
Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et par exemple être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Les accès de secours doivent permettre une intervention rapide et efficace des pompiers et services de secours, en n'importe quel endroit, en cas de sinistre.
Pour les tunnels, des puits d'accès de secours sont disposés avec un intervalle maximum de 800 mètres, et à moins de 800 mètres d'une gare, conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport publics guidés urbains de personnes.

ARRETE

Arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes.

NOR: EQUT0501537A
Version consolidée au 02 mars 2015

Le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, et le ministre des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer,

Vu la loi n° 82-1153 du 30 décembre 1982 modifiée d'orientation des transports intérieurs, et notamment ses articles 9 et 13-1 ;

Vu le décret n° 2003 425 du 9 mai 2003 relatif à la sécurité des transports publics guidés, notamment ses articles 19 44, 45, 49, 51 et 70 ;

Vu l'arrêté du 20 février 1983 portant approbation des règles de sécurité applicables aux locaux accessibles au public, situés sur le domaine du chemin de fer et rigoureusement indispensables à l'exploitation de celui-ci ;

Vu l'arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement ;

Vu l'arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages,

Extrait de l'arrêté du 22 novembre 2005 (Source : Legifrance)

Pour définir les sites d'implantation des ouvrages annexes, plusieurs critères ont été pris en compte :

- La prise en compte des prescriptions de l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes, qui prévoient notamment que la distance entre deux puits de sécurité ne peut être supérieure à 800 mètres.
- Les implantations sont à privilégier sur des parcelles publiques.
- Les grilles de ventilation doivent être situées à plus de 8 mètres de façades avec ouvertures.
- Les ouvrages de sécurité doivent pouvoir être facilement accessibles aux engins des secours.
- La distance entre l'ouvrage de sécurité et le tunnel est recherchée doit être minimisée pour réduire les coûts de construction des ouvrages.
- Des phases de négociation ont été mises en place avec les collectivités concernées sur le choix des sites à privilégier : éloignement des écoles, maintien des espaces verts et naturels, maintien des circulations en phase travaux…

4.4 Choix de localisation des puits de départ de tunnelier

Du fait des nuisances potentielles liées à leur fonctionnement, les puits de départ des tunneliers représentent des ouvrages sensibles :

- Création d'une boite souterraine pour installer le tunnelier
- Apport de voussoirs pour la construction du tunnel
- Evacuation, tri, gestion et évacuation des déblais issus du creusement du tunnelier
- Un fonctionnement du tunnelier 24h/24. Sur ce point, il convient de préciser, que si le tunnelier fonctionne sur de longues périodes, il n'est pas prévu d'activités importantes chantier au niveau du puits de départ la nuit.

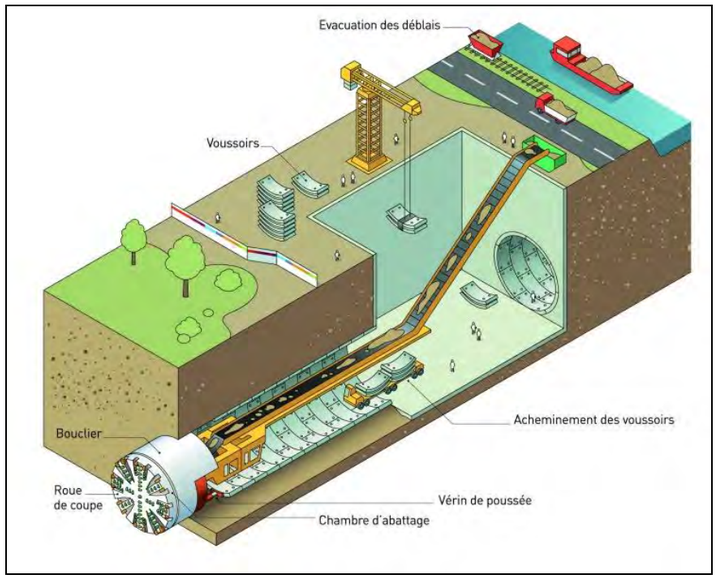


Schéma de fonctionnement d'un puits de départ de tunnelier

Le planning fixé par le Gouvernement pour la mise en service de la Ligne 15 Sud nécessite d'engager le creusement du tunnel à partir de plusieurs points. Les vitesses de creusement d'un tunnelier sont d'environ :

- De 10 à 12 mètres par jour dans des terrains de bonne qualité,
- De 8 à 10 mètres par jour dans des terrains sensibles.

Le plan d'organisation des tunneliers permet de s'assurer de l'avancement dans les délais du creusement du tunnel.

De plus, au-delà de 10 kilomètres de creusement, le tunnelier nécessite de lourdes opérations d'entretien, notamment le changement de la roue de coupe et des outils de coupe. Ces actions en souterrain sont difficiles, et longues. La rentabilité du tunnelier n'est pas assurée.

Le choix des sites d'implantation des puits de départ s'est appuyé sur plusieurs critères :

- Les implantations sont à privilégier sur des parcelles publiques.
- Les sites doivent permettre d'assurer une évacuation des déblais et l'apport de matériaux sans entrainer de nuisances trop fortes pour les riverains
- Les sites situés à proximité de la voie d'eau ou de lignes ferrées sont privilégiés pour limiter le recours à la circulation de camions, dans le respect des orientations retenues par la Société du Grand Paris pour la gestion des déblais liés au projet.

A contrario, les puits de sortie de tunnelier ne représentent pas d'enjeu sensible. En fin de creusement, les tunneliers sont démontés en fond de boîte et évacués sur quelques camions.

Raisons ayant conduit au choix de localisation des puits de départ de tunnelier

Puits de départ de tunnelier	Ouvrage de sortie du tunnelier	Raisons ayant conduit au choix retenu
Ile de Monsieur	Gare de Fort d'Issy-Vanves Clamart	x Point de départ de la Ligne 15 Sud x Liaison directe avec la Seine pour l'évacuation x Habitations éloignées x Proximité d'axes routiers structurants x Evitement du bas du parc de Saint-Cloud
Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart	OA Parc Robespierre / Puits 1801 P	x Liaison directe avec la voie ferrée pour l'évacuation x Liaison possible par voie routière pour rejoindre les quais de Seine x Parcelle de l'ancienne gare de marchandises de Clamart adaptée pour un ouvrage de puits de départ
OA Parc Robespierre / Puits 1801 P	Gare de Villejuif Louis Aragon	x Proximité avec l'axe routier structurant RD 920 x Site non concerné par les futurs chantier de la ZAC Victor Hugo x Parcelle permettant d'éviter une emprise du chantier sur des parcelles privées supplémentaires
Gare des Ardoines	OA Centre technique municipal / OS 1401P	x Lancement du tunnelier dans l'emprise du chantier de la gare x Zone en reconversion avec habitations éloignées
OA Friche Arrighi / OS 1302P	OA Stade F Desmond / Puits 1103P Gare de Villejuif Louis Aragon	x Liaison directe avec la Seine pour l'évacuation x Espace disponible pour un chantier d'évacuation des déblais x Habitations éloignées x Friche industrielle non utilisée
Gare de Bry-Villiers-Champigny	OA Stade F Desmond / Puits 1103P	x Entrée du tunnelier dans les emprises de chantier de la gare x Liaison possible avec la voie ferrée pour l'évacuation des déblais x Sortie du tunnelier dans un espace public, qui sera remis en état après travaux
Avant gare de Noisy-Champs	Gare de Bry-Villiers-Champigny	x Entrée du tunnelier dans les emprises de chantier de la gare x Liaison possible avec la voie ferrée pour l'évacuation des déblais x Sortie du tunnelier dans un espace public, qui sera remis en état après travaux

4.5 Choix de localisation des gares

Comme indiqué en introduction, à ce stade du projet, les variantes étudiées sont plus restreintes, elles concernent en adaptation fine de la localisation de la gare ou de ses caractéristiques. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud n'ont pas fait l'objet de nouveaux scénarios depuis la procédure de DUP, la gare est celle présentée dans la rubrique 3.1 du présent document.

4.5.1 Gare de Pont de Sèvres

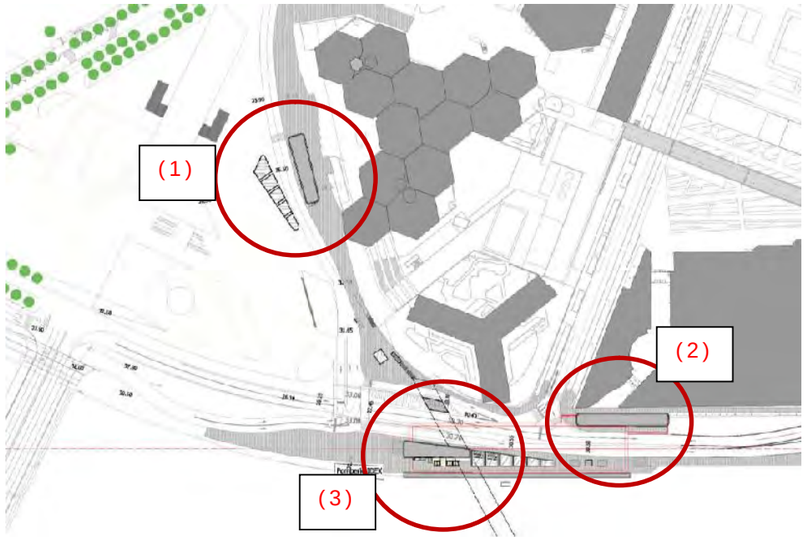
Les adaptations de la gare de Pont de Sèvres ont porté sur plusieurs points :

- L'adaptation des accès à la gare et l'optimisation du couloir de correspondance avec la ligne 9 du métro
- La prise en compte du projet de passerelle piétonne vers l'Ile Seguin, porté par la SAEM de Boulogne-Billancourt
- La prise en compte de l'aléa inondation lié à la présence de la Seine, et de fonctionnement.

S'agissant des accès pour les usagers

Plusieurs scénarios ont été étudiés :

- Une entrée principale de la gare, accessible par un passage piéton, localisée au milieu des voiries (1) ou dans la faille côté tours « General Electric »
- Un accès secondaire devant le bâtiment Square Com (2)
- Une mesure conservatoire pour préparer l'arrivée possible du projet de passerelle piétonne vers l'Ile Seguin (3)



Présentation des accès de la gare de Pont de Sèvres (Source : Société du Grand Paris)

Pour offrir aux usagers une gare accessible, ouverte, et en lien avec les déplacements diverses du territoire concerné, l'ensemble des accès ont été retenus. L'accès principal côté Ligne 9 du métro a été retenu également en lien avec la majorité des flux de la zone.

S'agissant de la prise en compte du fonctionnement de la Seine

Du fait de nombreuses contraintes (présence de voiries structurantes, de réseaux souterrains sensibles, de la présence de bâtiments à proximité…), la localisation de la gare de Pont de Sèvres est située au niveau de la berge de la Seine.

Cette localisation nécessite une attention particulière quant à l'aléa inondation de la Seine, et à son fonctionnement. Cette gare a fait l'objet d'une variante pour réduire les volumes pris au lit majeur de la Seine.



Scénario initial de la gare de Pont de Sèvres, avec une circulation piétonne au niveau de la voirie existante (Source : Société du Grand Paris) – Passerelle piétonne hors projet

Après des échanges avec les services de l'Etat, un nouvel aménagement de la gare de Pont de Sèvres a été proposé.



Scénario nouveau de la gare de Pont de Sèvres (Source : Société du Grand Paris) - Passerelle piétonne hors projet

Comme montrés par ces deux photomontages, le niveau supérieur de la boite gare a été abaissé pour réduire le volume pris au lit majeur de la Seine.

Pour ces variantes liées à la problématique, le lecteur est invité à prendre connaissance de la rubrique liée aux inondations de la pièce B.3 de la présente étude d'impact.

Le scénario retenu est le nouveau, qui limite l'emprise de la gare dans le lit majeur. Ce scénario permet également d'offrir aux riverains et aux usagers de la gare, un balcon piéton au niveau du fleuve.

4.5.2 Gare d'Issy RER

Cette gare n'a pas fait l'objet de variantes dans le cadre des études techniques d'Avant Projet. Le choix retenu parmi les scénarios présentés dans le cadre du dossier de DUP est maintenu.

Il convient néanmoins de noter que le couloir de correspondance prévu entre la future gare de la Ligne 15 Sud et le RER C a été légèrement modifié, pour supprimer l'interaction possible avec les fondations d'un bâtiment R+7 de logements situé avenue de Verdun à Issy-les-Moulineaux. Cette évolution ne présente pas d'enjeux environnementaux supplémentaires par rapport à l'option proposée dans le cadre du dossier de DUP.

Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document.

4.5.3 Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart

Les adaptations de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart ont porté sur le point suivant :

- Déconnection de la gare avec les projets limitrophes portés par la commune de Clamart.

Une adaptation des caractéristiques de la gare, et des modalités de chantier a été apportée au projet afin de s'assurer que les travaux de construction ne présentent pas d'interface avec ceux portés par la ville de Clamart.

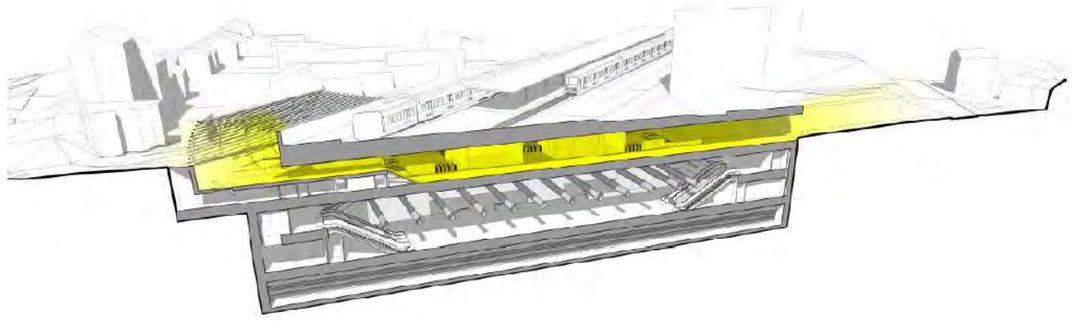


Schéma de principe de la gare

Cette évolution ne remet pas en cause les caractéristiques de la gare, ni son implantation de manière sensible. Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document.

4.5.4 Gare de Châtillon-Montrouge

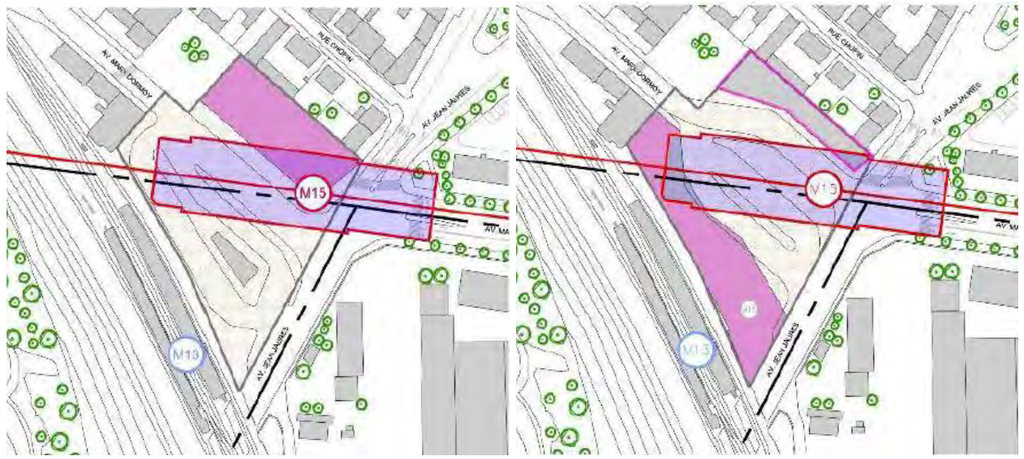
Les adaptations de la gare de Châtillon-Montrouge- ont porté sur plusieurs points :

- Localisation de la partie en émergence de la gare
- Possibilité de proposer un projet connexe associé à la gare
- La meilleure connaissance de la géologie liée aux récents sondages géotechniques

Deux variantes d'implantation ont été étudiées pour la partie émergente de la gare :

- Une possibilité au Nord de boite souterraine de la gare
- Une possibilité au Sud de la boite souterraine de la gare

La localisation de la boite souterraine de la gare n'a pas évoluée depuis la procédure de DUP.



Localisation de la partie en émergence (rose foncé)
Au Nord sur le schéma de gauche – Au Sud sur le schéma de droite

Pour permettre la création d'un pôle multimodal concentré, et assurer des correspondances efficaces, le scénario d'une partie en émergence au Sud a été retenu (schéma de droite).

Cette disposition permet des liaisons facilitées et efficaces avec :

- La ligne 13 du métro
- Le tramway T6
- La future gare routière prévue par le STIF

La localisation au Sud de la partie en émergence permet de libérer des surfaces disponibles pour le développement d'un projet connexe. Cet aménagement connexe ne pouvait être mis en œuvre avec le scénario au Nord de la boite souterraine de la gare.

Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document.

Depuis la procédure de DUP, la réalisation de nouveaux sondages géotechniques a permis d'améliorer la connaissance des caractéristiques du sous-sol.

Cette connaissance a permis de remonter le niveau bas de la boite souterraine d'environ 5 mètres, sans remettre en cause la stabilité des sols en place. Cette remontée permet d'apporter les améliorations suivantes :

- Réduction du temps de parcours des usagers pour rejoindre les quais
- Réduction du volume de terres à excaver pour la construction de la gare
- Réduction du coût de construction de la gare

4.5.5 Gare de Bagneux

Cette gare n'a pas fait l'objet de variantes dans le cadre des études techniques d'Avant Projet. Le choix retenu parmi les scénarios présentés dans le cadre du dossier de DUP est maintenu.

Seules les méthodes constructives ont évolué. Les parties de la boite souterraine initialement prévues en méthode traditionnelle sont prévues dorénavant en méthode à ciel ouvert.

Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document.

4.5.6 Gare d'Arcueil-Cachan

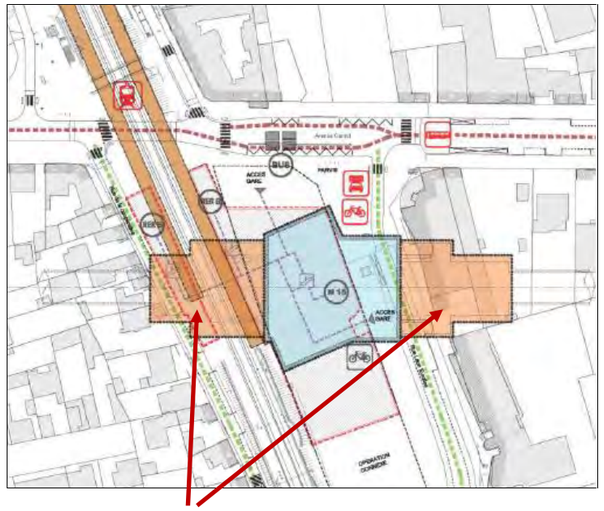
Les adaptations de la gare d'Arcueil-Cachan ont porté sur le point suivant :

- La meilleure connaissance de la géologie liée aux récents sondages géotechniques

Depuis la procédure de DUP, la réalisation de nouveaux sondages géotechniques a permis d'améliorer la connaissance des caractéristiques du sous-sol.

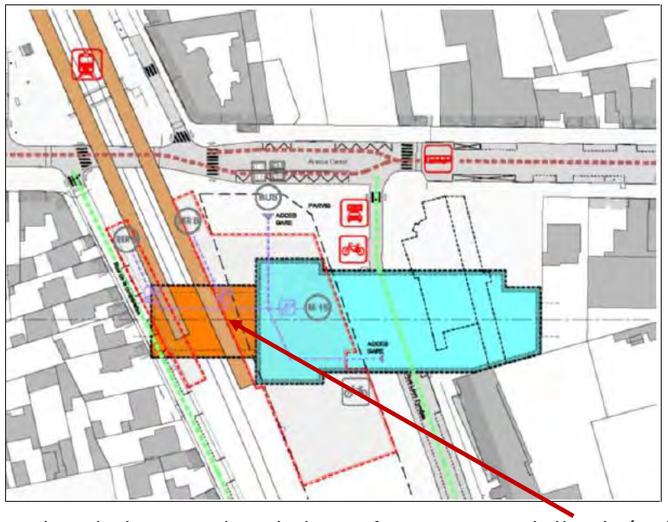
Les caractéristiques du sol en place ne présentent pas une tenue suffisante pour les méthodes initialement prévues. Il convient dès lors de proposer de nouvelles méthodes constructives plus adaptées, pour assurer la stabilité des terrains lors des phases de creusement de la boite souterraine de la gare.

Initialement, une partie de la boite était prévue en méthode traditionnelle, en souterrain.



Scénario : zones construites en souterrain (Source : Société du Grand Paris)

Les travaux prévoient dorénavant le recours à la méthode dite à ciel ouvert, l'ensemble de la gare sera construite depuis la surface.
Une partie sera construite sous une dalle ripée au niveau des voies ferrées existantes.



Scénario : construction de la gare depuis la surface et sous dalle ripée (Source : Société du Grand Paris)

Ce choix d'une construction depuis la surface et sous une dalle ripée pour une partie de la boite souterraine permettra d'assurer la stabilité des terrains.
La localisation de la boite souterraine et des émergences ne sont pas modifiées depuis le dossier de DUP. Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document.

4.5.7 Gare de Villejuif IGR

Les adaptations de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy ont porté sur le point suivant :

- L'optimisation des tracés de la Ligne 15 Sud et de la ligne 14 Sud du Grand Paris Express

Les études techniques conduites sur l'optimisation du tracé de la Ligne 15 Sud ont permis de conduire à la remontée du niveau du tunnel d'environ 2 mètres, ce qui se traduit par une remontée du bas de la partie souterraine de la boite gare de la même longueur. Cette remontée permet d'apporter les améliorations suivantes :

- Réduction du temps de parcours des usagers pour rejoindre les quais
- Réduction du volume de terres à excaver pour la construction de la gare
- Réduction du coût de construction de la gare

Une optimisation avec le tunnel de la ligne 14 Sud a permis également de réduire le diamètre de l'ouvrage central circulaire de la gare d'environ 10 mètres. Cela est permis par le croisement dorénavant parfaitement perpendiculaire entre les tunnels des deux lignes de métro. Les optimisations de la correspondance pour les usagers permet cette réduction de volume d'ouvrage ; qui de fait entraine les mêmes avantages que ceux présentées au paragraphe au-dessus.

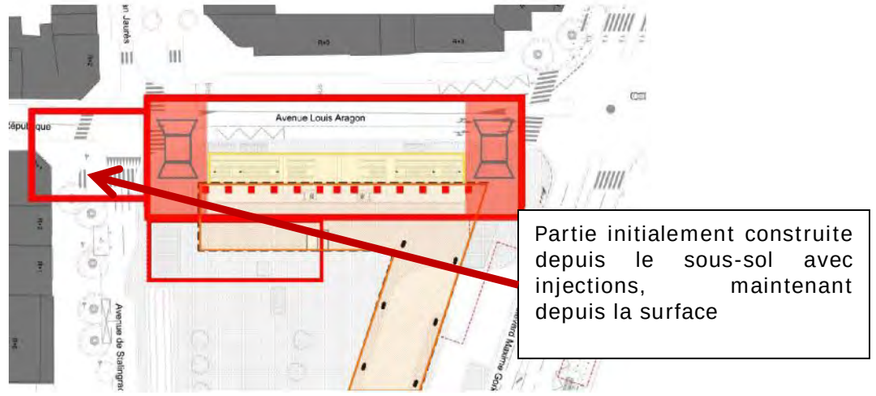
4.5.8 Gare de Villejuif Louis Aragon

Les adaptations de la gare de Villejuif Louis Aragon ont porté sur le point suivant :

- La meilleure connaissance de la géologie liée aux récents sondages géotechniques

Depuis la procédure de DUP, la réalisation de nouveaux sondages géotechniques a permis d'améliorer la connaissance des caractéristiques du sous-sol. Une partie de la boite souterraine était prévue d'être construite depuis le sous-sol à l'appui d'injections prévues en surface.

La connaissance de la stabilité des sols depuis les derniers sondages géotechniques nécessitent le recours à d'autres méthodes constructives La boite gare sera construire depuis la surface, à l'abri de parois moulées.



Partie souterraine de la boite gare construite depuis la surface à l'abri de parois moulées (Source : Société du Grand Paris)

4.5.9 Gare de Vitry Centre

Les adaptations de la gare de Vitry Centre ont porté sur plusieurs points :

- Les méthodes constructives prévues pour la construction de la gare
- La zone d'implantation de la boite souterraine de la gare
- L'accès à la gare pour les usagers

Deux scénarios de construction de la gare ont été étudiés. La boite souterraine peut être construite totalement à ciel ouvert depuis la surface, ou en partie en méthode souterraine.

Si la 1ère solution permet la construction de la boite à l'abri de parois moulées, et donc une plus grande sécurité quant aux effets de tassements des sols, elle entraine une emprise plus importante de la zone de travaux, notamment au niveau du parc du Coteau concerné par l'implantation de l'ouvrage.

La seconde solution présente une plus grande sensibilité quant au sous-sol, mais elle permet de réduire l'emprise des travaux en surface mais un présente un coût de construction supérieur. Depuis la procédure de DUP, la réalisation de nouveaux sondages géotechniques a permis d'améliorer la connaissance des caractéristiques du sous-sol.

Les éléments désormais connus sur les caractéristiques géologiques du sous-sol permettent de retenir cette seconde solution, et ainsi de réduire l'emprise sur le parc du Coteau.



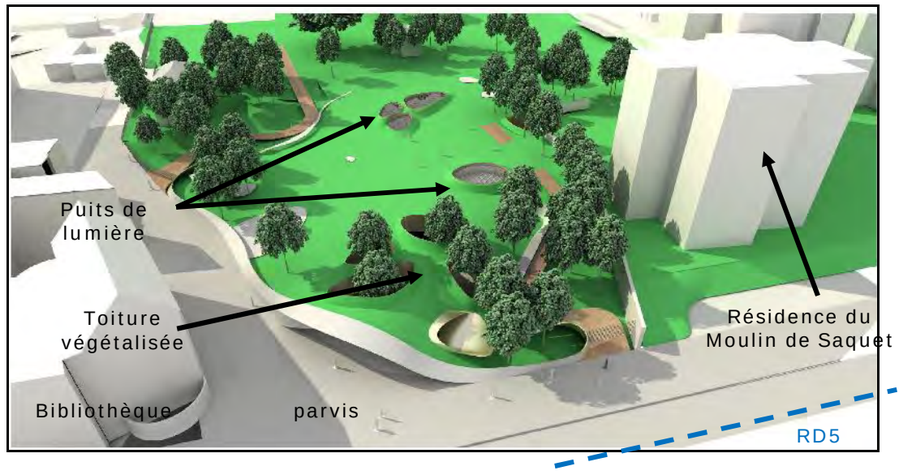
Identification de la zone de la boite souterraine construite en souterrain (encadré bleu) pour limiter l'emprise travaux sur le par cet du parvis initial (en orange)
(Source : Société du Grand Paris)

S'agissant de la localisation de la boite souterraine de la gare, les études techniques d'Avant Projet réalisés depuis la procédure de DUP ont permis d'assurer un léger décalage de l'ouvrage pour s'éloigner des constructions existantes.

S'agissant de l'accès à la gare, les premiers scénarios prévoyaient la réalisation d'un parvis au niveau de l'émergence. Cette solution est représentée en orange sur le schéma ci-dessus.

Si cette variante permettait la création d'un espace public urbain dédié et ouvert, elle nécessitait une réduction de l'espace vert du parc du Coteau. A la demande de la ville, le maintien de l'ensemble du parc en phase d'exploitation a été souhaité.

L'autre variante proposait la création d'un accès directement en bordure du parc. Si cette solution ne permet pas la création d'une large surface pour un parvis public, il permet d'éviter un changement d'occupation des sols du parc du Coteau.



Perspective de la gare de Vitry Centre (Source : Société du Grand Paris)

Afin de maintenir l'intégrité du parc du Coteau en phase d'exploitation du métro, la deuxième variante est retenue. Une toiture spécifique au-dessus de la gare permet de maintenir un usage naturel du sol. Un parvis est néanmoins créé comme le montre le photomontage ci-dessus.

4.5.10 Gare Les Ardoines

Cette gare n'a pas fait l'objet de variantes substantielles dans le cadre des études techniques d'Avant Projet. Les études ont porté sur la correspondance pour les usagers entre la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express, et la ligne existante du RER C.

Cette liaison prévoyait initialement un passage pour les usagers en aérien, ce qui nécessitait pour les usagers la remontée des quais de la Ligne 15 Sud jusqu'à la gare voyageurs, le franchissement d'une passerelle aérienne, et la redescente vers les quais du RER C.

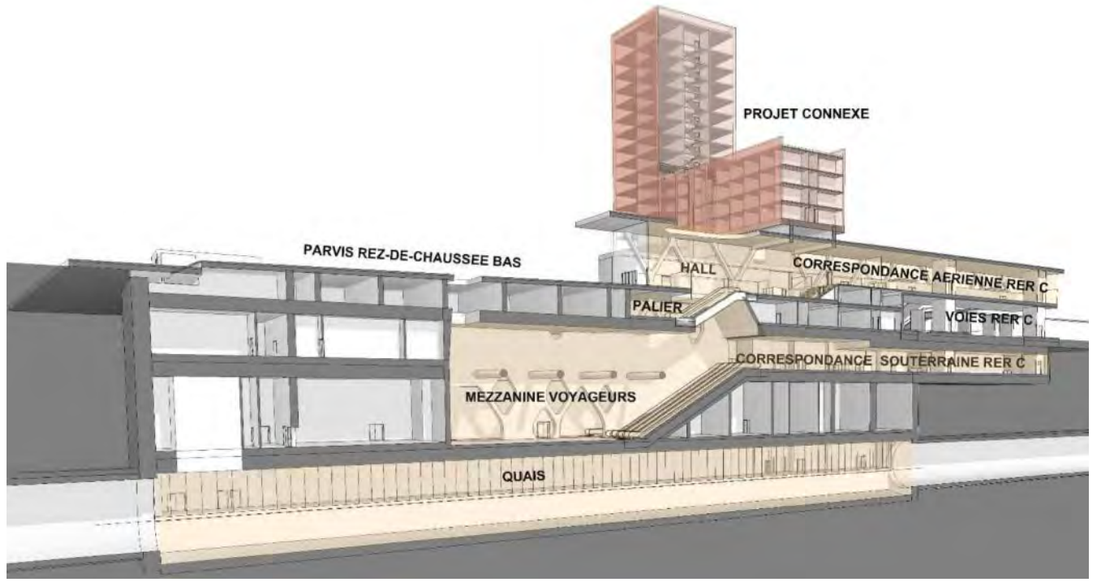


Schéma des correspondances de la gare des Ardoines (Source : Société du Grand Paris)

Les études techniques réalisées pour permis de montrer la faisabilité d'un ouvrage souterrain pour offrir une correspondance plus rapide et plus efficace avec la ligne du RER C. C'est cette nouvelle variante qui est retenue pour le projet.

Cet ouvrage souterrain fait l'objet d'une analyse dans le cadre de la pièce B.3 de la présente étude d'impact, dans la rubrique relative à l'hydrogéologie.

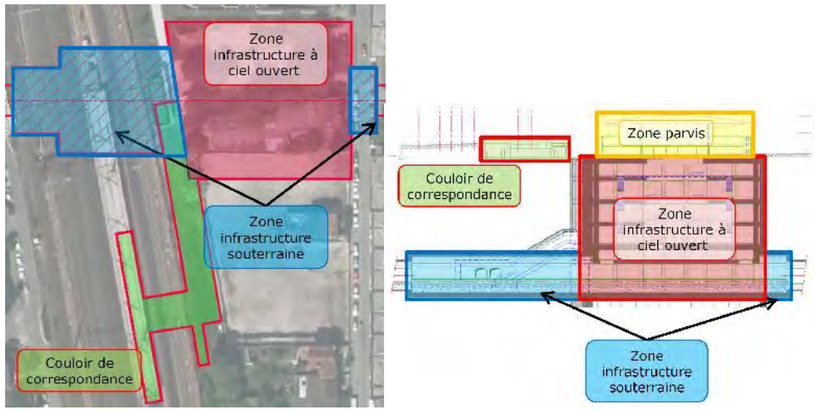
4.5.11 Gare Le Vert de Maisons

Les adaptations de la gare de Vert de Maisons ont porté sur plusieurs points :

- Modification du site d'implantation de la gare suite aux sondages géotechniques
- Développement d'un projet urbain plus cohérent avec la ville

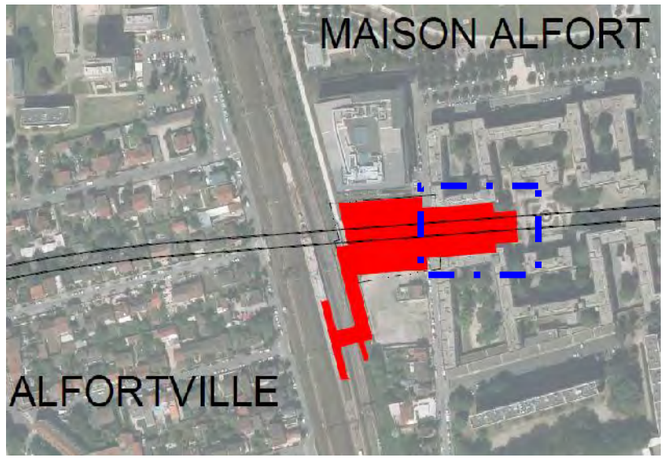
Depuis la procédure de DUP, la réalisation de nouveaux sondages géotechniques a permis d'améliorer la connaissance des caractéristiques du sous-sol.
Les données désormais disponibles ont montré que le secteur présente une forte sensibilité quant à la tenue des sols.

Le projet prévoyait la création de la gare en partie sous les voies ferrées actuelles, grâce aux méthodes constructives de travaux souterrains. Les études techniques d'Avant-Projet ont montré des phénomènes de tassements sensibles qu'il convient d'éviter, notamment au niveau des voies ferrées, fortement sensibles aux mouvements des sols.



Variante initiale avec construction d'une partie de la gare en méthode souterraine sous les voies ferrées existantes (Source : Société du Grand Paris)

Une variante a été étudiée avec le décalage de l'ouvrage gare vers l'Est. La partie en émergence est toujours située à côté des voies ferrées existantes. La partie construite en souterrain est placée du côté Est, ce qui permet d'éviter tout effet éventuel de tassement sur les voies ferrées, ouvrage particulièrement sensible à ce type de phénomène.



Position décalée de la gare vers l'Est avec partie souterraine (encadré bleu)
(Source : Société du Grand Paris)

Du fait des risques éventuels liés à la géologie, cette 2nde variante a été retenue.

Pour développer un projet urbain plus pertinent, la position de la gare a été légèrement décalée vers le Sud, et la zone d'emprise de travaux a été également légèrement augmentée.

Cet espace plus important permet la création d'un parvis public plus important, et le développement d'un projet connexe en lien avec la gare, pour une offrir aux riverains et usagers, un projet plus cohérent. Cette variante nécessite une maitrise foncière sur le terrain de la société SERCIB, promoteur immobilier.



Vue depuis le Square Dufourmantelle avec le projet connexe (visuel à titre indicatif)

La création d'un projet plus homogène permet également une réduction des volumes pris à l'expansion des crues, pour ce territoire soumis à un aléa Inondation.

Du fait des améliorations apportées par cette nouvelle variante, depuis les études de DUP, notamment concernant le projet urbain et ses fonctionnalités, et ses effets moindres sur le risque inondation, elle a été retenue. Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document.

4.5.12 Gare de Créteil l'Echat

Les adaptations de la gare de Créteil l'Echat ont porté sur le point suivant :

- Optimisation de la correspondance avec la ligne de métro existante L8

Plusieurs variantes de correspondance ont été étudiées pour assurer la liaison entre la future Ligne 15 Sud du Grand Paris Express, et la ligne 8 du métro existant.

La première variante prévoit la réutilisation des ouvrages existants de la ligne 8 pour assurer la correspondance avec la Ligne 15 Sud. La seconde variante prévoit la création de nouveaux couloirs pour assurer les liaisons entre les lignes.

Les critères ayant conduit au choix retenu sont les enjeux géologiques et de coûts financiers. Les résultats issus des sondages géotechniques réalisés depuis la procédure de DUP ont permis d'identifier la présence de couches géologiques sensibles, susceptibles de phénomènes de tassement. Les études concernant les flux d'usagers réalisés dans les études techniques d'Avant-Projet ont permis de démontrer que la réutilisation des ouvrages existants de la ligne 8 permettent d'assurer une bonne qualité de correspondance, et des temps de parcours acceptables.

Afin de réduire les effets potentiels sur les sols, et réduire le coût de construction de la gare de Créteil L'Echat, la variante d'une correspondance par les ouvrages existants de la ligne 8 du métro est retenue.

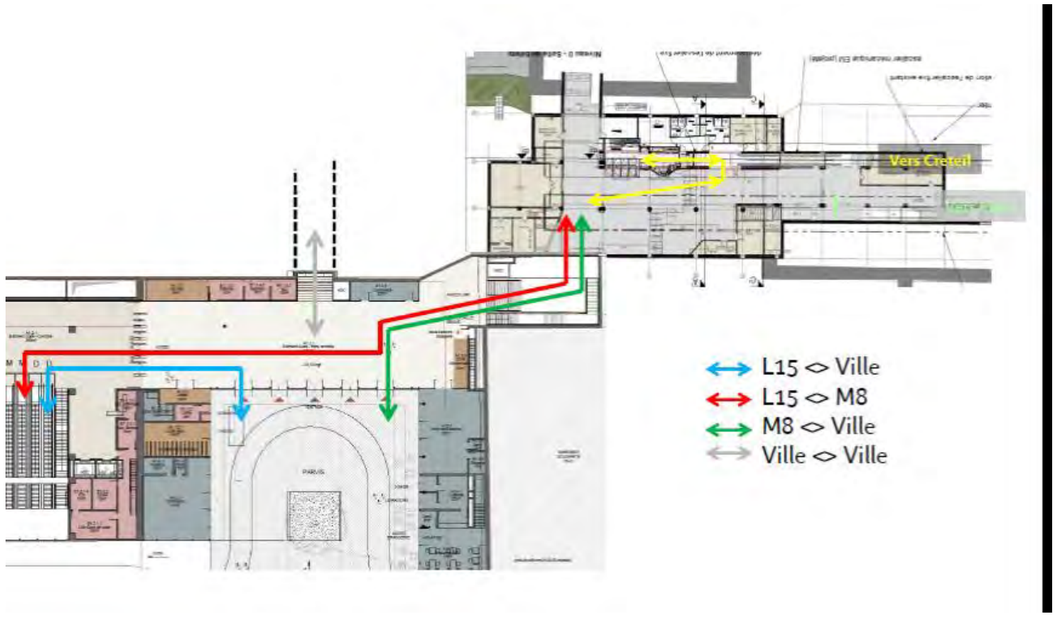


Schéma de la correspondance à Créteil l'Echat (Source : Société du Grand Paris)

4.5.13 Gare de Saint-Maur Créteil

Les adaptations de la gare de Saint-Maur Créteil ont porté sur le point suivant :

- Une modification des caractéristiques de la gare suite aux résultats des sondages géotechniques réalisés depuis la DUP

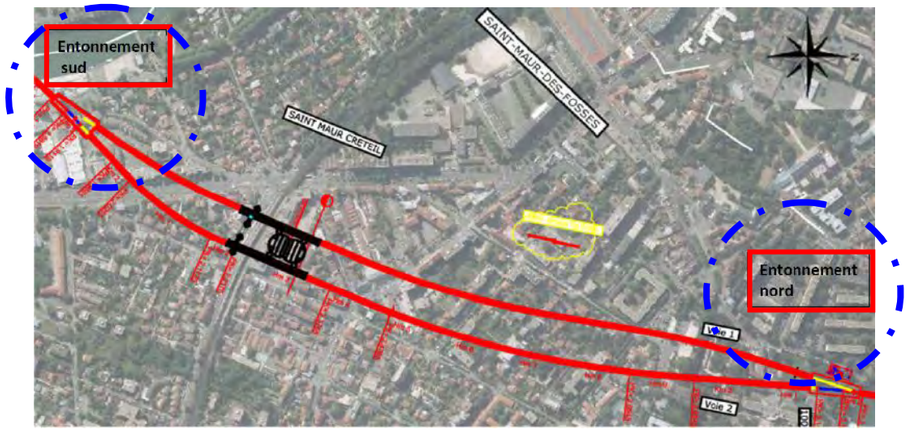
Les résultats des sondages géotechniques réalisés depuis la DUP sur ce secteur ont permis d'identifier une sensibilité des couches de sols présentes.

Le projet, présenté dans le cadre de la DUP, présentait une gare d'une profondeur de 30 mètres par rapport au terrain naturel, avec la construction d'une partie de la boite souterraine en méthode traditionnelle dans les Argiles Plastiques. Les études techniques d'Avant-Projet ont identifié un risque de phénomènes de tassements non négligeables.

D'autres solutions ont été étudiées dans le cadre des études d'Avant-Projet pour prendre en compte cet enjeu géologique.

- 1er scénario : Scénario en bitube

Cette variante prévoit une gare située à 23.50 mètres de profondeur depuis le terrain naturel, encadré par deux tunnels, l'un pour la circulation vers Champigny Centre, l'autre vers Créteil l'Echat. Dans ce scénario, le puits d'accès de la gare est creusé à ciel ouvert depuis le parvis. Les quais sont réalisés au tunnelier, en intégrant le gabarit des deux tunnels la voie et les volumes des quais.
Ce scénario nécessite l'implantation de deux ouvrages d'entonnement permettant le raccordement des 2 tunnels.



Construction de deux tunnels de part et d'autre de la gare et implantation d'ouvrages spécifiques et d'entonnement (en bleu) (Source : Société du Grand Paris)

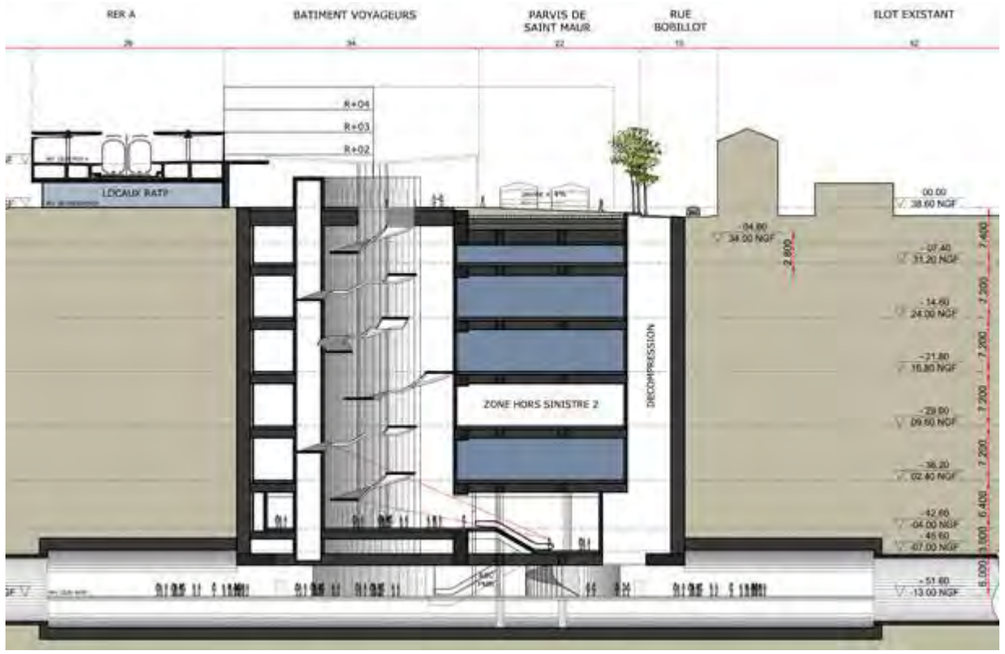
Cette variante présente des contraintes en matière d'intégration de ces deux ouvrages d'entonnement, des contraintes de coûts et de plannings. Cette solution permet néanmoins de proposer une gare peu profonde, à 23.50 mètres de profondeur.

- 2ème scénario : Scénario à ciel ouvert :

Cette variante prévoit une gare implantée à 21.80 mètres de profondeur par rapport au terrain naturel, entièrement réalisée depuis la surface (à ciel ouvert). Ce scénario présente l'avantage de supprimer les risques géotechniques identifiés liés à la réalisation d'ouvrages souterrains en méthode traditionnelle prévue initialement dans les Argiles Plastiques. Cette solution nécessite la mise en place d'un dispositif de soutènement lourd de type paroi moulée circulaire, mais dont la technique est maitrisée.
Cette variante présente l'inconvénient de nécessiter l'acquisition et l'éviction d'un nombre important de parcelles, actuellement bâties et habitées sur l'ilot voisin. Cette solution nécessite également le dévoiement d'un grand nombre de réseaux de canalisations présentes.

- Scénario 3 : Scénario gare profonde :

Ce scénario prévoit une gare à 51.6 mètres de profondeur par rapport au terrain naturel. Cette variante présente l'avantage de supprimer les risques géotechniques évoqués précédemment et de ne pas impacter le bâti en surface (à contrario du scénario à ciel ouvert). La boite souterraine s'appuierait sur la couche de la craie, tout à fait adapté pour ce type d'infrastructure.



Coupe de l'ouvrage de la gare profonde (Source : Société du Grand Paris)

Au vu des contraintes géologiques identifiées pour ce secteur, et du souhait de limiter les impacts sur les bâtiments existants, le scénario 3 d'une gare profonde est retenu, malgré les coûts financiers supplémentaires. Cette solution permet de s'affranchir des risques les plus sensibles de tassements des sols.

Les impacts de la construction de cette gare profonde sur les nappes souterraines présentes à cette profondeur sont étudiés dans le cadre de la présente étude d'impact, dans la pièce B.3 relative à l'analyse des impacts et aux mesures associées, au sein de la rubrique sur l'hydrogéologie.
Les effets limités évalués permettent de confirmer le choix de la solution technique du scénario 3 d'une gare profonde.

4.5.14 Gare de Champigny-Centre

Les adaptations de la gare de Champigny Centre ont porté sur le point suivant :

- L'organisation de l'interconnexion entre la Ligne 15 Sud et la ligne 15 Est du Grand Paris Express

L'objectif de l'interopérabilité en gare de Champigny-centre est de préserver l'évolutivité du schéma d'exploitation de la ligne 15, dont la construction complète est prévue à l'horizon 2030, soit 10 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud. Ce schéma d'exploitation sera défini ultérieurement par l'autorité organisatrice, le Syndicat des Transports d'Île de France.

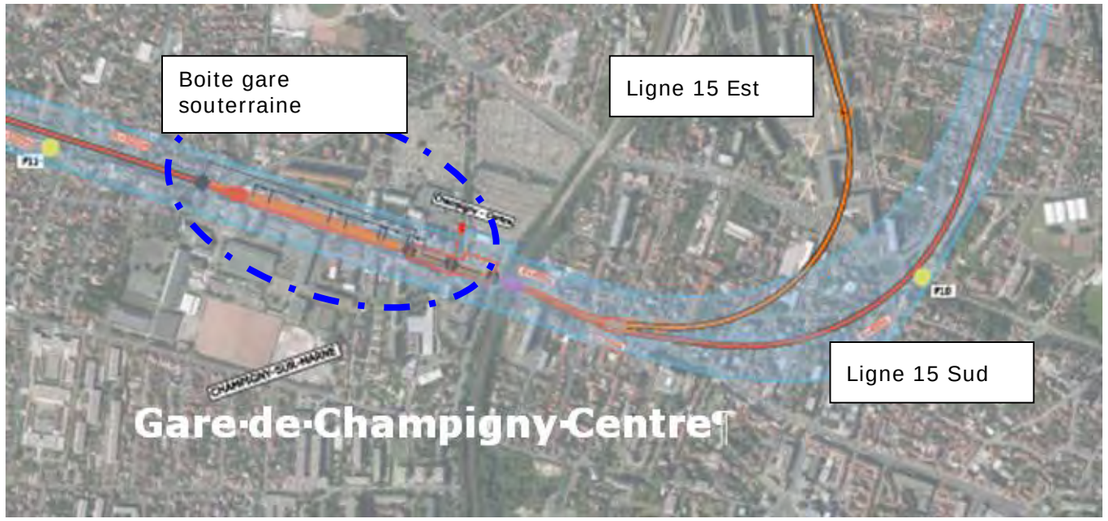
Pour assurer cette interopérabilité, 3 options ont fait l'objet d'études :

- Scénario 1 dénommé voies superposées :

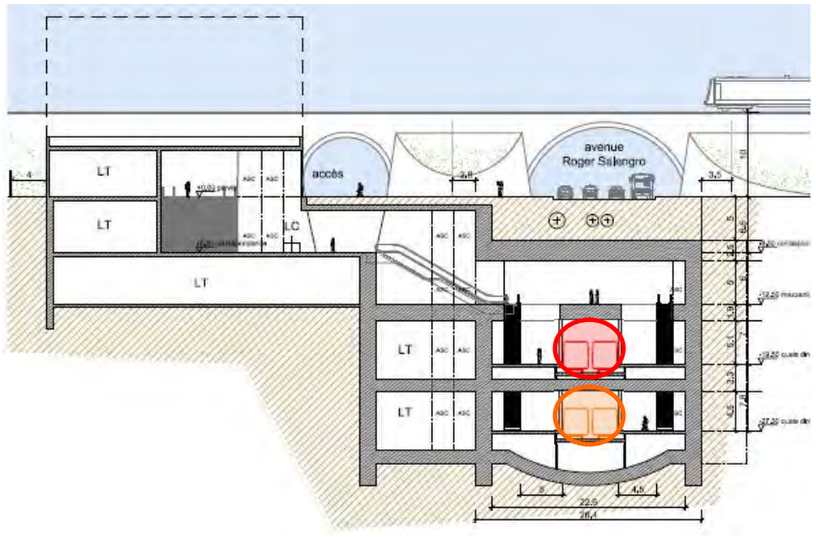
Cette variante consiste à proposer une gare unique, où les voies des tronçons Est et Sud sont superposées en gare, sous la RD4. Ce scénario impose des ouvrages de raccordement à l'Est et à l'Ouest de la gare, sur une distance de plusieurs centaines de mètres. La quasi-totalité des travaux doit être réalisée à l'horizon 2022, durant la construction de la Ligne 15 Sud.

Pour assurer l'interopérabilité entre les deux lignes superposées, il convient de construire des voies dites ascenseur pour monter ou descendre les trains entre les lignes.

Cet ouvrage spécifique nécessite des travaux importants pour créer une boite souterraine d'environ 800 mètres de long, et depuis la surface. Cette solution est donc particulièrement impactante en surface, pour les riverains ainsi qu'en termes de coût.



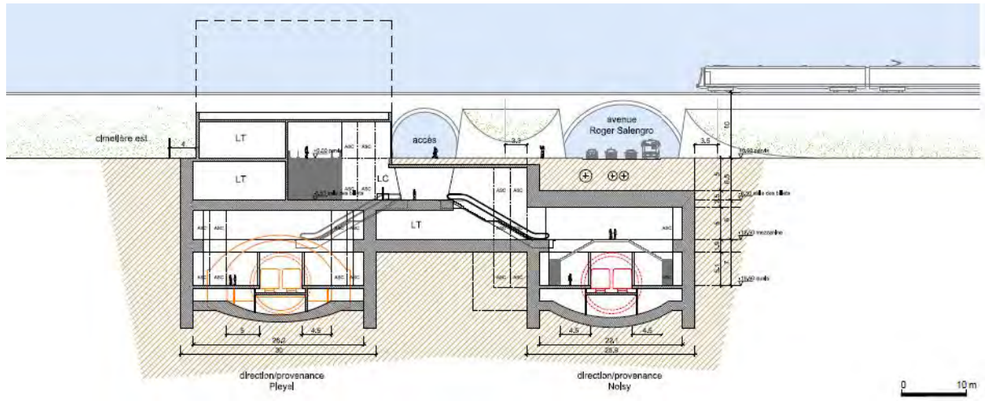
Localisation de la boite souterraine en solution voies superposées (encadré bleu)



Coupe de la gare en solution vois superposées

- Scénario 2 dénommé voies juxtaposées :

Cette option consiste à proposer une gare unique, où les voies de tronçons Est et Sud sont au même niveau vertical, éloignées du Nord au Sud de quelques dizaines de mètres. Ce scénario nécessite la construction d'un ouvrage préparatoire situé en grande partie sous la RD4 à hauteur du boulevard Aristide Briand et sous quelques emprises privées, à l'ouest de la gare et la réalisation du génie civil de la gare 15 Est en même temps que la gare de la Ligne 15 Sud.



Coupe de la gare en solution voies juxtaposées



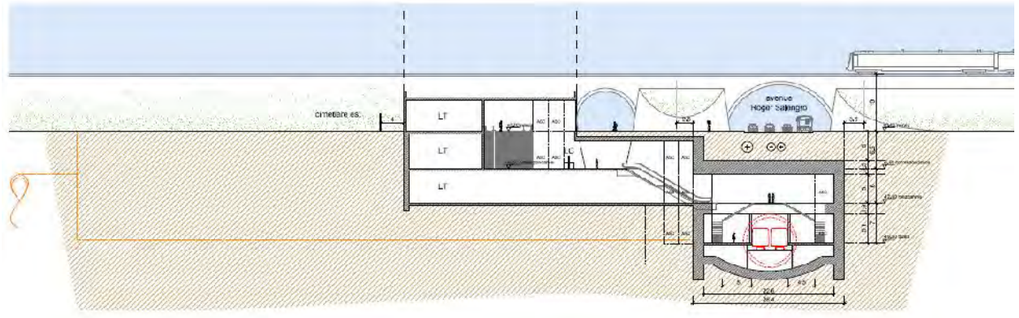
Gare de Champigny Centre

Ouvrages à réaliser lors des travaux de la ligne 15 Sud, pour préparer l'arrivée de la ligne 15 Est, situés :
- à l'intersection du Blvd Aristide Briand et de l'avenue Roger Salengro
- et au sud du cimetière

Cette solution nécessite la création d'ouvrages spécifiques d'entonnement pour assurer l'interopérabilité entre les deux lignes. Le site concerné par cet ouvrage d'entonnement permet la réalisation des travaux, et le contexte urbain est plutôt favorable au chantier.

- Scénario 3 dénommé quais orthogonaux avec voies de liaisons :

Cette option consiste à proposer des quais disposés de manière orthogonale. Des voies de liaison permettent le passage des trains du tronçon est au tronçon sud. Ces voies de liaison débouchent dans un ouvrage de raccordement à construire en mesure préparatoire, situé à l'est de la gare sous le rond-point du colonel Grancey.



Coupe de la gare en solution quais orthogonaux



Solution des quais orthogonaux

Cette solution nécessite la création d'un ouvrage d'entonnement, situé au niveau du Rond Point du Colonel Grancey présentant des contraintes urbaines fortes par rapport aux riverains, et à la circulation routière existante.

Pour limiter les emprises travaux nécessaires à l'interopérabilité et pour minimiser les impacts sur la vie locale, le scénario 2 des voies juxtaposées est retenu.

Le lecteur est invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de cette gare dans la rubrique 3.1 du présent document. Le lecteur est également invité à prendre connaissance de la présentation détaillée de l'ouvrage d'entonnement présenté dans la rubrique 3.4 du présent document « L'ouvrage de liaison avec la ligne 15 Est ».

4.5.15 Gare de Bry-Villiers-Champigny

Les adaptations de la gare de Bry-Villiers-Champigny ont porté sur le point suivant :

- L'optimisation de la correspondance entre la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express et les lignes ferroviaires existantes de Transilien et du RER E

Deux variantes ont été étudiées dans le cadre des études techniques d'Avant-Projet.

- Variante 1 : Correspondance aérienne :

La 1ère variante consiste à prévoir la remontée des usagers des quais de la Ligne 15 Sud situés en souterrain en surface, de prévoir une montée à un niveau +1 jusqu'à une passerelle piétonne pour permettre le franchissement des voies ferrées existantes, et d'aménager une descente jusqu'aux quais du Transilien et du RER E.

Cette option ne présente pas de contraintes techniques particulières. La correspondance pour les usagers n'est pas optimisée puisqu'elle nécessite une remontée puis une redescente.

Variante 2 : Correspondance en souterrain :

L'autre solution consiste à prévoir au niveau Mezzanine de la gare souterraine, un ouvrage souterrain qui passerait sous les voies ferrées existantes. Les usagers remonteraient alors directement au niveau des quais du RER E et du Transilien.



Schéma de la gare de Bry-Villiers-Champigny – identification de l'arrivée de la correspondance sur les quais du RER E et Transilien (en bleu)

Cette solution techniquement plus lourde et plus couteuse permet d'offrir aux usagers une correspondance optimisée, avec un temps de parcours plus court que pour la solution 1.

Afin d'offrir aux futurs usagers de la gare, une correspondance efficace en lien avec les objectifs du Grand Paris Express, et malgré les techniques plus complexes nécessaires, et le coût financier plus important, la solution d'une correspondance souterraine est retenue.

4.5.16 Gare de Noisy-Champs

Les adaptations de la gare de Bry-Villiers-Champigny ont porté sur le point suivant :

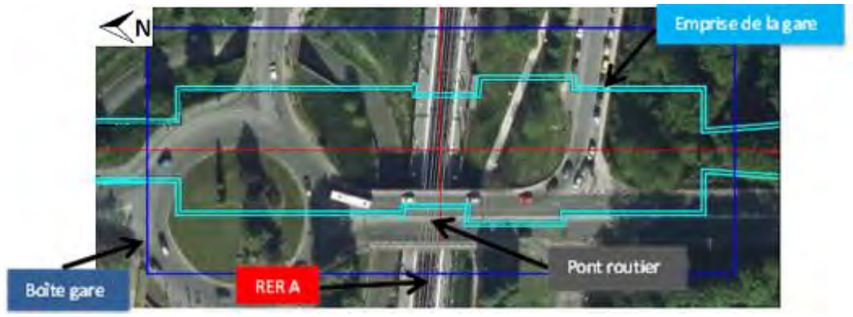
- La localisation de la gare de Noisy-Champs

Suite aux études techniques présentées dans le cadre du dossier de DUP, les études techniques d'Avant Projet ont porté sur une meilleure prise en compte du contexte urbain concerné par la gare, le maintien des circulations routières existantes, et les nuisances pour les riverains et les impacts sur l'exploitation du RER.

Dans cette démarche, 2 variantes ont été étudiées :

- Variante 1 : Implantation de la gare en partie sur le pont routier et le boulevard du Ru du Nesle

Cette option prévoit une implantation de la boite gare au niveau du boulevard urbain et du pont routier. Cette solution nécessite néanmoins la coupure de la circulation sur le boulevard et le pont routier. Des déviations sur les voiries limitrophes sont alors nécessaires. De plus, la démolition du pont est susceptible d'impacter l'exploitation du RER.

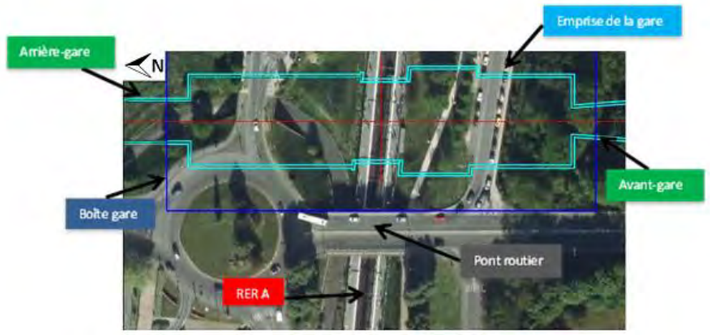


Implantation de la gare au niveau du boulevard et du pont routier

Cette variante techniquement faisable, entraine des nuisances sensibles pour les riverains et les usagers de la route.

- Variante 2 : Implantation de la gare uniquement au niveau des boisements présents

Cette solution prévoit un décalage vers l'Est de la boite gare. La construction de la gare ne nécessite pas la coupure de la circulation sur le pont routier et le boulevard du Ru du Nesle.



Implantation de la gare en dehors de l'emprise du pont routier et du boulevard

Pour les deux variantes, la réalisation du projet nécessite la coupe des arbres présents.

Cette seconde option est retenue. Elle permet en effet d'éviter la coupure de la circulation routière sur le pont et le boulevard, ce qui représente un avantage important pour les riverains.

Le bâtiment de la gare de Noisy-Champs permettra d'intégrer ces infrastructures. Un traitement architectural et paysager important est prévu pour cette gare.



Vue à titre indicatif du contexte urbain au droit de la gare de Noisy Champs
(Source : Société du Grand Paris)

4.6 Choix de localisation des sites de maintenance

Les sites de maintenance représentent des installations de type industriel d'envergure. Leur localisation nécessite la prise en compte de nombreux critères qui sont :

- Site à proximité de la 15 Sud, facile à raccorder à la ligne principale (raccordement pas trop long pour éviter les haut-le-pied/gagner en temps d'exploitation immobilisation du train)
- Possibilité de raccordement au réseau RFN pour le SMI
- Grandes surfaces difficiles à trouver dans des territoires urbanisés. Environ 5 ha pour un site de maintenance des infrastructures (SMI) et 8 ha pour un site de maintenance et de remisage des trains (SMR)
- Géométrie particulière : sites allongés
- Bon accès viaire et routier (il faut que nos sites soient accessibles par des convois exceptionnels donc que les routes à proximité le permettent)
- Foncier maîtrisable dans la temporalité du projet

Les sites de maintenance s'implantent dans des quartiers en reconversion, ils représentent des leviers d'un point de vue développement urbain par le traitement architectural qualitatif du projet mais aussi et surtout des leviers économiques par le nombre d'emplois créés dans des zones industrielles en désuétudes.

A ce stade d'avancement, les études techniques portent sur l'architecture des bâtiments, et les fonctionnalités industrielles à l'intérieur des sites de maintenance : localisation des ateliers, disposition des circulations des trains et du personnel, dimensionnement des locaux techniques et administratifs. Des perspectives paysagères sont présentées à titre indicatif dans la description détaillée des sites de maintenances du présent document.

Dans le cadre des études préliminaires du dossier de DUP (2013), plusieurs variantes d'implantation avaient été étudiées.

<u>S'agissant du SMI (extrait du dossier de DUP de la Ligne 15 Sud – 2013) :</u>

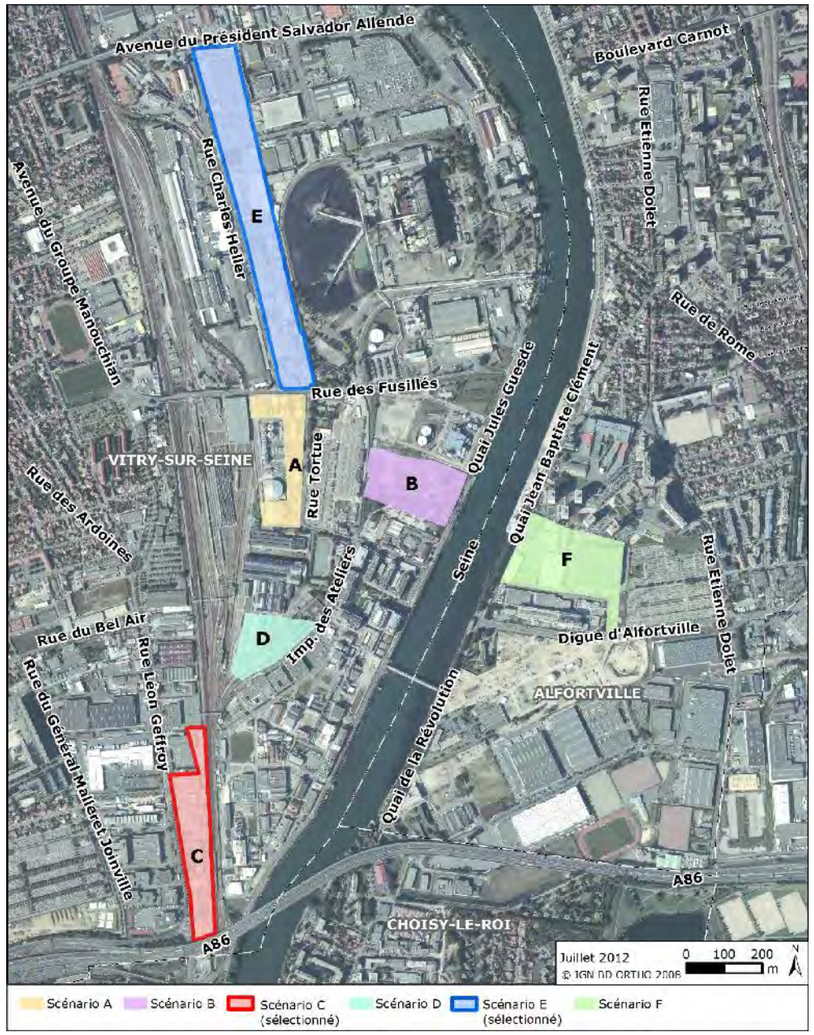
Les études de pré-faisabilité ont permis d'écarter quatre sites potentiels d'implantation du Site de Maintenance des Infrastructures : les sites A, B, D et F :

- Le site A est incompatible avec les contraintes liées au planning du projet. En effet, la libération des emprises des dépôts pétroliers ne peut se faire avant 2015. De plus, la libération des emprises doit être accompagnée d'une opération importante de dépollution du site. Enfin, la géométrie particulière des emprises contraint fortement l'organisation spatiale du SMI.

- Le site B nécessite d'une part une importante opération de dépollution du terrain. Il est d'autre part en interface avec l'implantation prévue pour la pile du futur franchissement de la Seine (projet porté par le Conseil départemental du Val-de-Marne) ainsi qu'avec l'un des puits d'entrée de tunnelier nécessaires à la réalisation du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs, contraignant de façon rédhibitoire l'insertion du SMI. Le site B est par ailleurs difficilement raccordable au tracé principal de la ligne Grand Paris Express ainsi qu'au Réseau Ferré National.

- Le site D nécessite une vaste restructuration des installations ferroviaires du site de maintenance du RER C. L'interface avec l'arrivée de la rampe de franchissement des voies ferrées du RER C s'avère incompatible avec l'aménagement d'une telle installation.

- Le site F est techniquement complexe, et son raccordement au tracé principal se révèle difficile à réaliser.



Rappel des variantes d'implantation du site du SMI de Vitry-sur-Seine (extrait DUP Ligne 15 Sud – 2013)

Les scénarios C et E ont nécessité une analyse multicritères :

Critère	Scénario C	Scénario E
Caractéristiques du terrain	• Superficie : 49000 m² • Configuration géométrique en longueur propice au projet du SMI • Configuration géotechnique et géologique satisfaisante • Pollution lourde • Altimétrie du site cohérente avec le projet	• Superficie : 38000 m² • Configuration longitudinale propice au projet du SMI • Configuration géotechnique et géologique satisfaisante • Pollution lourde • Altimétrie du terrain ne permettant pas d'insérer l'alignement plan nécessaire au projet
Contraintes / servitudes / risques	• Fort risque hydrologique • Présence de risques technologiques (ICPE, SEVESO) • Contraintes liées au projet de mise à six voies du RER C	• Fort risque hydrologique • Présence de risques technologiques (ICPE, SEVESO et canalisation hydrocarbure) • Servitudes RTE en limite de site
Accessibilité	• Bonne accessibilité viaire, proximité de l'autoroute A86 très favorable	• Bonne accessibilité viaire
Insertion urbaine	• Potentiel de création d'une façade urbaine, absorption des contraintes ferroviaires, signal depuis l'autoroute	-
Maîtrise du foncier	• Parcelles situées dans le périmètre de la ZAC des Ardoines • L'EPA ORSA, en tant qu'aménageur et bénéficiaire conventionnel d'une promesse de vente de la principale parcelle concernée, est favorable à cette implantation.	• Difficultés liées aux parcelles impactées, mutabilité difficile du périmètre présentant des activités économiques prospères
Raccordements aux réseaux ferrés	• Raccordement au réseau du Grand Paris présentant une longueur importante • Raccordement potentiel au Réseau ferré National	• Faisabilité technique du raccordement au réseau Grand Paris compromise

Très favorable	Favorable	Défavorable	Très défavorable

Le scénario C est privilégié par rapport au scénario E. Ce dernier rencontre en effet plusieurs contraintes techniques rédhibitoires pour le raccordement au réseau du Grand Paris. De plus, le site E est aujourd'hui occupé par des entreprises prospères, certaines venant de déposer un permis de construire. La mutabilité de ce site semble donc difficile. A l'inverse, le site C offre une configuration géométrique et une surface d'implantation confortables et cohérentes avec le projet du SMI.

S'agissant du SMR (extrait du dossier de DUP de la Ligne 15 Sud – 2013) :

Plusieurs scénarios de raccordement au SMR de Champigny ont fait l'objet d'une étude approfondie sur la base d'une analyse multicritère.

- Le scénario 1 propose un accès des rames de métro au SMR par le nord (en jaune).
- Le scénario 2 propose un accès des rames de métro au SMR par le sud, en provenance de Champigny (en bleu).
- Le scénario 3 propose un accès des rames de métro au SMR par le sud, en provenance de Noisy- Champs (en rouge).



Critère	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Insertion urbaine	• Tracé partiellement en viaduc (impact sur le paysage) • Rend plus complexe l'insertion de la gare Bry-Villiers-Champigny	• Tracé en souterrain • Impact sur le parc départemental du Plateau	• Tracé en souterrain
Insertion du SMR dans son environnement	• Impact sur parcelle au nord de l'emprise SMR par l'arrivée en viaduc • Pas de possibilité de reconstitution de la liaison routière est / ouest assurée aujourd'hui par la rue Alexandre Fourny • Accessibilité routière au SMR plus problématique	• Reconstitution possible de la liaison routière est / ouest assurée aujourd'hui par la rue Alexandre Fourny • Accessibilité routière au SMR satisfaisante	• Reconstitution possible de la liaison routière est / ouest assurée aujourd'hui par la rue Alexandre Fourny • Accessibilité routière au SMR satisfaisante
Valorisation urbaine du site	• Insertion partielle en viaduc, limitant le potentiel de valorisation urbaine du secteur et les possibilités de programmes complémentaires	• Scénario de raccordement sans impact sur les possibilités de programmes complémentaires	• Scénario de raccordement sans impact sur les possibilités de programmes complémentaires
Exploitation	• Longueur du raccordement : environ 1,5 km	• Longueur du raccordement : environ 3 km • Distance parcourue par les trains à vide (« haut-le-pied ») plus importante que pour scénarios 1 et 2	• Longueur du raccordement : environ 2,5 km • Coût de réalisation moins important que pour scénarios 1 et 2
Exploitabilité	• Injections et retraits des trains s'effectuant dans le sens opposé au sens privilégié par l'exploitation • Pente de 4% dans le raccordement, rendant plus difficile l'accès des trains avariés au SMR	• Injections et retraits des trains s'effectuant dans le sens opposé au sens privilégié par l'exploitation	• Injections et retraits des trains s'effectuant dans le sens privilégié par l'exploitation (vers / depuis Noisy-Champs)
Remisage	• Scénario avec le plus faible nombre de positions de remisage dans le tunnel de raccordement aux heures creuses	• Scénario avec le plus grand nombre de positions de remisage dans le tunnel de raccordement aux heures creuses	• Scénario avec un nombre de positions de remisage dans le tunnel de raccordement aux heures creuses intermédiaire entre le scénario 1 et le scénario 2

Le scénario 3 est retenu. En effet, il présente le meilleur compromis en termes d'insertion des infrastructures dans leur environnement, d'exploitation et de fonctionnalités. La position de la voie et l'insertion du SMR sont optimisées, les possibilités de remisage des trains aux heures creuses sont satisfaisantes, et l'insertion du raccordement n'a pas d'incidence sur les opportunités de programmes complémentaires dans le secteur.

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION
(CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

PIÈCE **B.3**

Étude d'impact de la ligne 15 Sud (rouge)

Analyse des impacts et présentation des mesures associées

Sommaire

1. Analyse des impacts et mesures associées pour la Ligne 15 Sud 9

1.1 Climatologie 11

1.1.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant la climatologie 11
1.1.2 Impacts et mesures en phase exploitation concernant la climatologie 11
1.1.3 Risques liés à la foudre 11
1.1.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la climatologie 12

1.2 Relief et topographie 13

1.2.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant le relief et la topographie 13
1.2.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le relief et la topographie 14
1.2.3 Synthèse des impacts et mesures associées concernant le relief et la topographie 14
1.2.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant le relief et la topographie 15

1.3 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation 16

1.3.1 Principes et stratégie retenus de prise en compte du risque inondation dans le projet en lit majeur 16
1.3.2 Conformité du projet aux Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI) 23
1.3.3 Mesures générales de limitation des impacts 29
1.3.4 Analyse détaillée par ouvrage ou groupe d'ouvrages 30
1.3.5 Moyens de surveillance et d'intervention 119
1.3.6 Prise en compte de la directive « inondation » 120
1.3.7 Compatibilité avec le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 125
1.3.8 Synthèse relative à la gestion du risque inondation 127

1.4 Eaux superficielles - Gestion des eaux pluviales 134

1.4.1 Ouvrages concernés et principes généraux 134
1.4.2 Moyens de surveillance et d'intervention 141
1.4.3 Clés de lecture des fiches descriptives 142
1.4.4 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les gares 143
1.4.5 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les sites de maintenance 180
1.4.6 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les ouvrages annexes 186
1.4.7 Synthèse sur la gestion des eaux pluviales 200

1.5 Géologie et risques associés 203

1.5.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques géologiques 203
1.5.2 Impacts du projet associés à la présence d'anciennes carrières 226
1.5.3 Impacts du projet liés à la présence de gypse 249
1.5.4 Impacts du projet liés au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface . 252
1.5.5 Impacts du projet liés à la présence d'argile dans le sous-sol 254
1.5.6 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la géologie 255

1.6 Hydrogéologie 259

1.6.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques hydrogéologiques 259
1.6.2 Impacts du projet en phase travaux sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques) 287
1.6.3 Impacts en phase d'exploitation sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques) 336
1.6.4 Impacts liés au rejet des eaux souterraines en phase travaux et exploitation en mesures d'accompagnement 340
1.6.5 Impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation (« effet barrage ») et mesures d'accompagnement 354
1.6.6 Impact de la construction et de l'exploitation du projet sur la qualité des eaux souterraines - mise en communication de nappes 385
1.6.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'hydrogéologie 388
1.6.8 Couts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'hydrogéologie en phase travaux et exploitation 392

1.7 Occupation du sous-sol 393

1.7.1 Impacts directs et mesures en phase chantier concernant l'occupation du sous-sol . 393
1.7.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'occupation du sous-sol 411
1.7.3 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'occupation du sous-sol 412
1.7.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement relatives à l'occupation du sous-sol 417

1.8 Gestion des terres et des milieux pollués 418

1.8.1 Gestion des déblais 418
1.8.2 Risques pyrotechniques 433
1.8.3 Pollution du milieu souterrain 433
1.8.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la gestion des terres et milieux pollués 453

1.9 Vibrations 455

1.9.1 Plan de management des bruits et vibrations en phase exploitation 455
1.9.2 La réglementation et les valeurs cibles 455

1.9.3 La nature des risques d'impact vibratoire du projet 457
1.9.4 Analyse des vibrations liées au projet 459
1.9.5 Modélisations détaillées et résultats....465
1.9.6 Mesures d'accompagnement en phase chantier....478
1.9.7 Mesures d'accompagnement en phase exploitation....478
1.9.8 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux vibrations....479
1.10 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques 482
1.10.1 Généralités sur les impacts et démarche ERC....482
1.10.2 Secteurs d'aménagement ne présentant pas d'impact sur la faune, la flore et les continuités écologiques....485
1.10.3 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques limités....487
1.10.4 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques significatifs....502
1.10.5 Impacts résiduels du projet sur les milieux naturels et mesures de compensation ...525
1.10.6 Mesures de suivi concernant le milieu naturel....533
1.10.1 Synthèse des impacts et mesures associées relative au milieu naturel....534
1.10.2 Coûts liés aux mesures d'accompagnement....540
1.11 Boisements au sens du Code forestier 543
1.11.1 Méthodologie d'évaluation des niveaux d'impact....543
1.11.2 Synthèse des surfaces de boisements défrichées....543
1.11.3 Impacts et mesures d'évitement et de réduction à l'échelle du fuseau d'étude 543
1.11.4 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du Fort de Vanves....546
1.11.5 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Bry-Villiers-Champigny....546
1.11.6 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du SMR de Champigny....547
1.11.7 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Noisy-Champs....548
1.11.8 Mesures de compensation concernant les boisements....549
1.11.9 Coûts liés aux mesures d'accompagnement....549
1.11.10 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux boisements....550
1.12 Natura 2000....552
1.12.1 Présentation du site Natura 2000 le plus proche....552
1.12.2 Les entités de la ZPS à proximité du fuseau d'étude....552
1.12.3 Incidences du projet en phase chantier....553
1.12.4 Incidences du projet en phase exploitation....553
1.12.5 Mesure de suivi....553
1.12.6 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux sites Natura 2000....553
1.13 Zones humides....554
1.13.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de zones humides....554
1.13.2 Impacts et mesures sur les zones humides en phase chantier....554
1.13.3 Mesures d'accompagnement sur les zones humides....563
1.13.4 Impacts et mesures sur les zones humides en phase exploitation....563
1.13.5 Conclusion relative aux impacts sur les zones humides....564
1.13.6 Mesures de compensation « Zones Humides »....566
1.13.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux zones humides....573
1.13.8 Coûts liés aux mesures....574
1.14 Frayères....576
1.14.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de frayères....576
1.14.2 Impacts et mesures sur les frayères en phase travaux....576
1.14.3 Impacts et mesures sur les frayères en phase exploitation....592
1.14.4 Mesures d'accompagnement sur les frayères....593
1.14.5 Conclusion relative aux impacts sur la faune piscicole et les frayères....593
1.14.6 Mesures de compensation relatives aux frayères....595
1.14.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la faune piscicole et aux frayères....612
1.15 Services écosystémiques....613
1.15.1 Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude....613
1.15.2 Impacts et mesures en phase chantier et exploitation concernant les services écosystémiques....620
1.15.3 Coûts liés aux mesures correctives....624
1.15.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux services écosystémiques....624
1.16 Agriculture et pédologie....626
1.16.1 Impacts et mesures concernant le milieu agricole....626
1.16.2 Impacts et mesures sur les sols - Pédologie....626
1.16.3 Coûts liés aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation....626
1.16.4 Synthèse du volet agriculture et pédologie....626
1.17 Paysage, Patrimoine architectural et archéologie....627
1.17.1 Impacts et mesures sur Patrimoine protégé....627
1.17.2 Impacts et mesures sur le paysage....636
1.17.2.21 Impacts des ouvrages annexes....655

1.17.3 Patrimoine archéologique 657
1.17.3.2 Impacts et mesures en phase 657
1.17.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative au paysage, au patrimoine culturel et à l'archéologie 659
1.18 Population, emploi et occupation du sol 660
1.18.1 Impacts et mesures en phase chantier 660
1.18.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation 661
1.18.3 Synthèse des impacts à l'échelle du projet 671
1.19 Urbanisme réglementaire 675
1.20 Risques Technologiques.....675
1.20.1 Rappel des enjeux 675
1.20.2 Impacts et mesures en phase chantier 676
1.20.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les risques technologiques .680
1.20.4 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques 683
1.20.5 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques ..684
1.21 Mobilité.....685
1.21.1 Impacts et mesures en phase chantier 685
1.21.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation 687
1.21.3 Impacts et mesures à proximité des gares et des ouvrages annexes.....694
1.21.4 Synthèse des impacts et mesures associées liée à la mobilité 720
1.22 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre 722
1.22.1 Energie 722
1.22.2 Energies renouvelables 726
1.22.3 Emissions de gaz à effets de serre.....743
1.22.4 Synthèse des impacts et associée relative à la consommation énergétique et aux émissions de gaz à effets de serre 750
1.23 Environnement sonore.....751
1.23.1 Impacts et mesures générales en phase chantier 751
1.23.2 Creusement du tunnel au tunnelier.....753
1.23.3 Ouvrages spécifiques réalisés en méthode traditionnelle 753
1.23.4 Fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers 755
1.23.5 Conclusion sur les impacts sonores en phase chantier.....761
1.23.6 Impacts et mesures générales en phase exploitation 761
1.23.7 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages annexes.....764
1.23.8 Impacts et mesures liés à l'exploitation des sites de maintenance 765
1.23.9 Conclusion sur les impacts sonores en phase exploitation 765
1.23.10 Méthodologie d'évaluation des impacts spécifiques et définition des objectifs de niveaux sonores..... 766
1.23.11 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des gares et des sites de maintenance .. 768
1.23.12 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des ouvrages annexes..... 788
1.23.13 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'environnement sonore..... 789
1.24 Ondes électromagnétiques 802
1.24.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant les ondes électromagnétiques ... 802
1.24.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les ondes électromagnétiques 803
1.24.3 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques 809
1.25 Santé et sécurité.....810
1.25.1 Qualité de l'air 810
1.25.2 Environnement sonore 819
1.25.3 Sécurité routière 819
1.25.4 Synthèse des impacts et mesures liée à la santé et la sécurité 820
2. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus ..823
2.1 Projets connexes aux gares de la Ligne 15 Sud 825
2.1.1 Impacts cumulés potentiels 825
2.1.2 Impacts paysagers 825
2.1.3 Impacts sur le sous sol..... 825
2.1.4 Impacts sur le milieu humain 826
2.2 Autres projets retenus pour l'analyse des impacts cumulés 826
2.2.1 Liste des projets retenus 826
2.2.2 Les Contrats de Développement Territorial (CDT) 827
2.2.3 Les projets du secteur de la gare de Pont de Sèvres 832
2.2.4 Les projets du secteur de la gare d'Issy RER 835
2.2.5 Les projets du secteur de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart 835
2.2.6 Les projets du secteur de la gare de Bagneux 836
2.2.7 Les projets du secteur de la gare de Villejuif IGR 838
2.2.8 Les projets du secteur de la gare de Villejuif Louis Aragon 839
2.2.9 Les projets du secteur de la gare des Ardoines..... 839
2.2.10 Les projets du secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny 841

2.2.11 Les projets du secteur de la gare de Noisy-Champs 842
2.2.12 Les autres lignes du Grand Paris Express 842
2.3 Appréciation des principaux impacts cumulés 843
2.3.1 Impacts des projets connexes en phase chantier 843
2.3.2 Impacts des projets connexes en phase exploitation 847

3. Analyse des impacts à l'échelle du Grand Paris Express 851
3.1 Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express 853
3.2 Évaluation pour chaque thématique environnementale 854
3.2.1 Climatologie 854
3.2.2 Relief – Topographie 854
3.2.3 Géologie 854
3.2.4 L'eau superficielle et souterraine 855
3.2.5 La gestion des déblais 857
3.2.6 La gestion des terres polluées 857
3.2.7 Occupation du sous-sol 858
3.2.8 Vibrations 858
3.2.9 Le patrimoine naturel 859
3.2.10 L'archéologie 862
3.2.11 Le paysage et le patrimoine culturel 862
3.2.12 Risques technologiques 863
3.2.13 Ondes électromagnétiques 863
3.2.14 Population et emplois et étalement urbain 864
3.2.15 La mobilité francilienne 865
3.2.16 Les nuisances sonores 866
3.2.17 Les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre 867
3.2.18 La qualité de l'air et la santé 869

4. Synthèse des impacts et des mesures associées 871
4.1 Synthèse des impacts et mesures en réponse aux enjeux localisés 873
4.2 Plan de Management Environnemental 881
4.3 Bilan environnemental 882

5. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols 883
5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau 885
5.1.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 885
5.1.2 Compatibilité avec les SAGE 889
5.2 Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets 890
5.2.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC 890
5.2.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP 890
5.3 Compatibilité du projet avec le SRCE 891
5.3.1 Notion d'opposabilité du SRCE 891
5.3.2 Les composantes de la Trame verte et bleue régionale 891
5.3.3 Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France 891
5.4 Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace 892
5.4.1 Opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis – Seine Amont 892
5.4.2 Opération d'Intérêt National (OIN) Val Maubuée 894
5.4.3 Contrat de Développement Territorial (CDT) 894
5.4.4 Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF) 895
5.4.5 Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD) 895
5.5 Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS/PLU) 896
5.6 Compatibilité avec les périmètres de protection de captage d'eau potable 896
5.7 Compatibilité du projet avec le PDUIF 897

6. Analyse des coûts collectifs induits par le projet 899
6.1 Introduction 901
6.2 Coûts de la pollution atmosphérique 901
6.2.1 Méthodologie 901
6.2.2 Calcul des coûts 901
6.3 Coûts des accidents de la route 901
6.3.1 Méthodologie 901
6.3.2 Calcul des coûts 902
6.4 Coûts des émissions de gaz à effet de serre 902

6.4.1 Méthodologie 902
6.4.2 Calcul des coûts 903
6.5 Coûts des nuisances sonores 903
6.5.1 Méthodologie 903
6.5.2 Calcul des coûts 904
6.6 Coûts de périurbanisation éludables 904
6.6.1 Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle 904
6.6.2 Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle 905
6.6.3 Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD 906
6.7 Synthèse des coûts collectifs 906

7. Analyse des méthodes et difficultés rencontrées 907
7.1 Préambule 909
7.2 Méthodes et limites de l'analyse du milieu physique – climat, topographie, eaux superficielles et pédologie 909
7.2.1 Climat 909
7.2.2 Topographie 909
7.2.3 Eaux superficielles 909
7.2.4 Pédologie 909
7.3 Méthodes et limites de l'analyse de la géologie et de l'hydrogéologie .910
7.3.1 Géologie 910
7.3.2 Hydrogéologie 910
7.3.3 Occupation du sous-sol et risques naturels et technologiques 911
7.4 Milieux naturel, faune et flore 913
7.4.1 Niveaux d'enjeux appliqués pour les expertises naturalistes 913
7.4.2 Statuts réglementaires et statuts de rareté/menace des espèces et habitats et définitions 914
7.4.3 Prospections flore / habitat naturel 915
7.4.4 Caractérisation des boisements 915
7.4.5 Inventaire insectes 916
7.4.6 Inventaire avifaune 917
7.4.7 Inventaire amphibiens 918
7.4.8 Inventaire reptiles 919
7.4.9 Inventaire chiroptères 920
7.4.10 Inventaire mammifères 921
7.4.11 Inventaire piscicole et expertise des berges 922
7.4.12 Méthodologie appliquée aux services écosystémiques et limites 923
7.4.13 Limites liées à la méthode de travail 929
7.5 Population, emploi et occupation du sol 930
7.5.1 Méthodologie 930
7.5.2 Limites 930
7.6 Mobilité 931
7.6.1 Méthodologie 931
7.6.2 Limites 933
7.7 Energie et gaz à effet de serre 934
7.7.1 Rappel méthodologique 934
7.7.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées 934
7.8 Bruit et Vibrations 934
7.9 Santé 935
7.9.1 Rappel méthodologique 935
7.9.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées 935

1. Analyse des impacts et mesures associées pour la Ligne 15 Sud

1.1 Climatologie

Dans ce chapitre, seuls sont pris en compte les impacts induits par le projet sur les aspects météorologiques.

Les impacts induits sur les changements climatiques et les gaz à effets de serre sont abordés dans des parties spécifiques de l'étude d'impact.

1.1.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant la climatologie

1.1.1.1 Impacts directs et indirects

Le projet n'a pas d'impact direct sur l'évolution des précipitations et des températures. En effet, il ne contribue pas de manière directe et perceptible à la production de vapeur d'eau atmosphérique et ne produit pas de chaleur ou de froid en quantité permettant de faire varier de façon perceptible les températures extérieures.

1.1.1.2 Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire.

1.1.2 Impacts et mesures en phase exploitation concernant la climatologie

1.1.2.1 Impacts directs et indirects

Les impacts se définissent par rapport aux grandeurs mesurées par les stations météorologiques et rappelées ci-dessus.

Dans le cas présent, l'impact consisterait en une variation, à la hausse ou à la baisse de ces valeurs. Or, il est très difficile de relier un impact quel qu'il soit du projet sur ces grandeurs.

Les émergences de grande taille, en particulier certaines gares, seront susceptibles de modifier localement la circulation des vents sur une hauteur dépendant de celle de l'émergence.

L'impact restera localisé autour de l'émergence et dépendra intégralement de la configuration du bâti autour de l'émergence :

- Si le bâti est dense, l'impact sera réduit en superficie par les bâtiments riverains,
- Si le bâti n'est pas dense, l'impact sera d'autant plus étendu que la hauteur de l'émergence est grande.

Ces modifications seront très locales et donc non significatives à l'échelle du territoire sur lequel s'implante le projet.

1.1.2.2 Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'accompagnement n'est nécessaire.

1.1.3 Risques liés à la foudre

Le risque de foudre, traduit par le niveau Kéraunique est très faible, dans la zone couverte par le projet. Il n'est cependant pas nul.

1.1.3.1 Ouvrages potentiellement foudroyables

Le projet étant essentiellement souterrain, les risques de foudroiement sont limités aux émergences, c'est-à-dire aux gares, aux ouvrages annexes et aux sites de maintenance.

Les sites de maintenance (SMR Champigny et SMI Vitry) sont les sites les plus susceptibles d'être foudroyés car la surface de bâtiments y est importante et ils présentent des installations électriques en partie aériennes.

La probabilité de foudroiement des ouvrages annexes est quasiment nulle car l'émergence de ce type d'ouvrage est au ras du sol, et très souvent entourée de constructions.

En ce qui concerne les gares, la probabilité de foudroiement est également très faible car l'émergence de la gare est limitée ou très proche d'immeubles nettement plus hauts qu'elle.

Seule la gare de Villejuif IGR, qui présente une émergence significative et de hauteur comparable au voisinage proche (voir la description de la gare), et qui est située sur une butte (au point culminant de la topographie du fuseau étudié), présente un risque plus important, très limité cependant.

En phase chantier, les risques sont plus importants car des engins à flèche de grande taille (grues, pelles mécaniques) et des installations de stockage sont présents sur chaque emprise de chantier.

1.1.3.2 Conséquences d'un foudroiement

La principale atteinte à la sécurité des biens et des personnes résulte des disfonctionnements du réseau électriques et de ses conséquences.

Les disfonctionnements du réseau électrique se traduisent d'abord par l'arrêt du réseau, donc l'arrêt de tous les appareils électriques qui y sont connectés. Selon la section du réseau concernée, cet arrêt est susceptible d'engendrer celui des rames de métro et/ou celui d'appareils de sécurité comme les ventilateurs.

Dans certaines circonstances, l'arrêt du réseau résulte de dégâts portant atteinte au réseau lui-même : fonte de câble, endommagement d'appareils de régulation.

Dans certaines circonstances exceptionnelles, ces disfonctionnements peuvent engendrer des incendies par hausse très forte et localisée de température.

Dans la très grande majorité des cas, l'arrêt du réseau est la seule conséquence, un redémarrage étant possible moyennant une inspection.

Les personnes ne peuvent être foudroyées dans les installations du Grand Paris Express. En effet, à partir du moment où elles entrent dans une gare, elles sont protégées de la foudre.

La sécurité des personnes peut être atteinte indirectement :

- Par l'incendie résultant d'une surtension issue d'un foudroiement ;

- Par des disfonctionnements électriques engendrant des courts circuits ou des arcs électriques atteignant les personnes.

En phase chantier, les conséquences concernent principalement le fonctionnement des engins de chantiers et les personnes qui assurent leur fonctionnement.

1.1.3.3 Mesures de protection contre la foudre

Les mesures de protection contre la foudre sont classiques et systématiquement mises en œuvre :

- **Mise en œuvre de paratonnerre et/ou parafoudre sur les émergences** : la gare de Villejuif IGR et les sites de maintenance sont concernés par ce type de mesure. Ces installations sont prévues pour recevoir la foudre et en canaliser les conséquences. Elles sont systématiquement intégrées au projet.

- **Mise en œuvre de protections contre les surtensions dans le réseau électrique** : ces protections, **systématiquement mises en œuvre et de type disjoncteur**, sont réparties sur le réseau de manière à isoler des compartiments de réseau des effets néfastes des surtensions.

En phase chantier, les engins présentant une flèche de grande hauteur comme les grues, sont équipés de dispositifs parafoudre.

1.1.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la climatologie

Les parties prévues en aérien (émergences des gares, des ouvrages annexes, SMR Champigny) seront susceptibles de modifier très localement la direction et la vitesse des vents.

Ces modifications seront trop locales et trop peu impactantes pour se montrer significatives à l'échelle du territoire sur lequel s'implante la Ligne 15 Sud.

Les mesures de protection contre la foudre sont intégrées au projet pour les ouvrages et engins de chantier qui le nécessitent.

1.2 Relief et topographie

1.2.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant le relief et la topographie

1.2.1.1 Prise en compte des pentes

Les pentes maximales observées sur le profil en long du tracé de référence seront localisées :

- Entre les gares de Issy RER et Fort d'Issy/Vanves/Clamart ;
- Entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR ;
- Entre les gares de Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre ;
- Entre les gares de Champigny-sur-Marne et Bry-Villiers-Champigny.

Les pentes maximales du terrain naturel sont de l'ordre de 15% sur des linéaires réduits. À noter que les pentes entraînent une nécessaire adaptation du profil en long du tunnel.

L'impact est faible.

L'impact sera le plus fort pour les bases chantier situées dans les zones en forte pente citées ci-dessus. La création des bases chantier pourra alors nécessiter un terrassement local destiné à aplanir le terrain pour que ces dernières y soient fonctionnelles. L'ampleur de cet impact sera directement liée à l'organisation des bases chantier qui reste inconnue à ce jour.

Les modifications resteront cependant confinées à l'emprise de la base chantier, donc vraisemblablement faibles à nuls à l'échelle du projet.

1.2.1.2 Variation du relief engendrée par le stockage de déblais sur les bases chantier

L'impact du chantier sur la topographie, et plus généralement sur le relief, est défini comme une variation du relief, donc une modification des courbes de niveau. Ce type d'impact est donc analysé à la surface du sol, et concerne les sections en aérien et les émergences : gares et ouvrages annexes et puits tunneliers.

Il n'y aura pas de section en aérien réalisée sur le linéaire de la Ligne 15 Sud.

Pour les émergences, la taille de ces dernières reste le principal critère d'analyse : une gare occupe une surface au sol de plusieurs milliers de mètres-carrés alors qu'un ouvrage annexe ne nécessite que quelques centaines de mètres-carrés.

Globalement, **l'impact du chantier sur la topographie restera faible**, car la quasi-totalité de la Ligne 15 Sud est souterraine et sera construite au tunnelier. En effet, sur le linéaire de la Ligne 15 Sud, seules deux parties sont réalisées en tranchée couverte. Il s'agit de l'arrière gare au nord et au sud de Noisy-Champs et d'une section à l'arrivée du SMI de Vitry-sur-Seine.

L'impact direct sera ainsi principalement ressenti au niveau des puits d'attaque tunnelier et des bases chantier d'où seront extraits et temporairement stockés les déblais.

Concernant la gestion des déblais des tunneliers, les installations de chantier (puits d'attaque tunnelier) sont situées au niveau de l'Ile de Monsieur, de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, de l'OA Parc Robespierre, de la gare de Villejuif Louis Aragon, de l'OA Friche Arrighi, de la gare de Bry-Villiers-Champigny, de la gare de Noisy-Champs.

Pour ces 8 sites, les déblais seront évacués suivant un ou plusieurs modes de transports. Cependant, les écarts entre la production et l'évacuation des déblais seront absorbés par des stocks tampons, qui permettent d'entreposer les terrains excavés avant leur évacuation. Un stock tampon pouvant accueillir environ un jour de production de déblais, à cadence maximale, est prévu.

Il y aura donc un volume de terres, potentiellement significatif, à stocker durant les travaux. Ce stockage engendrera donc très localement des modifications du relief dont l'ampleur dépend de la zone de stockage.

L'impact dépend directement des choix du maître d'ouvrage dans la gestion des flux de déblais. Il sera modéré localement au niveau des bases chantier et faible à négligeable à l'échelle de l'ensemble du projet.

1.2.1.3 Variation du relief engendrée par le stockage de déblais hors bases chantier

La construction de l'infrastructure et de tous les ouvrages conduira à produire plus de 5.4 millions de m^3 de déblais pour la Ligne 15 Sud.

La gestion de ces déblais fait l'objet d'études particulières. Cependant, l'essentiel de ces derniers servira à combler des carrières en fin d'exploitation et à créer des remblais.

Le fait de combler des cavités (carrières) ou de stocker ces déblais en buttes modifiera significativement la topographie des zones concernées.

L'impact indirect du chantier sera donc localement fort sur les zones recevant les déblais de ces derniers.

1.2.1.4 Mesures d'accompagnement

a. Mesures d'évitement

Profil en long compatible aux pentes

Dans sa conception, le projet est adapté aux pentes fortes des secteurs d'Issy RER à Fort d'Issy/Vanves/Clamart, Arcueil-Cachan - Villejuif IGR, et Villejuif Louis Aragon - Vitry Centre.

La mise en œuvre de l'infrastructure se fera donc sans modification préalable des pentes dans ce secteur.

b. Mesures de réduction

Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage

La limitation de la profondeur de l'infrastructure a permis d'éviter la gestion de volumes de déblais supplémentaires à stocker, et ainsi une perception modifiée des reliefs où ces déblais seront temporairement stockés.

C'est dans ce sens que les études d'Avant-Projet ont été menées par la Société du Grand Paris. Elles ont tendu à rapprocher le profil en long du tunnel au plus près du TN, tout en considérant l'occupation du sous-sol (réseaux, infrastructure, fondations de bâtis).

Ainsi, les ouvrages émergents (gares, OA) ont été insérés en limitant leur profondeur (réduction de déblais associés).

Mise en place de palissades masquant la perception du site

Un aménagement qualitatif des bases chantier et des aires de stockage sera recherché, afin de réduire la perception visuelle liée aux stocks.

c. Effets résiduels

Le rapprochement au plus près du TN de l'infrastructure réduit les volumes de déblais. Ces derniers nécessitent néanmoins d'être gérés.

d. Mesures de compensation aux effets résiduels

En raison du caractère temporaire de l'impact, il est difficile de compenser visuellement ce dernier.

Organisation de la gestion des déblais

La gestion des déblais fait l'objet d'études spécifiques précisant les lieux potentiels d'entreposage, les moyens de transport et l'organisation de la gestion des déblais.

Pour la gestion anticipée des déblais produits par l'ensemble du Grand Paris Express, le maître d'ouvrage a réalisé un Schéma Directeur d'Évacuation des Déblais (SDED) annexé à l'étude d'impact.

En accord avec ce dernier, la Société du Grand Paris contribuera à faciliter l'ouverture d'installations spécialisées de type Installations de Stockage de Déchets Inertes ou Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux.

e. Mesures de suivi dans le temps

Suivi des actions de gestions des terres en conformité du SDED

La principale mesure de suivi dans le temps consistera à analyser la correspondance des actions de gestion des terres avec les documents références produits par la Société du Grand Paris (SDED général à l'échelle du Grand Paris, SDED à l'échelle de la Ligne 15 Ouest).

1.2.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant le relief et la topographie

1.2.2.1 Impacts directs et indirects

Le projet n'a pas d'impact direct/indirect permanent sur la topographie. En effet, le projet dans son état d'exploitation est souterrain et ne prévoit pas de remblais ou de déblais permanents.

1.2.2.2 Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'accompagnement n'est à prévoir en phase exploitation.

1.2.3 Synthèse des impacts et mesures associées concernant le relief et la topographie

Sections	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau d'impact	Mesures associées
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pentes fortes dépassant localement 15% notamment entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR	*Impact direct* Adaptation du tunnel et de la méthode constructive	*Évitement* Profil en long compatible aux pentes *Réduction* Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage Mise en place de palissades masquant la perception du site *Suivi* Suivi des actions de gestions des terres en conformité du SDED *Impacts résiduels* 6,1 millions de m^3 de déblais à gérer (voir impacts du projet sur l'environnement concernant les déblais) Modification significative de la topographie des zones de stockage permanent utilisées, par le comblement des cavités (carrières) ou le stockage des déblais en buttes
Issy RER à Arcueil-Cachan			
Arcueil-Cachan à Vitry Centre			
Vitry Centre à Champigny Centre	Pas d'enjeu sur cette section	Pas d'impact sur cette section	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5%	*Impact direct* Adaptation du tunnel et de la méthode constructive	

1.2.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant le relief et la topographie

1.2.4.1 Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure
Profil en long compatible aux pentes	Non quantifiable, réflexion issue des études de conception
Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage	Non quantifiable, réflexion issue des études de conception
Organisation de la gestion des déblais	Coût lié à la mise en œuvre des documents référents (SDED notamment)
Mise en place de palissades masquant la perception du site	Environ 100€ par m²

1.2.4.2 Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Aucune mesure n'est prévue en phase exploitation.

1.3 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation

1.3.1 Principes et stratégie retenus de prise en compte du risque inondation dans le projet en lit majeur

1.3.1.1 Nature des impacts attendu

L'impact hydraulique des remblais ou de bâtiments rendus étanches peut résulter :

- d'une **modification des conditions d'écoulement** (réduction des sections mouillées, obstacle à l'écoulement …), qui provoque une modification de la ligne d'eau et des vitesses d'écoulement au droit et aux abords immédiats du site. Ces impacts sont souvent plus sensibles en lit mineur qu'en lit majeur ;

- d'une **réduction de la capacité d'expansion des crues atteignant le site considéré,** provoquant une augmentation du débit de pointe en aval. Cette augmentation impacte le cours d'eau sur tout son parcours en aval du projet, même si cette augmentation s'atténue lentement avec la propagation de la crue.

1.3.1.2 Recensement des ouvrages concernés

Le tableau ci-dessous présente le nombre d'ouvrages concernés en cas de crue centennale par secteur hydraulique en distinguant les gares, les ouvrages annexes et le site de maintenance des infrastructures (SMI).

Secteur hydraulique	Cours d'eau concerné	Gare(s)	Ouvrage(s) annexe(s)	SMI
Boucle de Boulogne-Billancourt	Seine	1	3	0
Vitry-sur-Seine/Alfortville	Seine	3	5	1
Boucle de Saint-Maur-des-Fossés	Marne	0	2	0
TOTAL	**-**	**4 (16*)**	**10 (38*)**	**1 (1*)**

** Nombre total d'ouvrages du même type dans le projet de Ligne 15 Sud.*

Le secteur hydraulique Arcueil-Cachan dans le département du Val-de-Marne n'est pas concerné par le risque inondation par débordement de cours d'eau, car la Bièvre est busée au droit du fuseau d'étude. En revanche, des inondations par débordement du réseau d'assainissement (dans lequel la Bièvre canalisée est intégrée) sont possibles.

La part des ouvrages concernés en cas de crue centennale représente 25% du nombre total de gares et d'ouvrages.

Le tableau de synthèse des aléas page suivante détaille l'ensemble des ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes, site de maintenance des infrastructures) concernés par les inondations en précisant leur seuil d'inondation au sens de la Directive inondation :

1. crue fréquente : crue de janvier 1982 (période de retour 10 ans) ;
2. crue moyenne : crue de janvier 1910 (période de retour 100 ans) ;
3. crue extrême : pas d'évènement historique connu, crue de projet dit R1.4 (période de retour 1 000 ans).

Tableau de synthèse des aléas

Ordre	Ouvrage	Intervention en lit mineur	INONDABILITE DES OUVRAGES (phases **chantier /exploitation**)					
			10 ans		100 ans		1000 ans	
			Crue fréquente phase **chantier**	**Crue fréquente** phase **exploitation**	**Crue moyenne** phase **chantier**	**Crue moyenne** phase **exploitation**	**Crue extrême** phase **chantier**	**Crue extrême** phase **exploitation**
1	OA Ile de Monsieur	O	O	O	O	O	O	O
2	Gare du Pont de Sèvres	O	N	N	O	O	O	O
3	OA ZAC SAEM	N	N	N	O	O	O	O
4	OA Place de la résistance	O	N	N	O	O	O	O
5	Gare d'Issy RER	N	N	N	N	N	O	O
6	OA Centre technique municipal	N	N	N	O	O	O	O
7	Gare des Ardoines	N	N	N	O	O	O	O
8	OA Rue Gabriel Péri	N	N	N	O	O	O	O
9	SMI de Vitry-sur-Seine	N	N	N	O	O	O	O
10	OA Friche Arrighi	O	N	N	O	O	O	O
11	OA Rue de Rome	N	N	N	O	O	O	O
12	Gare de Vert de Maisons	N	N	N	O	O	O	O
13	OA Université de Créteil	N	N	N	O	O	O	O
14	Gare de Créteil L'Echat	N	N	N	O	O	O	O
15	OA Stade F. Desmond	N	N	N	N	N	N	N
16	OA Avenue Ceinture	N	N	N	N	N	N	N
17	OA Rue du Port Créteil	N	O	N	O	O	O	O
18	Gare de Saint-Maur Créteil	N	N	N	N	N	O	O
19	OA impasse Abbaye	N	N	N	O	O	O	O
20	Gare de Champigny Centre	N	N	N	N	N	O	O

Légende :

Interventions en lit mineur - Inondabilité des ouvrages : oui (O) / non (N) | OA : Ouvrage Annexe

1 à 5 : secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt (Seine aval) / 6 à 15 : secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville (Seine amont) / 16 à 20 : secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés (Marne)

1.3.1.3 Stratégie retenue pour le projet concernant les ouvrages et remblais en lit majeur

Conformément aux règlements des PPRI, au SDAGE et aux réflexions en cours dans le cadre du TRI de l'agglomération francilienne, la stratégie de prise en compte du risque inondation par débordement de la Seine et de la Marne dans le projet s'axe autour de deux objectifs principaux :

1. Objectif n°1 : protéger les biens et les personnes au droit du projet ;
2. Objectif n°2 : ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet.

a. *Objectif n°1 : protéger les biens et les personnes au droit du projet*

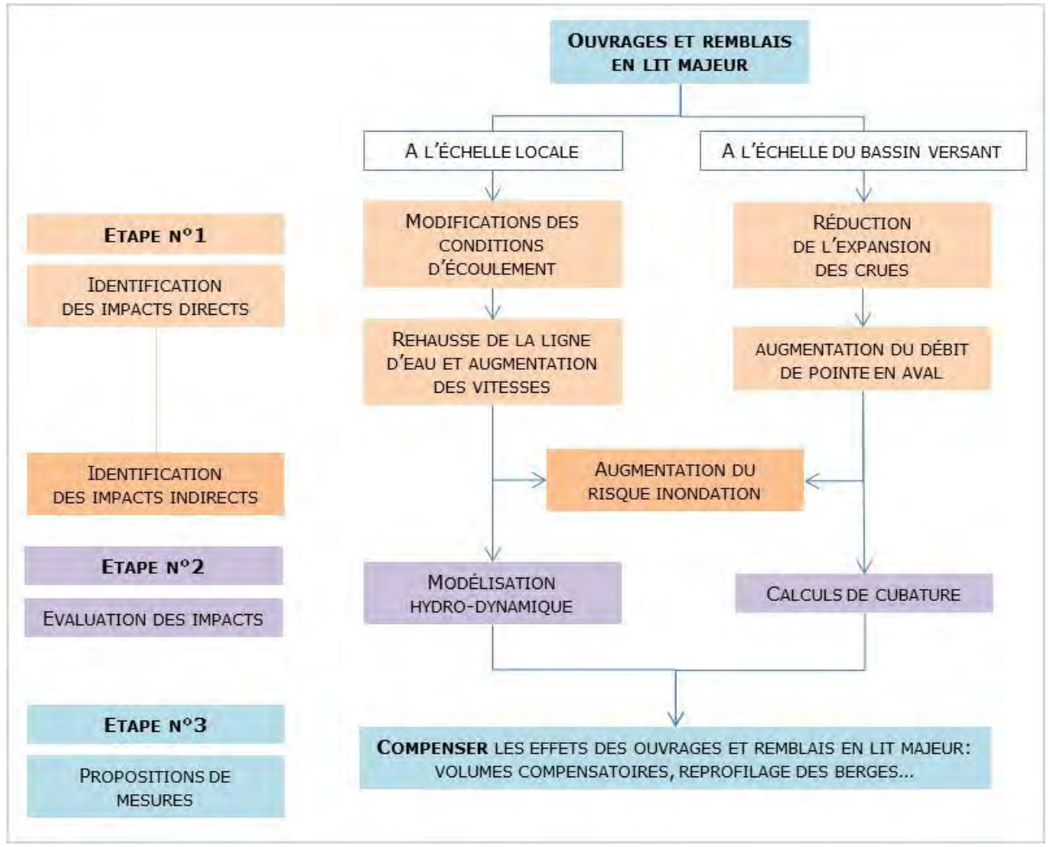
Afin de protéger les biens et les personnes au droit du projet, le projet vise à réduire la vulnérabilité aux inondations.

La principale mesure est la mise hors d'eau de l'ensemble de l'infrastructure jusqu'à la cote de crue centennale, augmentée de 20 cm. La cote de crue dépend du bief de la Seine ou de la Marne concernée. Elle est précisée dans les deux PPRI concernés (Hauts-de-Seine et Val-de-Marne).

b. *Objectif n°2 : ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet*

L'organigramme ci-contre présente les trois étapes réalisées afin de ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet, à savoir :

1. Étape n°1 : identification des impacts directs et indirects. Pour les impacts directs, il s'agit des impacts à l'échelle locale du projet (modifications des conditions d'écoulement) et des impacts à l'échelle globale du bassin versant (augmentation du débit de pointe à l'aval). L'ensemble de ces impacts sont susceptibles d'augmenter le risque inondation aux deux échelles précitées (impact indirect) ;
2. Étape n°2 : évaluation des impacts. L'évaluation des impacts a été réalisée avec une modélisation hydrodynamique et un calcul de cubatures (voir description détaillée de la méthodologie au chapitre suivant) ;
3. Étape n°3 : propositions de mesures, afin de limiter au maximum les impacts du projet, telles que la compensation des volumes soustraits à la crue.



Stratégie Inondation SGP

Dans le cadre du Réseau de Transport Public du Grand Paris (RTPGP), la Société du Grand Paris a élaboré une démarche pour fixer les lignes directrices à étudier et à intégrer dans la conception des infrastructures du programme concernées par le risque d'inondation (secteurs d'aménagements situés en zones inondables).

Cette approche s'appuie sur la réglementation en vigueur, qui impose aux pétitionnaires d'intégrer le risque inondation dans leur projet afin notamment de protéger les infrastructures et leurs usagers, de s'assurer de la conservation du libre écoulement des eaux et de la protection contre les inondations ainsi que de préserver les milieux aquatiques. Cette démarche est déclinée au travers d'étapes structurantes permettant de déterminer les objectifs et engagements pour le projet. À ce titre, ces derniers seront à décliner de manière « opérationnelle » par les autres parties prenantes du projet (Maîtres d'œuvres, Assistants à Maîtrise d'Ouvrage, Entreprises, etc.).

Les principaux objectifs de la SGP sont donc les suivants :

1) Protéger contre les crues l'infrastructure et ses usagers,
2) Réaliser les travaux en tenant compte du risque de crue,
3) Ne pas aggraver le risque inondation.

En ce sens, des niveaux de protection spécifiques ont été déterminés en relation avec les données réglementaires et institutionnelles actuellement disponibles :

- ***Crue de protection permanente (PPRI+20 cm) :*** Crue « fictive » dont les niveaux d'eau sont ceux de la crue « PPRI » (crue centennale, 1910) rehaussés de 20 cm quel que soit le secteur considéré, ce qui permet d'intégrer les incertitudes des valeurs fournies par les PPRI (études hydrauliques, ouvrages de protection, …). Les types d'aménagements à prévoir seront permanents ou à défaut provisoires,

- ***Crue de protection supplémentaire (Crue « EA2012 R1.15 » ; scénario « Etat de l'art 2012 » établi par la DRIEE en 2011) :*** Ce scénario construit en multipliant les débits de la crue de 1910 par 1.15 correspond à une période de retour pour cette crue de l'ordre de 500 ans (estimation DRIEE). Ce niveau de protection permet la prise en considération d'une crue « supérieure » significative, cohérente avec le plan ORSEC et moins contraignante que la crue extrême (au sens de la Directive Inondation). Les types d'aménagements à prévoir seront provisoires.

La Société du Grand Paris souhaite ainsi s'inscrire dans les objectifs de la région Ile-de-France (Préfecture de Région) et de l'OCDE qui consistent à renforcer la résilience des infrastructures et des réseaux (aujourd'hui encore globalement vulnérables et peu préparées à affronter une inondation) ainsi qu'à développer la protection des biens et des personnes dans un cadre de planification à long terme.

1.3.1.4 Méthodologie retenue d'évaluation des impacts

le présent chapitre développe et précise les méthodes retenues pour évaluer les impacts (étape n°2).

a. Evaluation des modifications des conditions d'écoulement

Les modifications des conditions d'écoulement (hauteurs et vitesses) sont évaluées grâce à une **modélisation hydraulique de la Seine et de la Marne**.

Cette modélisation hydraulique a été réalisée avec le logiciel InfoWorks® RS de la société Wallingford & Halcrow. Ce logiciel permet de construire des modèles 1D-linéaire à casiers ou 2D et ainsi de réaliser des simulations en régime permanent ou transitoire.

Ce logiciel a été développé afin de reproduire les écoulements de la Tamise au Royaume-Uni. Ce fleuve présente des caractéristiques similaires à la Seine (largeur, pente, débits, etc.). Infoworks® RS apparaît donc adapté à la modélisation de la Seine à Paris.

Afin de modéliser les écoulements et les incidences éventuelles du projet sur les zones sujettes au risque inondation, quatre modèles ont été construits en fonction des secteurs concernés :

- un modèle de la Seine pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt ;

- un modèle de la Seine pour le secteur de Vitry-sur-Seine ;

- deux modèles de la Marne pour le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés.

Les emprises des modèles ont été définies de manière à prendre en compte toutes les emprises des gares, ouvrages annexes et emprises des travaux situées en zone inondable et ce jusqu'à la crue millénale (cartographie TRI).

La construction de chacun des modèles est basée sur une structure filaire à une dimension couplée à un maillage à deux dimensions (voir emprises du maillage 2D en fin de chapitre pour chacun des quatre modèles ci-après) :

- le lit mineur est modélisé en une dimension (modèle filaire) afin de permettre la modélisation des ouvrages présents dans le lit mineur (ouvrages de franchissement, écluses, etc.) ;

- les rives droites et gauches sont modélisées en deux dimensions afin de reproduire de manière précise les écoulements des crues dans les lits majeurs complexes (forte urbanisation, présence de remblais jouant le rôle de digue (route, voie ferrée, etc.).

La connexion entre le lit mineur et le lit majeur est assurée par des surverses latérales. Ces surverses sont construites :

- de manière à représenter les murettes anti-crues lorsqu'elles sont existantes : le niveau des surverses correspondent à la cote des murettes ;

- à partir des levés topographiques LIDAR lorsque aucune murette n'est existante (par exemple l'île Seguin ou l'île Saint Germain) : le niveau des surverses correspond alors au niveau du terrain naturel.

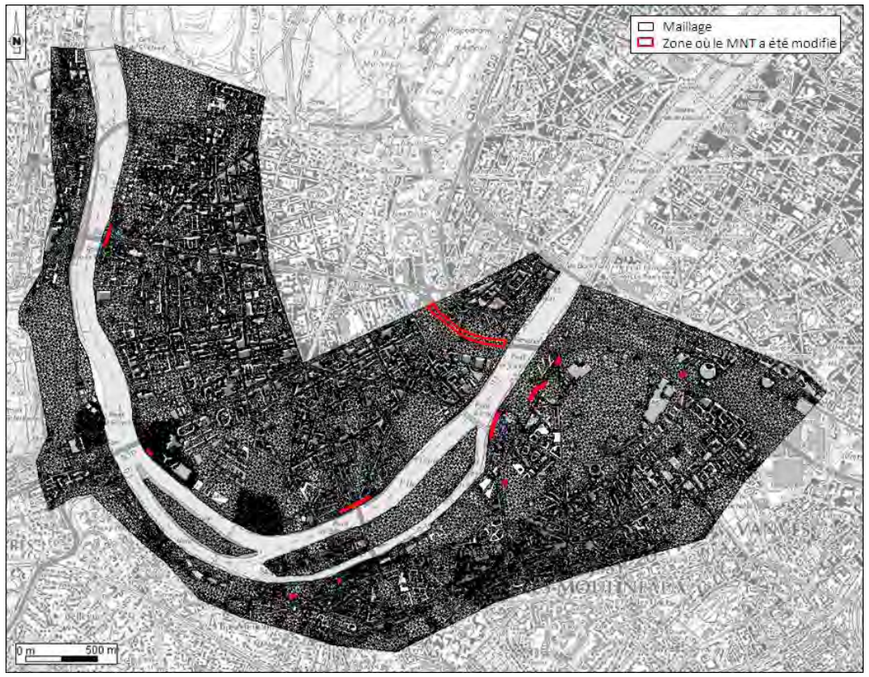
Les modèles sont notamment construits sur la base des données bathymétriques de VNF (pour les fonds de lit des cours d'eau) et sur les données LIDAR pour les berges et le lit majeur.

Les données disponibles sur les bâtiments existants (IGN) ont également été utilisées.

À titre d'exemple, le modèle de la Seine pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt est composé de 84 profils en travers dont 58 sur le bras principal de la Seine (bras droit) soit environ un profil tous les 120 m. Le nombre de profil en travers a été densifié (environ un profil tous les 30 m) au droit de la future gare et au droit du futur puits d'attaque de l'Ile de Monsieur afin d'étudier plus précisément les éventuels impacts en lit mineur.

Onze ouvrages transversaux ont été modélisés afin de reproduire les influences des ponts sur les écoulements.

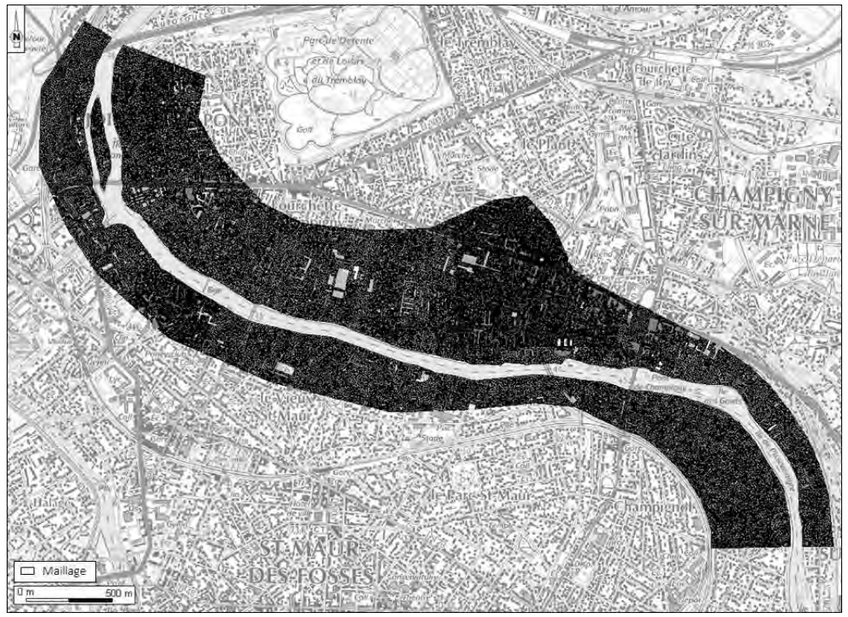
Le détail de la construction des différents modèles ainsi que l'ensemble des hypothèses retenues sont fournis dans les rapports détaillés de modélisation.



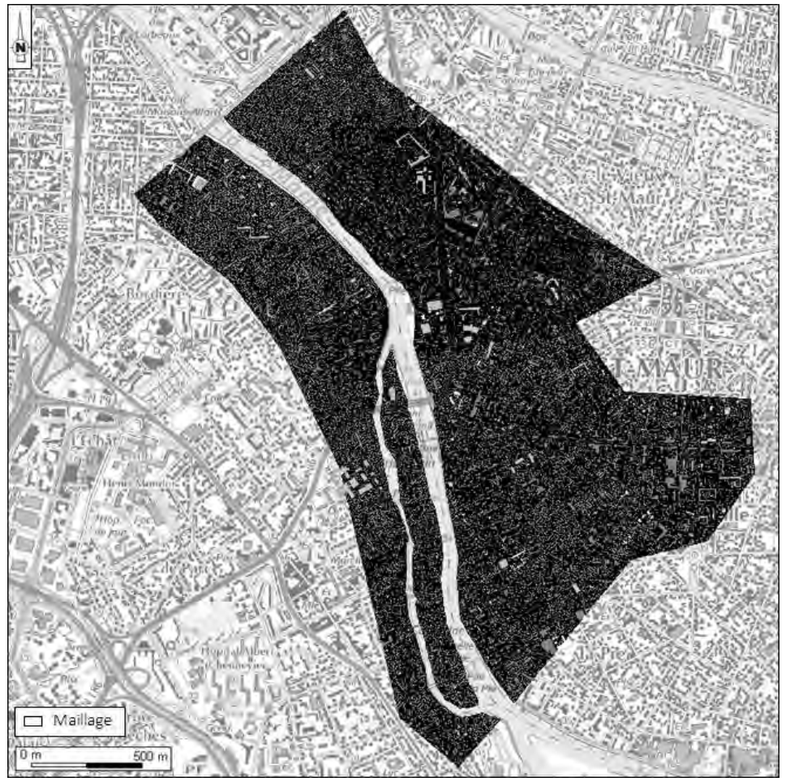
Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Seine Aval



Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Seine Amont



Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Marne Amont



Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Marne Aval

b. Évaluation de l'expansion des crues

La méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'**évaluation des volumes soustraits à la crue**, et le cas échéant sur leur nécessaire compensation.

Rappel du règlement du PPRI (voir chapitre 1.3.2 page 22)

Les règlements des deux PPRI concernés par le projet imposent une compensation similaire en volume de la manière suivante :

1. le règlement du PPRI de la Seine des Hauts-de-Seine impose que les « *ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains, …), et ceux non inondables, sont autorisés sous réserve que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par* ***un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins.*** » (Titre 2-II-2) ;

2. le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne impose que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation autorisés sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale. »* (Titre 2-Art.3.2.1, chapitres 1 à 5). Le règlement précise en outre que *« **tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais** pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Des remblais ponctuels d'importance limitée rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison).

Le projet s'attache à **compenser les volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur uniquement et non en lit mineur** comme c'est le cas par exemple pour le reprofilage de la berge au droit de la gare du Pont de Sèvres.

La compensation volumique s'applique en effet de manière implicite aux remblais et locaux étanches implantés en lit majeur d'un cours d'eau et non en lit mineur étant donné que ce sont les notions de « capacité de stockage » et de « volume d'expansion des crues » qui sont invoquées. Or le lit mineur d'un cours d'eau n'est pas directement lié à ces notions. En revanche, il conviendra de limiter au maximum l'incidence sur la section mouillée (et non le volume pris en lit mineur) dans les zones d'écoulements préférentiels.

Compensation en phase exploitation et en phase chantier :

Le projet vise à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en phase exploitation et en chantier le cas échéant.

En effet, les textes réglementaires en vigueur imposent d'assurer la conservation des champs d'expansion des crues (principalement par la compensation des volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur) en phase exploitation, une fois la période de travaux achevée. La phase chantier n'est pas évoquée au sein des PPRI en vigueur.

Concernant la phase travaux, la mise en œuvre de mesures compensatoires dédiée sera conditionnée par le phasage général des aménagements. A ce titre et lorsque cela est rendu nécessaire, une attention particulière sera portée par la SGP afin de maîtriser autant que faire se peut l'adéquation la plus cohérente possible entre les emprises réalisées en zone inondable et la disponibilité effective des mesures compensatoires.

1.3.1.5 Critères d'évaluation des impacts

a. Évaluation des modifications des conditions d'écoulement

Les incidences des ouvrages sur les écoulements de la Seine en cas de crue sont définies selon deux critères : les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement. Étant donnés les enjeux différents en lit mineur et lit majeur, une distinction des classes d'impacts concernant les vitesses d'écoulement est réalisée.

Les classes d'impact sur les écoulements ont été définies comme suit :

- Classes d'impacts sur les niveaux d'eau :
  - **Impact non significatif** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 1 cm. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique,
  - **Impact faible** : 1 à 5 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur d'un remous très localisé créé par un petit obstacle dans une zone d'écoulement marqué (véhicule par exemple),
  - **Impact modéré** : 5 à 10 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'amplitude des vagues générées lors des crues,
  - **Impact fort** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 10 cm. L'impact de l'ouvrage sur les lignes d'eau est supérieur à l'amplitude des vagues observées lors d'une crue ;
- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur :
  - **Impact non significatif** : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 5 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique,
  - **Impact faible** : 5 à 10 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations créées par un petit obstacle (véhicules),
  - **Impact modéré** : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à un risque de changement d'une classe d'aléa,
  - **Impact fort** : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 20 cm/s. Cette classe correspond à un risque de changement d'une à deux classes d'aléa ;
- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur :
  - **Impact non significatif :** différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 10 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle sur la vitesse maximale au sein de la section en travers,
  - **Impact faible :** 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations naturelles des vitesses au sein d'une section en travers,

- **Impact modéré :** 20 à 30 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'ordre de grandeur des accélérations de vitesses générées par une pile de pont,
- **Impact fort :** différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 30 cm/s. Cette classe correspond à une forte perturbation de l'écoulement pouvant déstabiliser des embarcations légères.

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Classe	Critère sur les différences (ΔN) de niveau d'eau	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en <u>lit mineur</u>	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en <u>lit majeur</u>
5 Impact non significatif	6 **ΔN < 1 cm**	7 **ΔV < 0.10 m/s**	8 **ΔV < 0.05 m/s**
9 Impact faible	10 **1 cm ≤ ΔN < 5 cm**	11 **0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s**	12 **0.05 m/s ≤ ΔV < 0.10 m/s**
13 Impact modéré	14 **5 cm ≤ ΔN < 10 cm**	15 **0.20 m/s ≤ ΔV < 0.30 m/s**	16 **0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s**
17 Impact fort	18 **10 cm ≤ ΔN**	19 **0.30 m/s ≤ ΔV**	**20** **0.20 m/s ≤ ΔV**

b. <u>Évaluation de l'expansion des crues</u>

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'**évaluation des volumes soustraits à la crue**.

Les classes d'impacts sur les volumes soustraits ont été définies comme suit :

- **Impact non significatif** : volume soustrait à la crue inférieure à 200 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements limités en surface, tels que de l'habitat individuel ou des édicules ;
- **Impact faible** : volume soustrait à la crue entre 200 m^3 et 1 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface inférieure à 5 000 m^2, tels que de l'habitat collectif ou des émergences de gare ;
- **Impact modéré** : volume soustrait à la crue entre 1 000 m^3 et 5 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface de l'ordre de l'hectare, tels que des lotissements ;
- **Impact fort** : volume soustrait à la crue au-delà de 5 000 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements en surface au-delà de 5 hectares. Il s'agit alors de projets d'aménagement d'envergure, tels que des Zones d'Aménagement Concerté (ZAC).

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Classe	Critère sur les volumes soustraits à la crue
21 Impact non significatif	22 **V < 200 m^3**
23 Impact faible	24 **200 m^3 ≤ V < 1 000 m^3**
25 Impact modéré	26 **1 000 m^3 ≤ V < 5 000 m^3**
27 Impact fort	28 **V ≤ 5 000 m^3**

1.3.2 Conformité du projet aux Plans de Prévention du Risque Inondation (PPRI)

Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ensemble de l'infrastructure ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI.

1.3.2.1 PPRI et zones concernés

Comme présenté dans l'état initial, le fuseau d'étude est concerné par deux Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) en vigueur :

- le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine ;
- le PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

Le tableau de synthèse ci-contre détaille le PPRI concerné et les zones concernées par ouvrage, en précisant également les cotes casier.

Conformément au règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne, pour connaître la cote de la P.H.E.C. atteinte au droit d'un projet visé dans le présent règlement, la règle suivante a été appliquée (voir schéma explicatif) :

1. projeter une droite perpendiculaire à l'axe du fleuve à partir du centre du projet : cette droite coupe l'axe du fleuve entre deux points kilométriques,
2. par convention, la cote P.H.E.C. applicable au droit du projet est celle déduite par le calcul suivant : P.H.E.C. = AM − (I ´ (AM - AV) / L).

P.H.E.C. = Cote de la crue de 1910 applicable au droit du projet.
AM = Cote de la crue de 1910 inscrite dans le cartouche en amont du projet.
AV = Cote de la crue de 1910 inscrite dans le cartouche en aval du projet.
L = Longueur entre l'amont et l'aval des deux repères des points kilométriques sur l'axe du cours d'eau (à exprimer en mètre).
I = Longueur entre le point kilométrique de l'amont et le point de contact entre la projection perpendiculaire à l'axe du fleuve et l'axe du fleuve (à exprimer en mètre).

Le schéma suivant définit les paramètres de la formule avec un exemple de calcul :

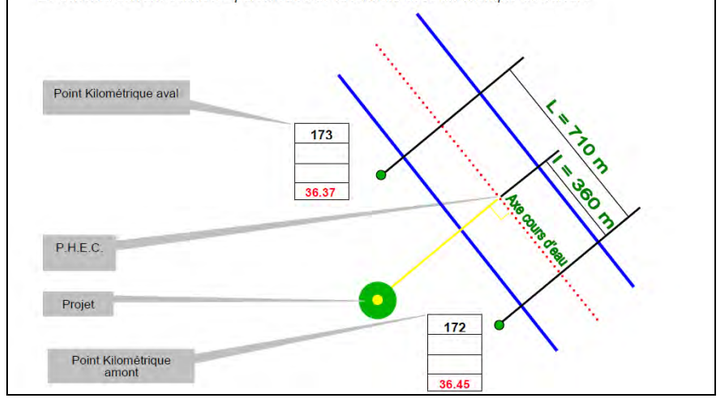


Tableau de synthèse des aléas et bilan des zones réglementaires concernées par les PPRI

		PPRI	Zone(s) concernée(s)	Cote casier (en m NGF)
1	OA Ile de Monsieur	92	A	31,35 / 31,50
2	Gare du Pont de Sèvres	92	A, B, D	31,50 / 31,55
3	OA ZAC SAEM	92	D	31,55
4	OA Place de la résistance	92	A	31,65
5	Gare d'Issy RER	nc	nc	31,65
6	OA Centre technique municipal	94	violet clair/foncé	35,49
7	Gare des Ardoines	94	violet clair/foncé	35,49
8	OA Rue Gabriel Péri	94	bleue	35,49
9	SMI de Vitry-sur-Seine	94	violet clair/foncé	35,49
10	OA Friche Arrighi	94	violet clair/foncé	35,49
11	OA Rue de Rome	94	bleue	35,49
12	Gare de Vert de Maisons	94	bleue	35,48
13	OA Université de Créteil	94	bleue	35,48
14	Gare de Créteil L'Echat	94	bleue	35,48
15	OA Stade F. Desmond	nc	nc	35,72
16	OA Avenue Ceinture	nc	nc	35,72
17	OA Rue du Port Créteil	94	violet foncé	35,72
18	Gare de Saint-Maur Créteil	nc	nc	35,71
19	OA impasse Abbaye	94	orangé foncé	37,93
20	Gare de Champigny Centre	nc	nc	37,48

Légende :

Interventions en lit mineur - Inondabilité des ouvrages : OA : Ouvrage Annexe | nc : non concerné

1 à 5 : secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt (Seine aval) / 6 à 15 : secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville (Seine amont) / 16 à 20 : secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés (Marne)

1.3.2.2 Un projet autorisé quel que soit la zone réglementaire concernée

a. *Pour le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine*

Point 1 : un projet compatible avec le règlement du PPRI :

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : le projet est donc autorisé dans les quatre zones réglementées : A, B, C et D. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

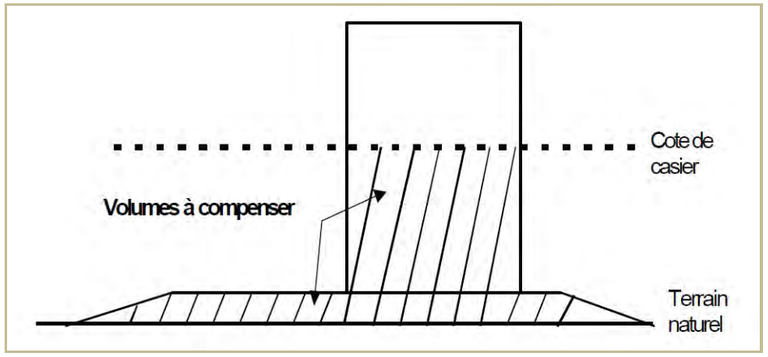
A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare du Pont de Sèvres et des trois ouvrages annexes concernés sont donc possibles par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

Point 2 : des mesures compensatoires nécessaires :

Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois leur autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;
- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;
- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…) ;
- En cas d'opération d'aménagement d'ensemble (ZAC, lotissement, opérations groupées, zone portuaire...), le volume à compenser est localisé sur l'emprise de l'ensemble de l'opération sous réserve que la localisation de ces compensations et leurs volumes ne provoquent pas d'aggravation de la situation en amont et en aval de l'opération (une étude technique doit être fournie par le pétitionnaire).



Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de la gare du Pont de Sèvres et des ouvrages annexes devra donc être compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m (voir tableau ci-après).

		Cote casier (en m NGF)	Cote casier - 2,50 m (en m NGF)
1	OA Ile de Monsieur	31,35 / 31,50	29,00
2	Gare du Pont de Sèvres	31,50 / 31,55	29,00
3	OA ZAC SAEM	31,55	29,05
4	OA Place de la résistance	31,65	29,15

Point 4 : des dispositions constructives à adapter :

La construction de l'infrastructure de transport nécessite la prise en compte de certaines prescriptions constructives. Celles concernant directement constructions de logements et de bureaux ne s'appliquent pas au projet. Il s'agit notamment des mesures suivantes :

- Les fondations et les parties de bâtiment et installations construites sous la cote de casier doivent être réalisées avec des matériaux résistants à l'eau.
- Les équipements de second œuvre des constructions tels que revêtements des sols ou de murs, situés en dessous de la cote de casier doivent être résistants à l'eau.
- Les bâtiments et installations doivent pouvoir résister aux tassements différentiels et aux sous-pressions hydrostatiques. Toutes les constructions et installations doivent être fondées dans le sol de façon à résister à des affouillements, des tassements ou des érosions localisées.
- Toute surface de plancher fonctionnel située au-dessous de la cote de casier doit être conçue de façon à faciliter l'évacuation rapide des eaux après la crue.
- Afin d'être protégés des crues faibles ou moyennes, les sous-sols à usage de stationnement peuvent être réalisés en cuvelage étanche jusqu'à 2,5 m sous la cote de casier, mais au-delà, ils doivent être inondables pour servir de bassin de stockage, de compensation et

d'équilibrage des pressions sur la structure des bâtiments. Ils doivent avoir une hauteur sous poutre d'au moins 2,5 m au premier niveau, et de 2,10 m au moins pour les autres niveaux de telle sorte que les véhicules puissent être évacués.

Ces mesures sont prises en compte. Les ouvrages souterrains étant concernés par la présence de nappes souterraines prennent en compte de fait une résistance à l'eau.

D'autres mesures de la rubrique « réseaux » du PPRi des Hauts-de-Seine peuvent être rappelées :

- Les équipements et les locaux techniques annexés à une construction peuvent être placés en dessous de la cote de casier à condition qu'ils soient placés en cuvelage étanche établi jusqu'à cette cote, avec compensation établie sur l'unité foncière ou l'opération d'ensemble.

- Les ascenseurs doivent être munis d'un dispositif interdisant en tant que de besoin la desserte des niveaux inondés.

- Les câblages (téléphone, électricité, informatique, etc...) doivent être installés au-dessus de la cote de casier, à l'exclusion de ceux strictement nécessaires au fonctionnement des surfaces de planchers situés en dessous de cette cote. Ces derniers doivent être munis de dispositifs de mise hors service en cas d'inondation, permettant d'éviter toute dégradation des réseaux alimentant les planchers situés au-dessus de la cote de casier.

- Les réseaux techniques doivent être résistants à l'eau ou pouvoir être mis hors circuit sans nuire au fonctionnement des niveaux non inondables de l'immeuble. Le raccordement au réseau d'assainissement doit être muni de clapets anti-retour sous réserve que le profil en long du réseau d'assainissement ne soit pas incompatible avec la mise en place d'un tel dispositif.

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 4 *« stockage »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* précise les mesures dispositions suivantes :

- Les produits dangereux, polluants ou sensibles à l'humidité doivent être stockés au-dessus de la cote de casier. Sont notamment concernés les substances entrant dans le champ d'application des arrêtés ministériels des 21 février 1990 et du 27 juin 2000 modifiant l'arrêté du 20 avril 1994 relatif à la déclaration, la classification, l'emballage et l'étiquetage des substances et transposant la directive 98/98/CE du 1er décembre 1998.

- Si nécessaire, tout stockage de matière ou produits polluants et/ou sensibles à l'humidité situé au-dessous de la cote de casier doit être placé dans un conteneur étanche lesté ou arrimé, de façon à résister à la crue et à ne pas être entraîné lors de cette crue. Notamment :

    - Les citernes non enterrées doivent être fixées à l'aide de dispositifs résistants à une crue atteignant la cote de casier. Les ancrages des citernes enterrées doivent être calculés de façon à résister à la pression engendrée par la crue. L'évent des citernes doit être élevé au-dessus de la cote de casier, Plan de prévention du Risque Inondation - Règlement - DDE 92 24 ;

    - Les citernes d'hydrocarbures enterrées ne sont autorisées que sous réserve qu'elles résistent aux sous-pressions hydrostatiques et qu'elles soient à double enveloppe.

➔ Le tableau page suivante synthétise les principales prescriptions et préconisations par type de zone, pour le PPRI.

Tableau de synthèse des principales prescriptions applicables pour le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (source : règlement du PPRI)

Identifiant	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
Description	Zone à forts aléas et zone à préserver pour la capacité et le stockage de la crue	Centre urbain	Zone urbaine dense	Zone de mutation urbaine
Code couleur zonage	Rouge	Bleu	Orange	Mauve
Règles d'urbanisme	Constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport autorisées y compris dans la marge de recul (pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale). *(Titre 2-I-1.2)* Remblais et sous-sols (sauf à usage de stationnement) interdits. *(Titre 2-I-1.1)*	Constructions nouvelles autorisées sous réserve de règles de construction et d'aménagement (voir ci-dessous) Aires de stationnement autorisées en sous-sol ou non.	Constructions nouvelles autorisées sous réserve de règles de construction et d'aménagement (voir ci-dessous) Sous-sols (sauf à usage de stationnement) interdits.	
	Ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables autorisés sous réserve que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. Les ouvrages sans volume (murs anti-bruit, panneaux de signalisation) ne donnent pas lieu à compensation. *(Titre 2-II-2)*			
Règles de construction	Cote minimale du plancher fonctionnel des constructions à la cote casier. *(Titre 2-I-1.2)*	Cote minimale du plancher fonctionnel des constructions à la cote casier. *(Titre 2-I-2.2)*	Limitation de l'emprise au sol de 60% pour toute unité foncière de plus de 2 500 m². *(Titre 2-I-3.2)* Cuvelage étanche pour les caves et les locaux techniques sous la cote casier	Limitation de l'emprise au sol de en fonction de la surface globale des terrains classés en zone de mutation urbaine et en fonction de l'unité foncière Dérogation pour la cote du plancher dans certains cas Cuvelage étanche pour les caves et les locaux techniques sous la cote casier
	- Aménagements de biens et activités existants situés au-dessous de la cote de casier seront de préférence réalisés avec des matériaux imputrescibles. Il est recommandé de traiter toutes les structures en matériaux putrescibles ou sensibles à la corrosion situées en dessous de la cote de casier, avec des produits hydrofuges ou anti-corrosifs et de les entretenir régulièrement. - Cuvelage étanche pour les caves et les locaux techniques sous la cote casier. - Stockage des produits dangereux, polluants ou sensibles à l'humidité au-dessus de la cote casier (conteneur étanche lesté le cas échéant pour le stockage des produits polluants et/ou sensibles à l'humidité en dessous de la cote casier).			
Autres règles	Ne pas porter atteinte la sécurité publique et ne pas polluer le fleuve (étude technique à fournir et mesures compensatoires à prendre)	Compensation des remblais obligatoire Installations des ICPE autorisées sous réserve d'être au-dessus de la cote casier ou volume étanche	Compensation des remblais obligatoire Installations des ICPE autorisées sous réserve d'être au-dessus de la cote casier ou volume étanche	Compensation des remblais obligatoire Installations des ICPE autorisées sous réserve d'être au-dessus de la cote casier ou volume étanche obligation de desserte pour les ouvrages d'art et les infrastructures de surface

b. Pour le PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne

Point 1 : un projet compatible avec le règlement du PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare des Ardoines, de Vert de Maisons, de Créteil l'Echat ainsi que des sept ouvrages annexes concernés (voir tableau synthétique ci-avant) sont donc possibles par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

Point 2 : des mesures compensatoires nécessaires :

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale ».*

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences des gares et des ouvrages annexes devra donc être compensé. Le règlement précise explicitement la nécessité de la réalisation d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été menée pour l'ensemble des ouvrages émergents concernés, en phase d'exploitation comme en phase chantier (voir détail de méthodologie au chapitre 1.3.1.4 page 19).

➔ Le tableau page suivante synthétise les principales prescriptions et préconisations par type de zone, pour le PPRI.

Synthèse des principes de prescription hors zone de grand écoulement (source : notice de présentation du PPRI

Nature du projet \ Zone	Zone bleue centre urbain	Zone violette zone urbaine dense	Zone orange autre espace urbanisé
Equipements sensibles	1er plancher > P.H.E.C garantir le fonctionnement	1er plancher > P.H.E.C garantir le fonctionnement	1er plancher > P.H.E.C garantir le fonctionnement
Activités/Equipements en secteur diffus	Niveau du terrain naturel ou de la voirie	Niveau du terrain naturel ou de la voirie ; Emprise au sol inondable < 60%	Niveau du terrain naturel ou de la voirie ; Emprise au sol inondable: < 30% en zone foncée < 40% en zone claire,
Activités/Equipements en grande opération	Niveau du terrain naturel ou de la voirie	Niveau du terrain naturel ou de la voirie ; Emprise au sol inondable < 50%	Autorisés dans certains ca uniquement
Habitations nouvelles en secteur diffus	Règle du "Duplex"	Règle du "Duplex" ; Emprise au sol inondable < 40%	1er plancher > P.H.E.C. Emprise au sol inondable : < 30% zone foncée <40% en zone claire
Habitations nouvelles en grande opération	Règle du "Duplex"	1er plancher > P.H.E.C; Emprise au sol inondable < 50% ; Etude hydraulique et mesures compensatoires en zone foncée	**Interdites** sauf en cas de renouvellement urbain ou en secteurs OIN
Extension d'habitations	Règle du "Duplex " ; Possibilité d'extension sous la cote 1924 limitée à 20 m² de SHON	Règle du "Duplex" ; Possibilité d'extension sous la cote 1924 limitée à 20 m² de SHON	Règle du "Duplex" ; Possibilité d'extension sous la cote 1924 limitée à 20 m² de SHON
		Emprise au sol inondable < 40%	Emprise au sol inondable : < 30% zone foncée < 40% zone claire
Changement de destination pour un usage d'habitation	Un niveau complet habitable par logement > P.H.E.C	Un niveau complet habitable par logement > P.H.E.C	Un niveau complet habitable par logement > P.H.E.C
Opérations mixtes	La règle applicable est celle correspondant à l'usage des planchers	La règle applicable est celle correspondant à l'usage des planchers	La règle applicable est celle correspondant à l'usage des planchers

Tableau de synthèse des principales prescriptions applicables pour le PPRI de la Marne et de la Seine pour le Val-de-Marne (source : règlement du PPRI)

Identifiant	Zone rouge	Zone verte	Zones orange	Zones violettes	Zone bleue
Description	Zone de grand écoulement	Espace naturel de loisirs	Autre espace urbanisé en aléas fort et très fort (orange foncé) et Autre espace urbanisé en autres aléas (orange clair)	Zone urbaine dense en aléas fort et très fort (violet foncé) et Zone urbaine dense en autres aléas (violet clair)	Centre urbain
Code couleur zonage	Rouge	Vert	Orange foncé et Orange clair	Violet foncé et Violet clair	Bleu
Règles d'urbanisme	Infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation autorisés sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale. *(Titre 2-Art.3.2.1, chapitres 1 à 5)*				
Règles de construction	Implantation des parties sensibles à l'eau au-dessus de la cote des PHEC (appareillages électriques ou électroniques, compresseurs, machinerie d'ascenseur, appareils de production de chaleur ou d'énergie…). Implantation d'une issue de secours au-dessus de la cote des PHEC, desservant l'ensemble de la construction. Conception des sous-sols afin de permettre l'évacuation des eaux après la crue.				
Règles d'aménagement	Tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. *(Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5)*				
Recommandations	Chaque fois que cela est possible, il est recommandé de : - construire les planchers habitables ou les planchers fonctionnels au-dessus des P.H.E.C. ; - privilégier la transparence hydraulique quand cela est possible ; - prendre toutes les mesures visant à isoler d'une crue correspondant aux P.H.E.C. les constructions, les équipements sensibles et les stocks et matériel ; - prévoir des dispositifs de vidange et de pompage pour les planchers inondables ; - lorsqu'il n'est pas possible d'installer ou de stocker tous les matériels et produits sensibles à l'eau au-dessus de la cote des PHEC, prévoir des dispositifs permettant leur déplacement aisé vers des planchers non inondable (moyens de manutention adaptés par exemple) ; - isoler les réseaux ou de les installer au-dessus de la cote des P.H.E.C. (notamment les postes de distribution) lors des réfections des réseaux de distribution des fluides. De même, il est utile et recommandé de pouvoir isoler les réseaux inondés du reste de l'installation ; - placer les véhicules et engins mobiles parqués au niveau du terrain naturel de façon à ce qu'ils conservent leurs moyens de mobilité et de manœuvre en vue de permettre à tout moment une évacuation rapide ; - disposer, dans chaque construction existante à usage d'habitation, d'une issue de secours située au-dessus des PHEC (cette issue, qui peut être une fenêtre, devra permettre l'évacuation aisée des occupants et l'acheminement des secours) ; - éviter l'ennoiement des réseaux, pour les gestionnaires d'assainissement, en isolant au moyen de vannes les secteurs des réseaux inondés des autres secteurs non inondés.				

1.3.3 Mesures générales de limitation des impacts

1.3.3.1 Éviter de construire en zone inondable

La principale mesure d'évitement du risque inondation est d'**éviter de construire en zone inondable**.

Quatre gares de la Ligne 15 Sud sont toutefois situées en zone inondable.

Elles correspondent au croisement du fuseau avec les vallées de la Seine et de la Marne au droit de trois secteurs :

1. Secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt pour la Seine : gare du pont de Sèvres à Boulogne-Billancourt ;

2. Secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville : gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine et gare de Vert de Maisons à Alfortville ;

3. Secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés : gare de Saint-Maur Créteil.

En effet, leur localisation, comme celle de l'ensemble des gares, a été arrêtée dans le cadre de l'approbation du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris par décret n°2011-1011 du 24 août 2011, version consolidée au 27 août 2011. Cette approbation repose en particulier sur l'acte motivé, prévu par l'article 3 de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris[1]. Ce document précise les modifications apportées au projet soumis au débat public et aux personnes consultées.



Vue en perspective de la berge AVP-B optimisé sur Pont de Sèvres – passerelle hors projet (source : Société du Grand Paris)

1.3.3.2 Réduire la vulnérabilité des aménagements aux inondations

La principale mesure de réduction du risque inondation est de **réduire la vulnérabilité des futurs aménagements**. Pour ce faire, dans la mesure du possible, les ouvertures des ouvrages situés en zone inondable seront surélevées pour être hors d'eau. Cette démarche nécessite alors de compenser ces émergences (par exemple, les aérations représentées sur le photomontage ci-contre).

1.3.3.3 Réduire l'impact des aménagements sur les crues

Un important travail d'optimisation a été réalisé en phase de conception afin de réduire l'impact des aménagements sur les crues.

La partie aérienne de la gare de Pont de Sèvres a été entièrement reprise en reprofilant le quai projeté, l'objectif étant de réduire l'impact en lit mineur et en lit majeur.

Un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage (voir détails par ouvrage dans le chapitre suivant).

Des mesures compensatoires ont été trouvées afin de compenser ces volumes soustraits, parmi les principales mesures :

- la suppression de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;

- le décaissement du terrain naturel ;

- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures.

L'ensemble des mesures est détaillé dans l'analyse par ouvrage (voir chapitre suivant).

[1] *Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, version consolidée au 02 août 2014.*

1.3.4 Analyse détaillée par ouvrage ou groupe d'ouvrages

1.3.4.1 OA Ile de Monsieur – puits d'entrée de tunnelier

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) voire supérieure à 2 m (aléa très fort) pour le secteur en bord de Seine pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A)
	Impacts en lit mineur	L'impact sur le niveau d'eau et sur les vitesses est négligeable au droit de l'ouvrage annexe jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	Il n'y a pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale, à l'exception de la crue de projet 50 ans qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,18 m/s (impact modéré).
	Mesure(s) compensatoire(s)	- La centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale ; - Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue.

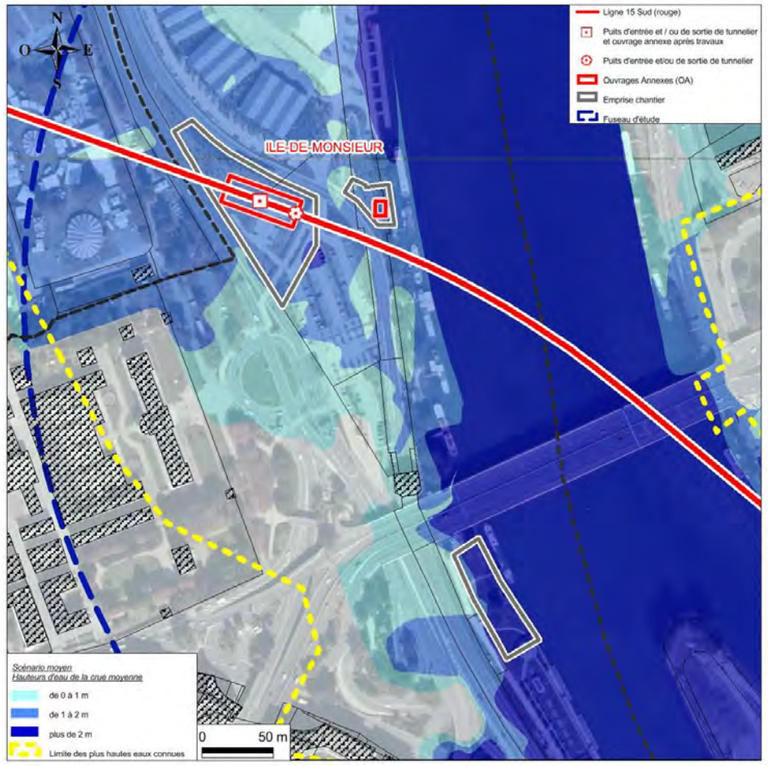
Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A)
	Impacts en lit mineur	L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	- Il n'y a pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale, à l'exception de la crue de projet 50 ans qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,16 m/s (impact modéré) ; - Le volume soustrait à la crue est de 1 640 m^3 (phase de référence exceptionnelle : phase chantier en raison de sa durée)
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Réalisation d'un décaissé du terrain principal de 47 cm pour libérer un volume à la crue de 1 730 m^3.

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) voire supérieure à 2 m (aléa très fort) pour le secteur en bord de Seine pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

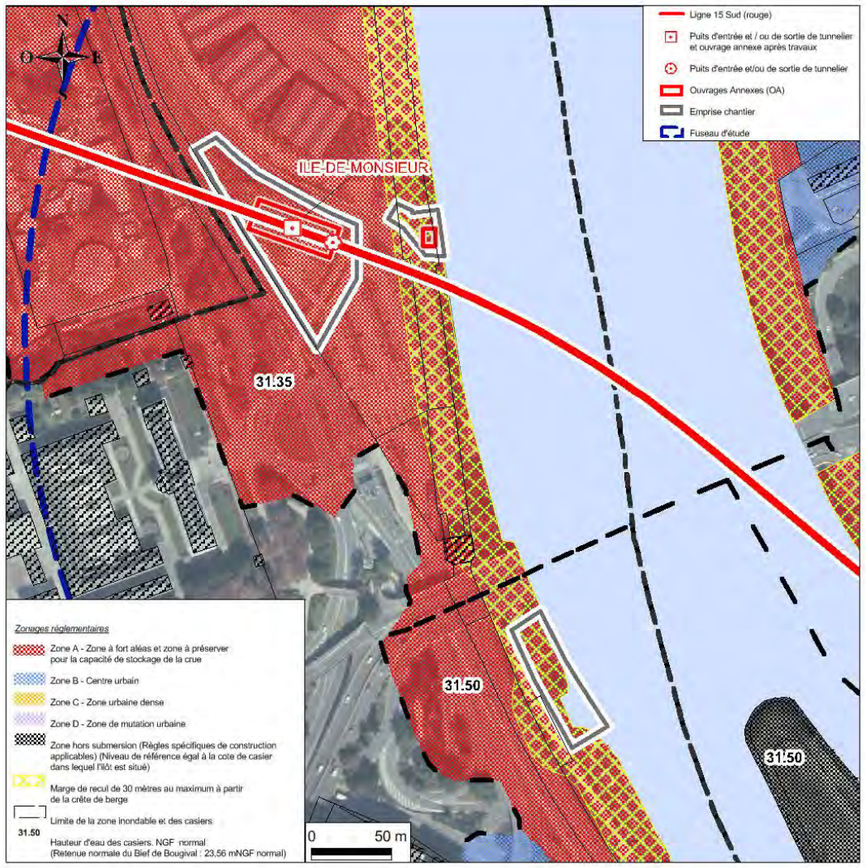
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est notamment située dans la zone A, à savoir la zone réglementaire du PPRI la plus prescriptive, y compris la marge de recul.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92 (source : DRIEE)

b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI</u>

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans la zone réglementée concernée : A. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

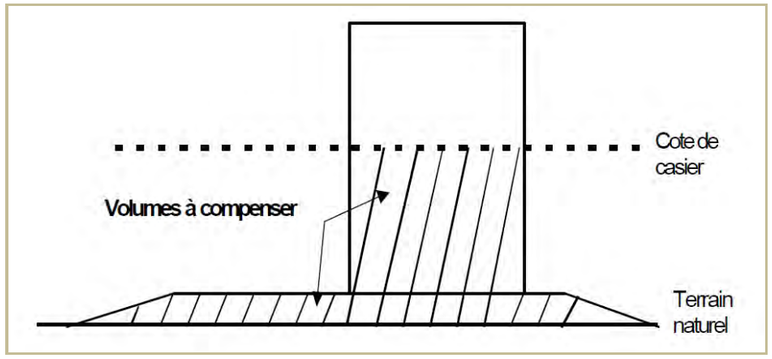
Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;

- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;

- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…).



Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de l'ouvrage annexe sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,00 m NGF. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Il est prévu de mutualiser la compensation nécessaire de la gare de Pont de Sèvres au droit de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur.

Le chapitre 1.2 (zone A) du règlement du PPRI précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*.

c. *Phase chantier*

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (pour plus d'information, le lecteur est invité à prendre connaissance du rapport de modélisation en annexe du présent document).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05
projet	50 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	+ 0,18
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05

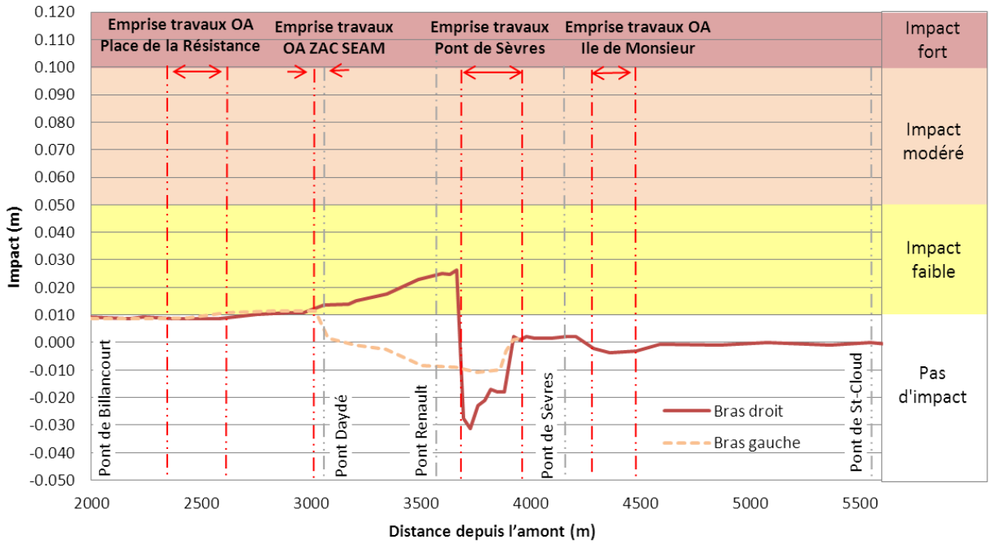
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

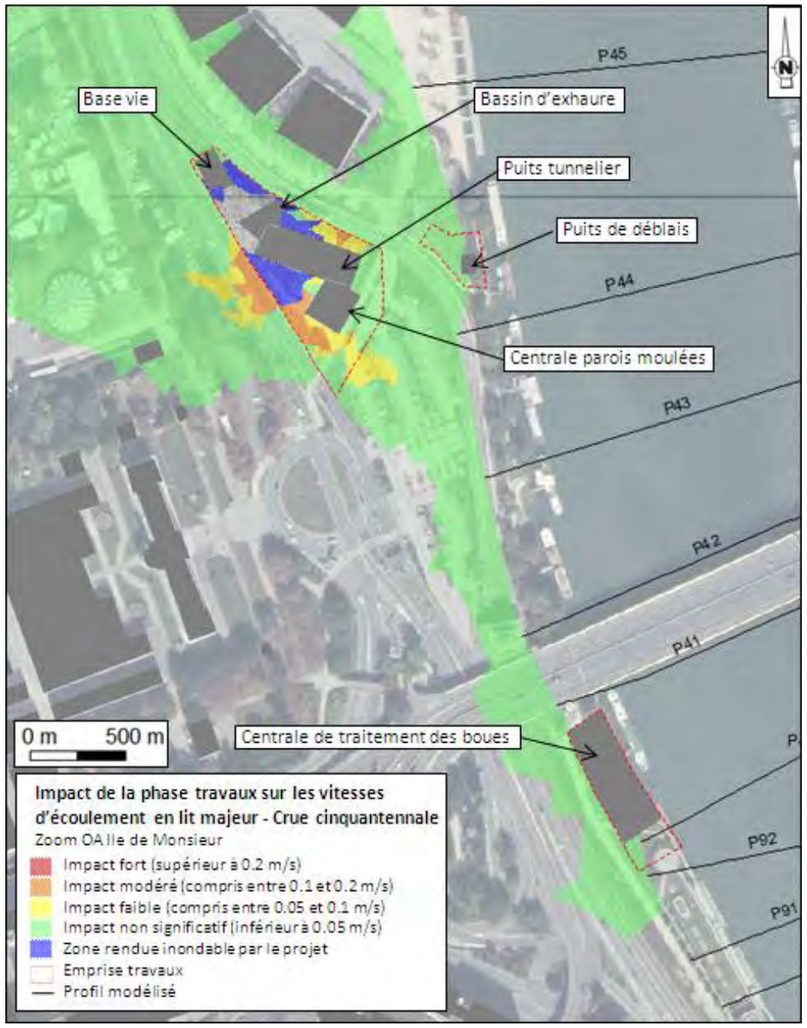
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau et sur les vitesses est négligeable au droit de l'ouvrage annexe.**



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

Pour le lit majeur : l'analyse des résultats du tableau ci-avant montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**, à l'**exception de la crue de projet 50 ans** qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,18 m/s (voir figure ci-après). Cet impact localisé s'explique par un étroit chenal d'inondation pour la crue de projet.



Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

En phase travaux, une paroi périphérique permettant de rehausser celles des puits (puits d'attaque et puits d'extraction des déblais) par rapport à la côte casier sera mise en place afin d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers.

La centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale.

Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue.

Étant donné la durée prévisionnelle des travaux sur le puits d'attaque de l'OA Ile de Monsieur (durée estimée à 8-10 ans car ce dernier restera en place pour pouvoir être utilisé lors de la construction de la ligne 15 Ouest), le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues.

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

		Niveau TN	Hauteur (m)	Longueur (m)	largeur (m)	Surface (m²)	Volume (m3)
PUITS	Tranche 1	30.20	0.50			1205	602.05
	Tranche 2	30.70	0.50				602.05
	Tranche 3	31.20	0.30				361.50
PUITS TEMPORAIRE	Tranche 1	30.20	0.50	10.60	9.00	95.4	47.70
	Tranche 2	30.70	0.50	10.60	9.00		47.70
	Tranche 3	31.20	0.30	10.60	9.00		28.60
BASSIN D'EXHAURE	Tranche 1	30.20	0.50	22.40	8.00	179.2	89.60
	Tranche 2	30.70	0.50	22.40	8.00		89.60
	Tranche 3	31.20	0.30	22.40	8.00		53.80
CENTRALE TRAITEMENT DE BOUES	Tranche 1	30.20	0.50	20.00	3.90	78	78.00
	Tranche 2	30.70	0.50	20.00	3.90		78.00
	Tranche 3	31.20	0.30	20.00	3.90		23.40
							2102.00

Le volume soustrait à la crue de 2 102 m^3 correspond à l'émergence du puits, du puits temporaire, du bassin d'exhaure et de la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Il est prévu un décaissement de 59 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 2 118 m^3, hormis l'emprise du puits et du bassin d'exhaure.

Le calcul du volume décaissé est le suivant :

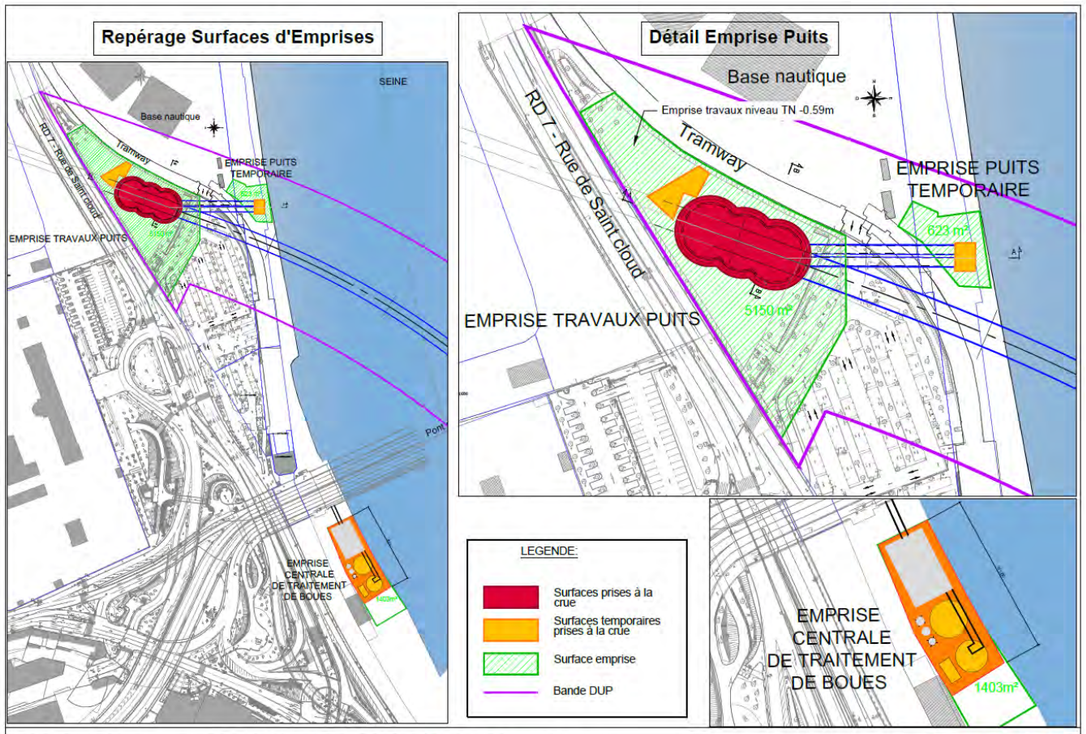
$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{puits} - S_{bassin\ d'exhaure}) \times 0,59$$

$$V_{décaissé} = (5\ 150 - 1\ 560) \times 0,59 = 3\ 590 \times 0,59$$

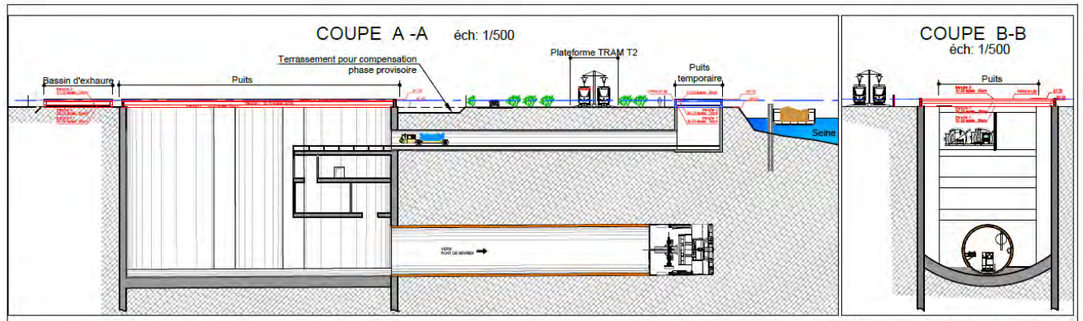
$$V_{décaissé} = 2\ 118\ m^3$$

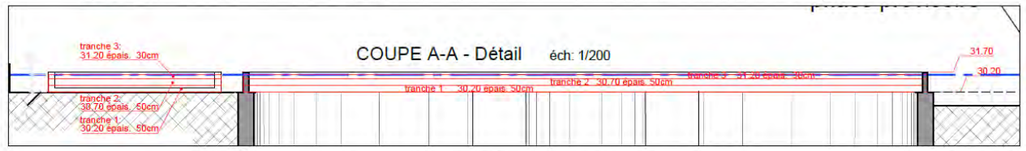
En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 1 560 m²) seront totalement compensées (total de 3 590 m² libérés à la crue).

De plus, la centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale. Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue.



OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en Plan — Phase provisoire





		Niveau TN	Hauteur (m)	Longueur (m)	largeur (m)	Surface (m²)	Volume (m3)
PUITS	Tranche 1	30.20	0.50			1205	602.05
	Tranche 2	30.70	0.50				602.05
	Tranche 3	31.20	0.30				361.50
PUITS TEMPORAIRE	Tranche 1	30.20	0.50	10.60	9.00	95.4	47.70
	Tranche 2	30.70	0.50	10.60	9.00		47.70
	Tranche 3	31.20	0.30	10.60	9.00		28.60
BASSIN D'EXHAURE	Tranche 1	30.20	0.50	22.40	8.00	179.2	89.60
	Tranche 2	30.70	0.50	22.40	8.00		89.60
	Tranche 3	31.20	0.30	22.40	8.00		53.80
CENTRALE TRAITEMENT DE BOUES	Tranche 1	30.20	0.50	20.00	3.90	78	78.00
	Tranche 2	30.70	0.50	20.00	3.90		78.00
	Tranche 3	31.20	0.30	20.00	3.90		23.40
							2102.00

Surface d'emprise ..... = 5150 m²
- surfaces puits = 1205
+ bassin d'exhaure 22.40x8=179.2m²
+ centrale boue 20x3.90=78m²
+ puits temporaire 10.60x9=95.40m²
= 1557.6 m²

PHASE TRAVAUX Compensation = 2102 : 3592.4= 0.59 m soit nivellement de la surface d'emprise = (TN.) 30.20 - 0.59 = 29.61

OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUMES A COMPENSER - Coupes — Phase provisoire

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05
projet	50 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	+ 0,16
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05

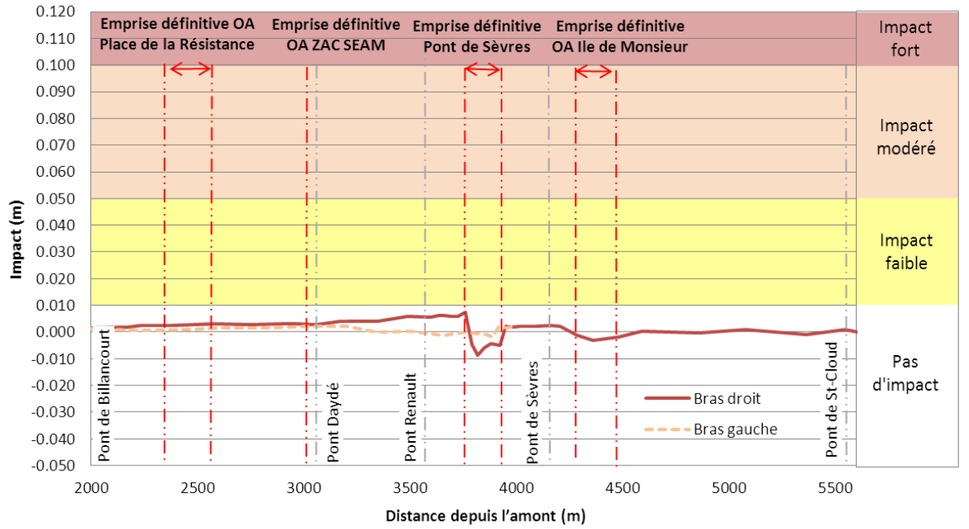
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

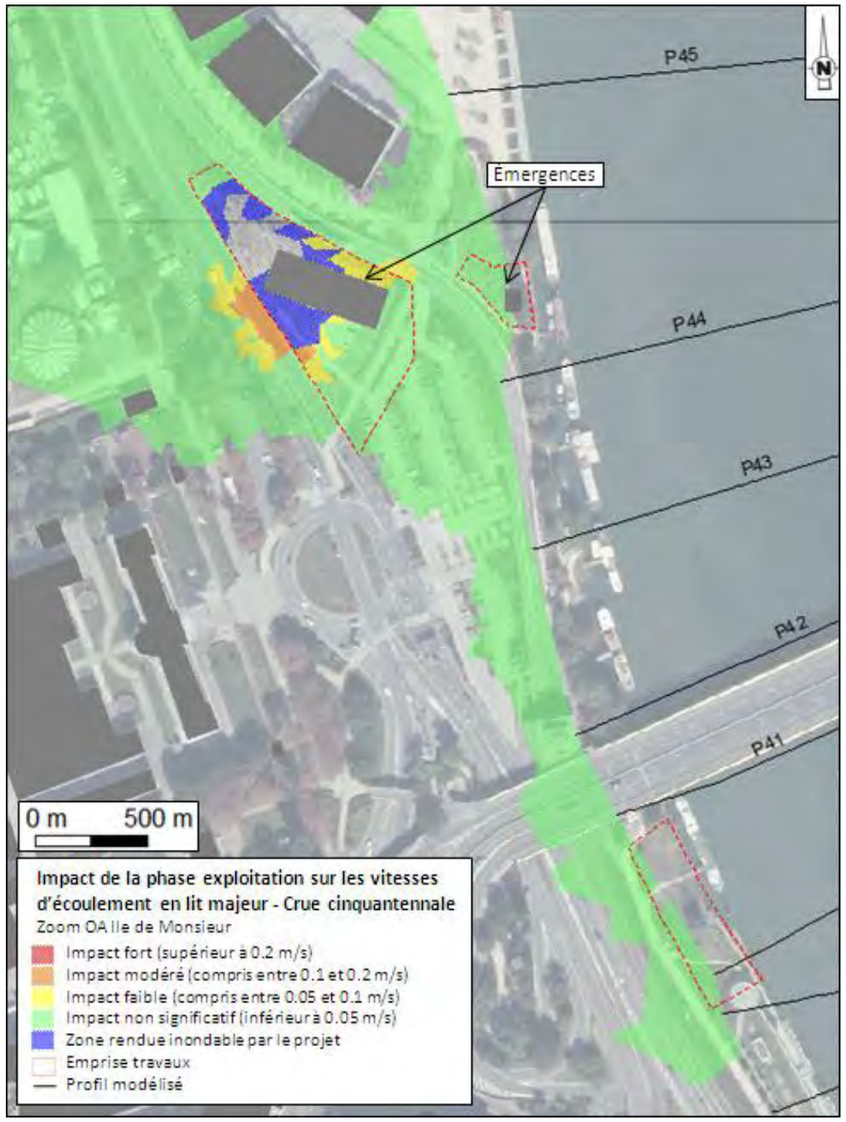
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de conclure les deux points suivants :

Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

Pour le lit majeur : l'analyse des résultats du tableau ci-avant montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**, à l'**exception de la crue de projet 50 ans** qui induit une augmentation localisée de la vitesse de 0,16 m/s (voir figure ci-après).



Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Étant donné la durée prévisionnelle des travaux sur le puits d'attaque de l'OA Ile de Monsieur (durée estimée à 15 ans car ce dernier restera en place pour pouvoir être utilisé lors de la construction de la ligne 15 Ouest), le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite à la crue (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,20 ; 30,70]	0,50	30	15,4
2	[30,70 ; 31,20]	0,50	30	15,4
3	[31,20 ; 31,50]	0,30	30	9,2
TOTAL	**[30,20 ; 31,50]**	**1,30**	**-**	**40**

Le volume soustrait à la crue de 1 640 m^3 correspond à l'émergence du puits, du puits temporaire, du bassin d'exhaure et de la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Il est prévu un décaissement de 26 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 183 m^3, hormis l'emprise du puits et du bassin d'exhaure.

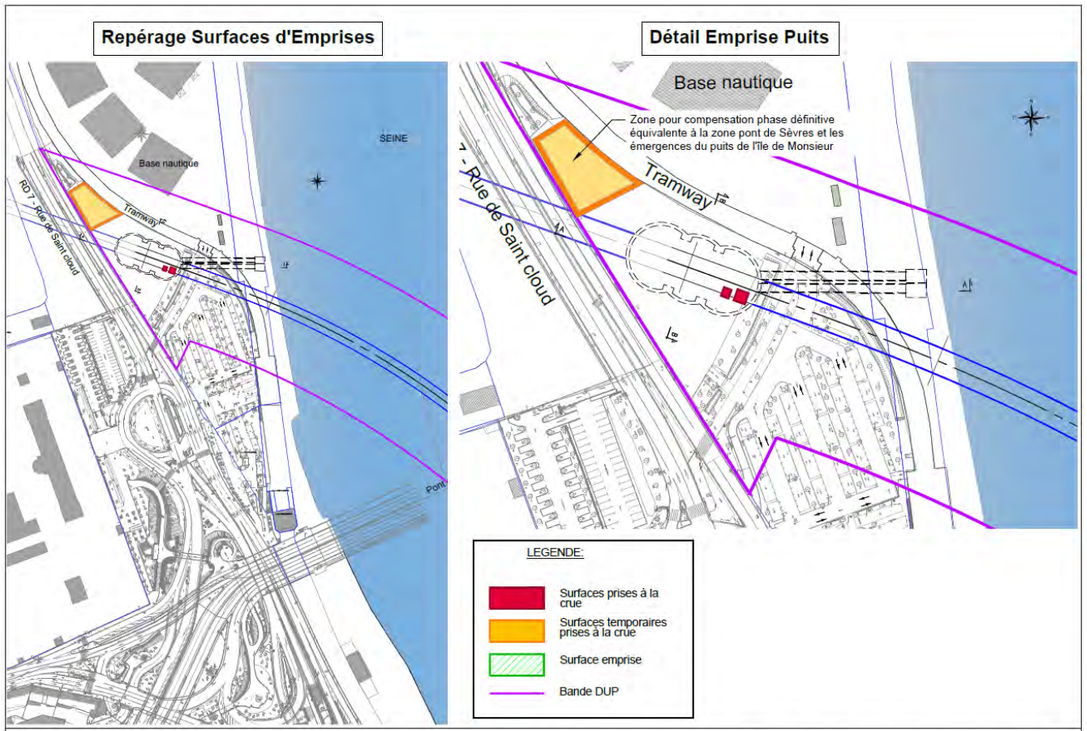
Le calcul du volume décaissé est le suivant (détail pages suivantes) :

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{gaines}) \times 0,26$$

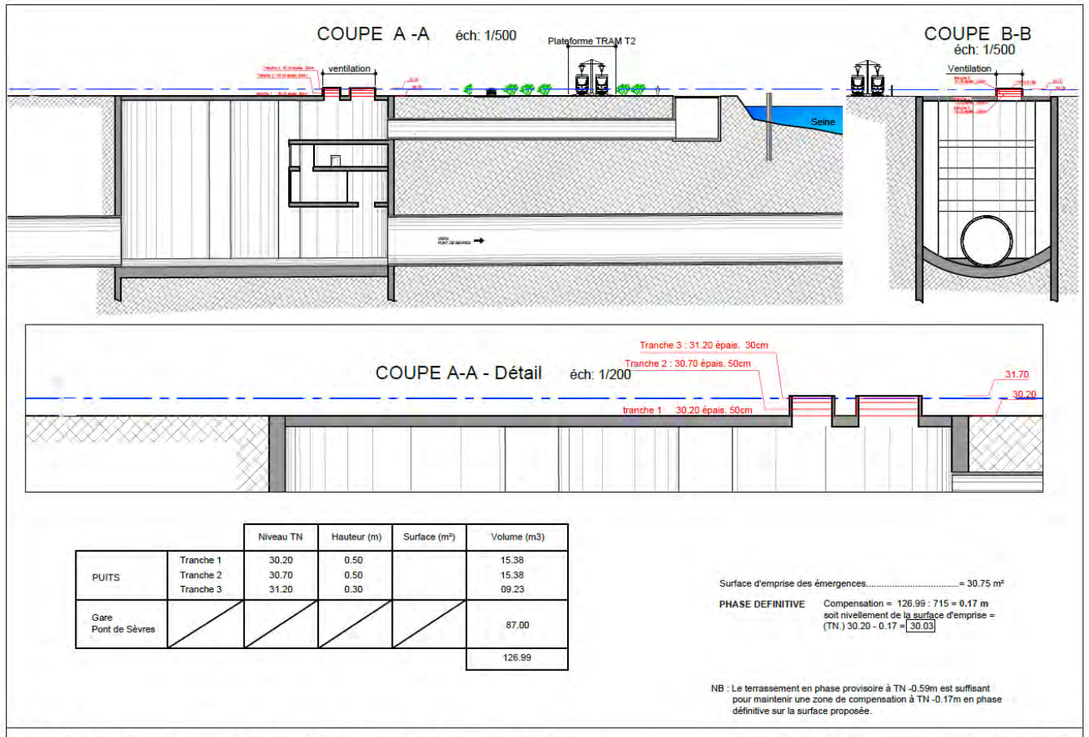
$$V_{décaissé} = (744 - 30) \times 0,26 = 714 \times 0,26$$

$$V_{décaissé} = 183\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Le surplus permettra la compensation du volume résiduel pour la gare de Pont de Sèvres, soit 143 m^3. **Les surfaces soustraites à la crue (total de 30+595 m²) seront totalement compensées (total de 714 m² libérés à la crue).**



OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en Plan — Phase définitive après intervention T4



		Niveau TN	Hauteur (m)	Surface (m²)	Volume (m3)
PUITS	Tranche 1	30.20	0.50		15.38
	Tranche 2	30.70	0.50		15.38
	Tranche 3	31.20	0.30		09.23
Gare Pont de Sèvres					87.00
					126.99

Surface d'emprise des émergences..... = 30.75 m²

PHASE DEFINITIVE Compensation = 126.99 : 715 = **0.17 m**
soit nivellement de la surface d'emprise =
(TN.) 30.20 - 0.17 = 30.03

NB : Le terrassement en phase provisoire à TN -0.59m est suffisant pour maintenir une zone de compensation à TN -0.17m en phase définitive sur la surface proposée.

OA 13 - Ile Monsieur - PPRI VOLUMES A COMPENSER - Coupes — Phase définitive après intervention T4

1.3.4.2 Gare du Pont de Sèvres

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zones A, B et D)
	Impacts en lit mineur	Jusqu'à la crue centennale, l'impact sur le niveau d'eau est faible (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1,2 cm sur un linéaire de 500 m en amont de la gare de Pont de Sèvres) et l'impact sur les vitesses est modéré avec une augmentation des vitesses de l'ordre de 0,23 m/s.
	Impacts en lit majeur	Le secteur amont (ZAC Seguin Rives de Seine) connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum jusqu'à la crue centennale, considéré comme un impact faible. L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré (augmentation maximale des vitesses de 0,14 m/s).
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zones A, B et D)
	Impacts en lit mineur	L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	- l'aménagement en phase exploitation n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau au droit du secteur de la gare de Pont de Sèvres (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré ; - Le volume soustrait à la crue est de 90 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation mutualisée avec la réalisation d'un décaissé du terrain principal de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

La figure ci-après présente une reconstitution 3D de la berge au droit de la future gare du Pont de Sèvres. La berge est constituée d'une partie en perré et d'une partie en mur droit.



Vue en perspective de la berge actuelle sur Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)

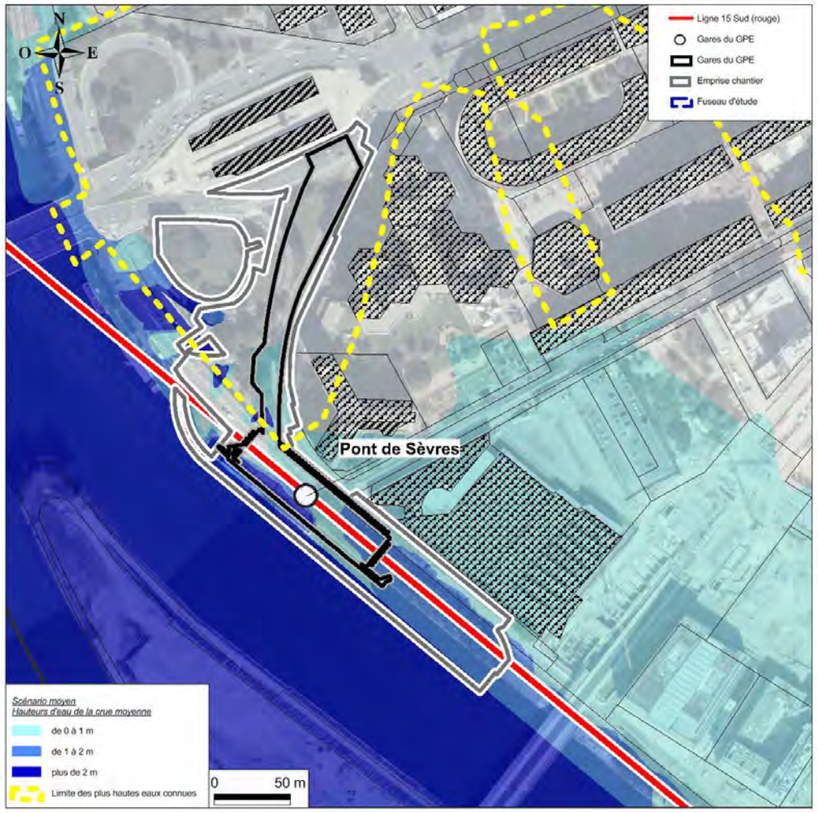
L'extrait ci-contre présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau.

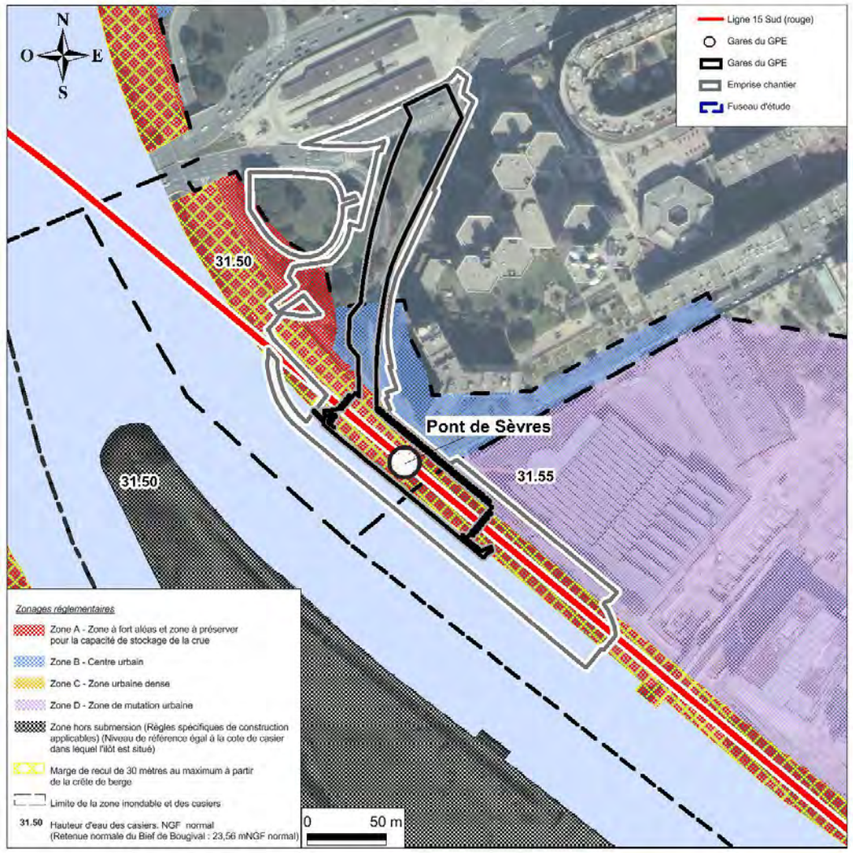
L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située à proximité de la gare routière au nord reste hors d'eau.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », sont situées dans la zone A, à savoir la zone réglementaire du PPRI la plus prescriptive.

Les emprises sont également concernées par les zones réglementaires B et D, à savoir « centre urbain » et « zone de mutation urbaine », correspondant à la ZAC Seguin – Rives de Seine.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92 (source : DRIEE)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI</u>

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans les deux zones réglementées concernées : A, B et D. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement

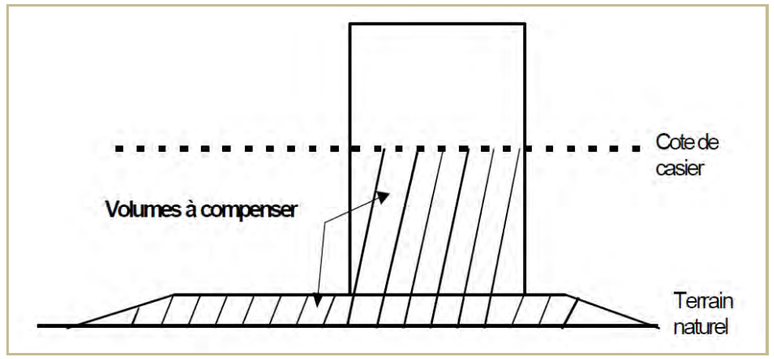
précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare du Pont de Sèvres apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;
- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;
- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…) ;
- En cas d'opération d'aménagement d'ensemble (ZAC, lotissement, opérations groupées, zone portuaire...), le volume à compenser est localisé sur l'emprise de l'ensemble de l'opération sous réserve que la localisation de ces compensations et leurs volumes ne provoquent pas d'aggravation de la situation en amont et en aval de l'opération (une étude technique doit être fournie par le pétitionnaire).



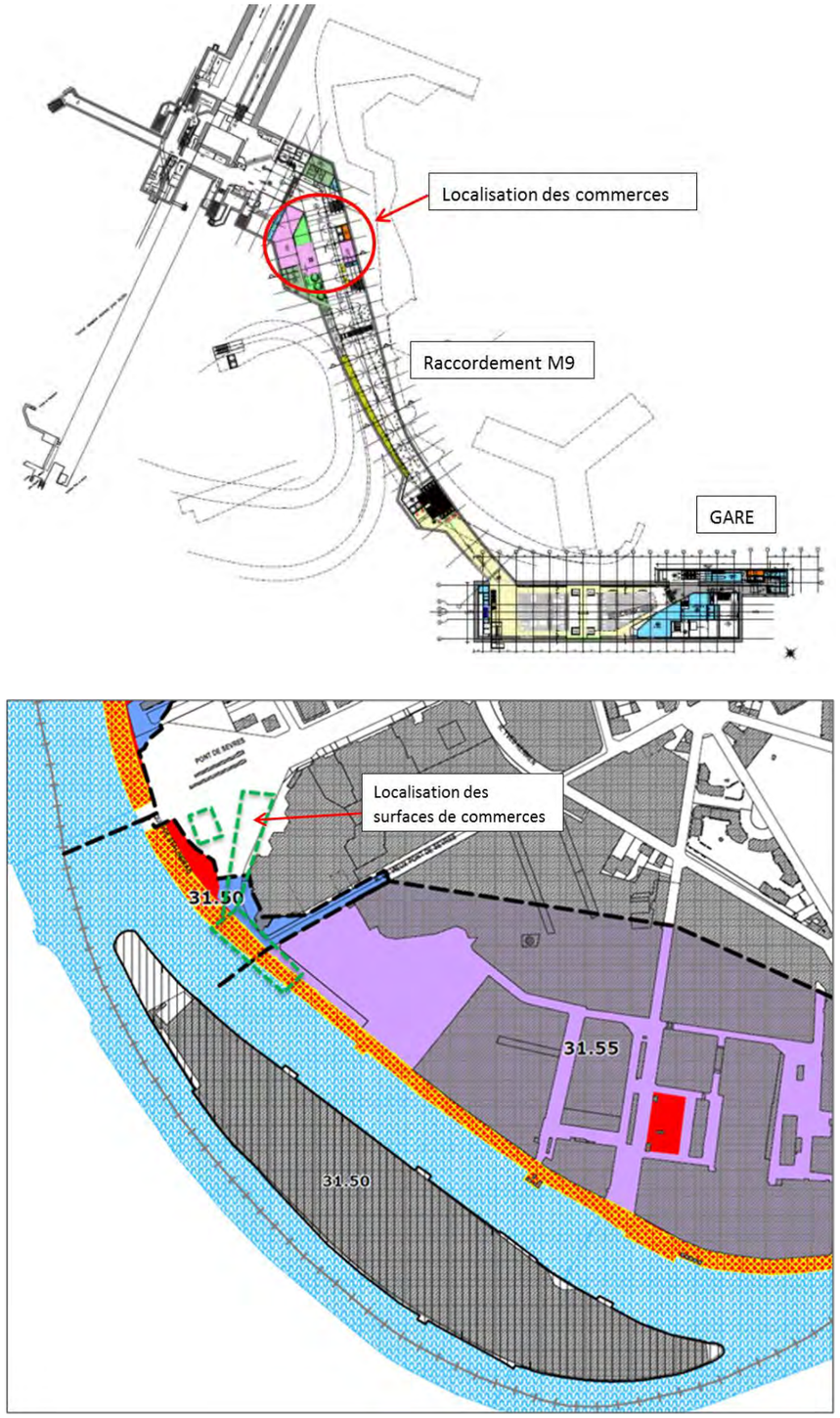
Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés au nivellement et aux émergences de la gare du Pont de Sèvres sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,00 m NGF. Il est prévu de mutualiser la compensation au droit de l'ouvrage annexe IIe de Monsieur. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*.

Le chapitre 1.2 (zone A) précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*. Il en est de même pour la zone B (chapitre 2.1) et pour la zone D (chapitre 4.2). Ces deux dernières zones offrent tout de même des assouplissements pour certains usages :

- En zone B, Les surfaces de bureaux, commerces et activités, à usage autre que centres d'intervention et de secours, centres d'exploitation de services publics, centres de contrôle, surfaces d'habitation ou d'hébergement collectif de personnes, peuvent aussi être implantés au-dessus de la cote de la voirie existante sans pouvoir être situés à plus de 2 m au-dessous de la cote de casier, sous réserve que la SHON totale située en dessous de cette cote soit :
  - inférieure ou égale à 300 m² lorsque la surface de l'unité foncière est inférieure à 3 000 m².
  - inférieure ou égale à 10 % de la surface de l'unité foncière lorsque celle-ci est supérieure à 3 000 m². En cas d'opération d'aménagement d'ensemble, cette surface peut être répartie sur l'entité foncière hors surfaces de voirie sans pouvoir dépasser 30% de la surface d 'une unité foncière donnée.
- En zone D, la cote de tout plancher nouvellement créé, à quelque usage que ce soit, doit être située au-dessus de la cote de casier. Cependant,
  - les entrées de bâtiments de moins de 30 m² de SHON et les rampes pour handicapés peuvent être installées jusqu'à la cote du terrain naturel ou de la voirie existante.
  - les caves des logements et les locaux techniques (contenant des équipements d'alimentation en énergie, télécommunications, transformateurs) peuvent être réalisés sous le niveau de la cote de casier à la condition d'être placés en cuvelage étanche établi jusqu'au niveau de cette cote. Le volume ainsi cuvelé doit être compensé par un volume au moins égal rendu inondable compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins.

Au niveau de la gare Pont de Sèvres, l'implantation de surfaces de commerces est prévue au niveau du couloir de raccordement au métro ligne 9, situé en dehors du zonage du PPRI.

L'implantation de ces surfaces de commerces est représentée sur les figures suivantes.



Cependant, les commerces étant créés dans une zone en déblai, une analyse plus poussée de la réglementation du PPRI peut être réalisée.

L'extrait de plan ci-dessous montre que les zones de commerces (en rose) sont effectivement implantées sous la côte casier la plus proche (31.50m).



En analysant l'implantation des commerces vis-à-vis de la réglementation de la zone du PPRI la plus proche (zone B) dans laquelle s'insère une partie du couloir de correspondance, il peut être constaté que :

- les commerces sont implantés le long d'une voirie, voie de raccordement entre la ligne 15 et la ligne 9,
- les commerces sont implantés moins de 2 m sous la côte casier (côte supérieure à 29.50m),
- la surface totale des commerces, représentant 255 m² (+terrasse), est inférieur à 1% de l'emprise du couloir de correspondance (3 000 m²) et a fortiori de l'emprise totale de la gare.

Par conséquent, l'implantation des commerces prévue au niveau du couloir de correspondance au droit de la gare de pont de Sèvres est compatible avec le PPRI, bien que celui-ci ne s'applique pas à cette zone.

c. *Phase chantier (version initiale)*

Aménagement en lit mineur

En phase travaux, les principales installations de chantier seront implantées dans l'échangeur de la RD910/RD1 situé hors zones inondables. Les autres installations seront placées sur pilotis ou au-dessus de la cote casier pour permettre le libre écoulement des eaux, notamment la centrale à boue.

Une paroi périphérique rehaussée par rapport à la cote casier sera créée afin d'éviter les entrées d'eau en cas de crue.

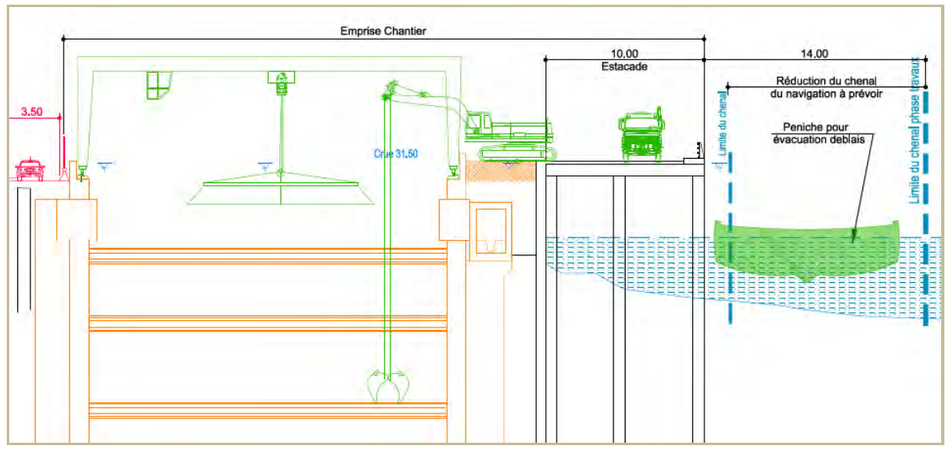
Par ailleurs, la réalisation de la boîte gare et le maintien de la circulation par déviation de voirie nécessite la réalisation d'un remblai et d'une estacade en Seine avec mise en œuvre d'un rideau de palplanches. Le remblai a été réduit dans la limite des contraintes techniques (parois avec refends pour consolider la boîte au regard de la nature géologique des terrains).

Le remblai provisoire est nécessaire pour réaliser une plate-forme de travail au droit de la gare. Il est maintenu par un rideau de palplanches qui règne sur la longueur de la gare et un peu de part et d'autre.

A la fin du chantier, les tubes métalliques de l'estacade sont recépés au niveau de la base du lit de la Seine. Le rideau mixte (palplanches+tubes) est recépé à 1m environ au dessus du fond du lit de la Seine. Cette partie de rideau mixte conservée en rive de Seine, est nécessaire car elle assure le maintien et le blocage de la galerie Sevesc durant la vie de l'ouvrage.Les ouvrages provisoires en Seine (remblais, estacades) seront placés à une cote de mise hors crue de 31,55 m + 20 cm.

Ainsi, la phase travaux prévoit :

- la mise hors d'eau de la boîte gare pour la crue de 1910 (rehausse de la paroi moulée au-dessus des 31,55 m NGF) ;
- la création d'un remblai en lit mineur par l'installation d'un rideau de palplanches sur 230 ml ;
- la création d'une estacade en lit mineur (voir vue en coupe ci-dessous).



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	+ 0,01	NI	+ 0,23	NI
1955	30 ans	+ 0,02	NI	+ 0,23	NI
projet	50 ans	+ 0,02	NI	+ 0,23	NI
1910	100 ans	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,23	+ 0,14

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

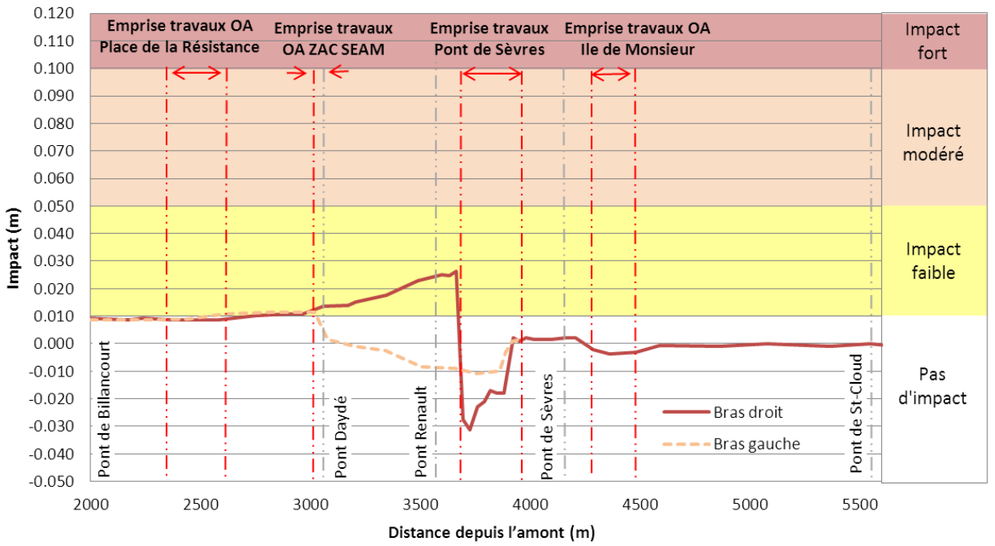
Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

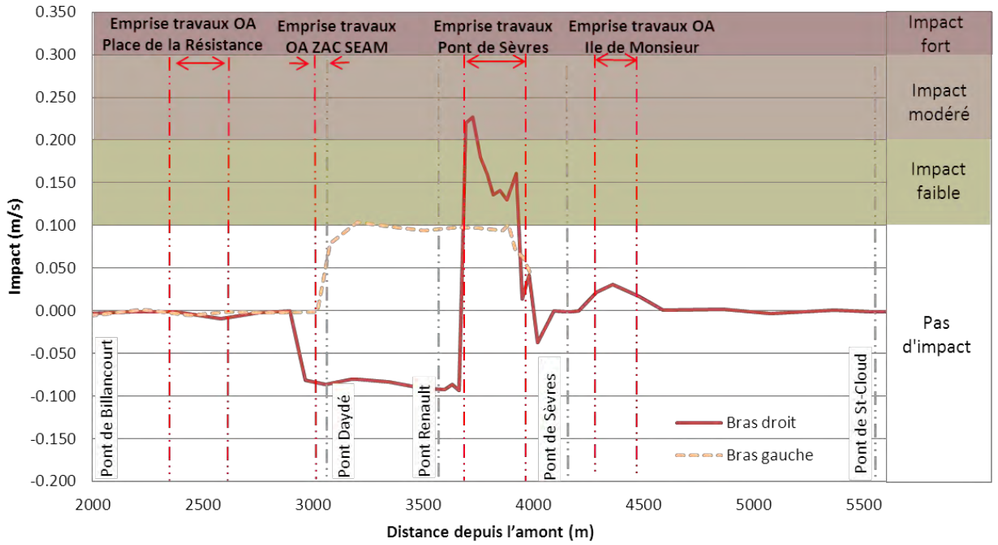
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est faible** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1,2 cm sur un linéaire de 500 m en amont de la gare de Pont de Sèvres) et l'**impact sur les vitesses est modéré** avec une augmentation des vitesses de l'ordre de 0,23 m/s (ponctuellement au droit de l'emprise des travaux de Pont de Sèvres). Ces impacts ne concernent que le bras droit de la Seine.

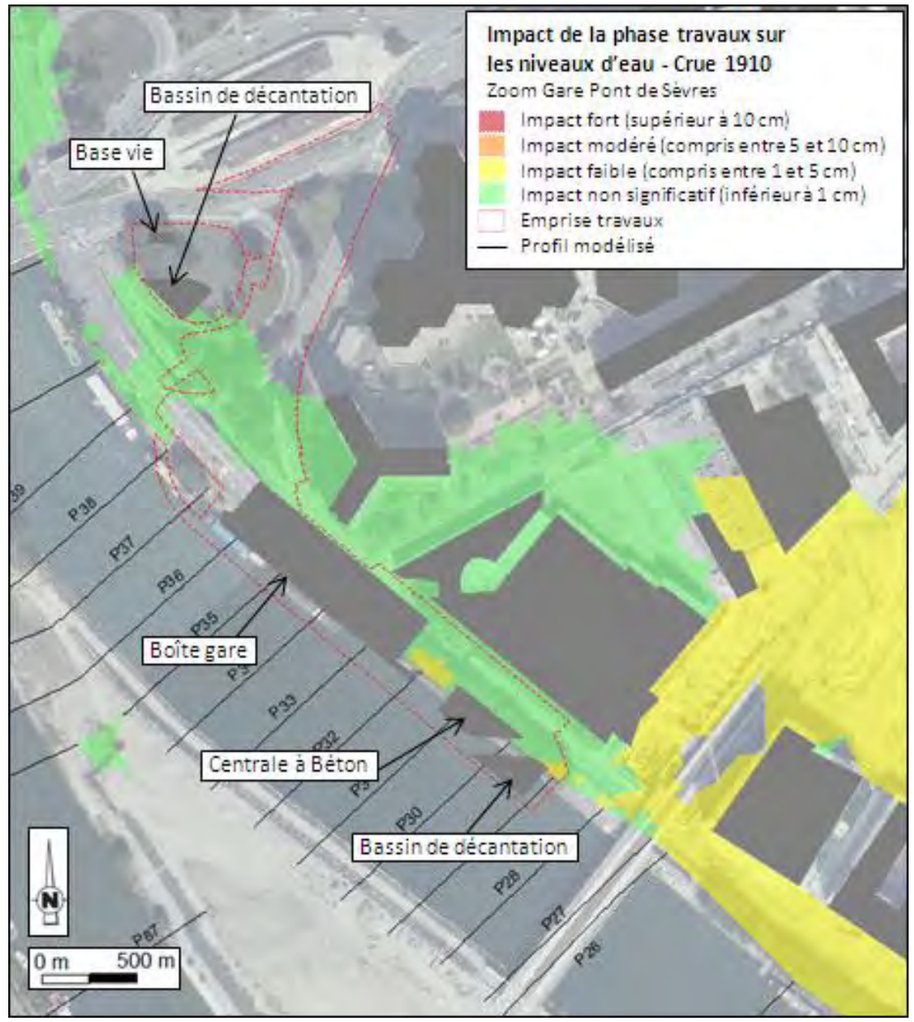
Le **rehaussement maximal attendu de la ligne d'eau et l'augmentation des vitesses sont dus pour l'essentiel à l'estacade modélisée située au droit du pont de Sèvres**. En effet, l'estacade est considérée dans la modélisation comme une boîte totalement étanche posée en lit mineur, ce qui constitue un **scénario majorant** en matière d'impact. En réalité, cette dernière repose sur des Ducs d'Albe.

En phase travaux, l'incidence sur le niveau d'eau reste décelable jusqu'à un peu plus de 500 m en amont de la future gare, au droit de l'ouvrage annexe ZAC SAEM.



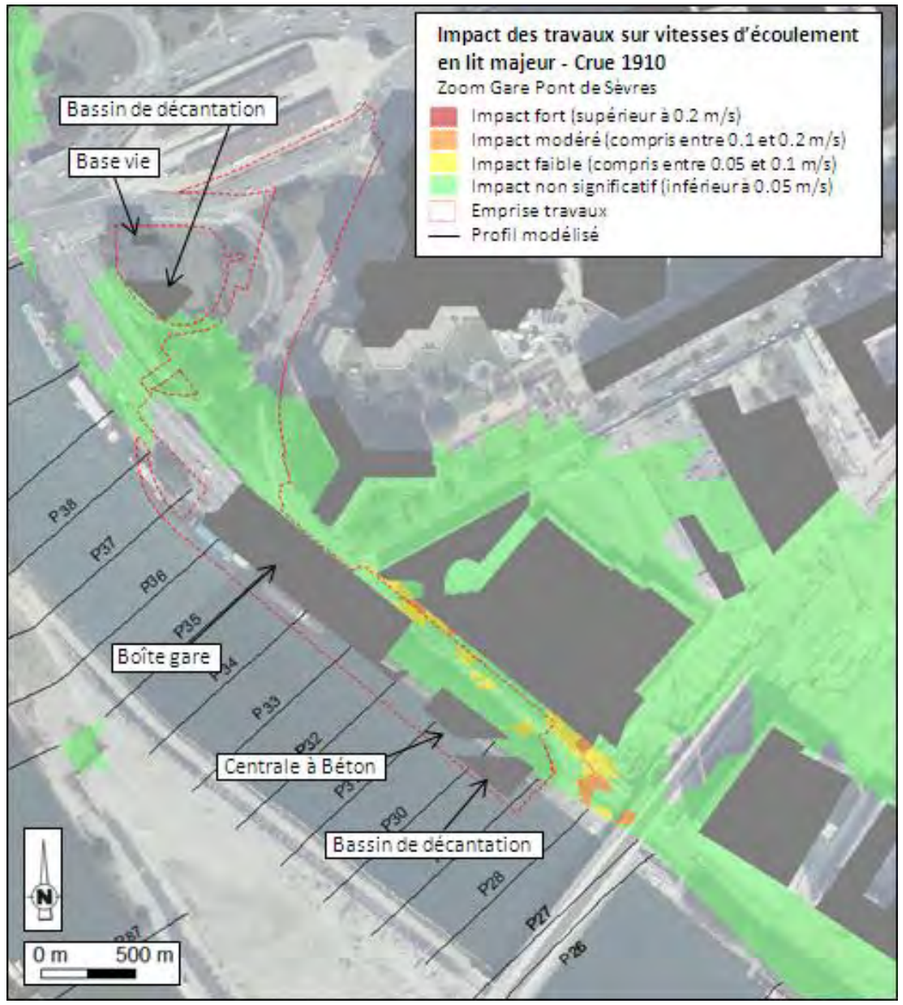


Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom Gare Pont de Sèvres

En lit majeur, la seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur amont (ZAC Seguin Rives de Seine) connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**. L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement** négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré (augmentation maximale des vitesses de 0,14 m/s) (voir figures ci-après).



Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom Gare Pont de Sèvres

d. <u>Mise en œuvre de mesures de réduction des incidences sur les lignes d'eau en phase chantier (version actualisée)</u>

Afin de réduire l'impact de la phase chantier sur les niveaux d'eau (2,6 cm), la maîtrise d'œuvre a proposé une modification de l'estacade consistant en un rétrécissement de celle-ci.

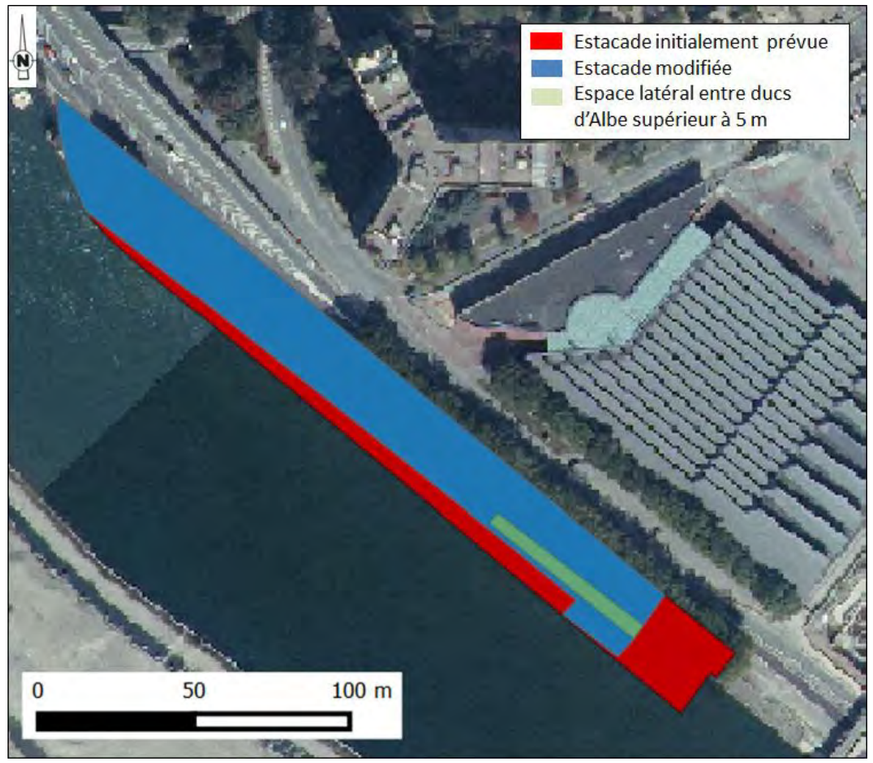
<u>Définition et modélisation de la phase chantier modifiée</u>

La modélisation en lit majeur de la phase chantier est identique à celle présentée au paragraphe précédent. La seule modification intervient sur l'estacade présente dans le lit mineur au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Celle-ci est rétrécie d'environ 5 m sur la quasi-totalité de sa longueur. D'autre part, sur les 60 premiers mètres de l'estacade modifiée, la largeur latérale entre deux ducs d'Albe est de 6 m. Ceci permet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », de ne pas considérer l'estacade comme entièrement pleine sur les 60 premiers mètres : seuls les espaces latéraux inférieurs ou égaux à 5 m sont considérés obstrués.

La carte suivante présente de manière succincte les différences entre l'estacade initiale et celle modifiée.

De la même manière que pour la phase travaux, l'estacade modifiée a été modélisée par un reprofilage des profils en travers au droit de la gare de Pont de Sèvres sur un linéaire d'environ 240 m (du profil P30 à P38).



Différence entre l'estacade initiale et l'estacade modifiée

Incidences de la phase chantier modifiée

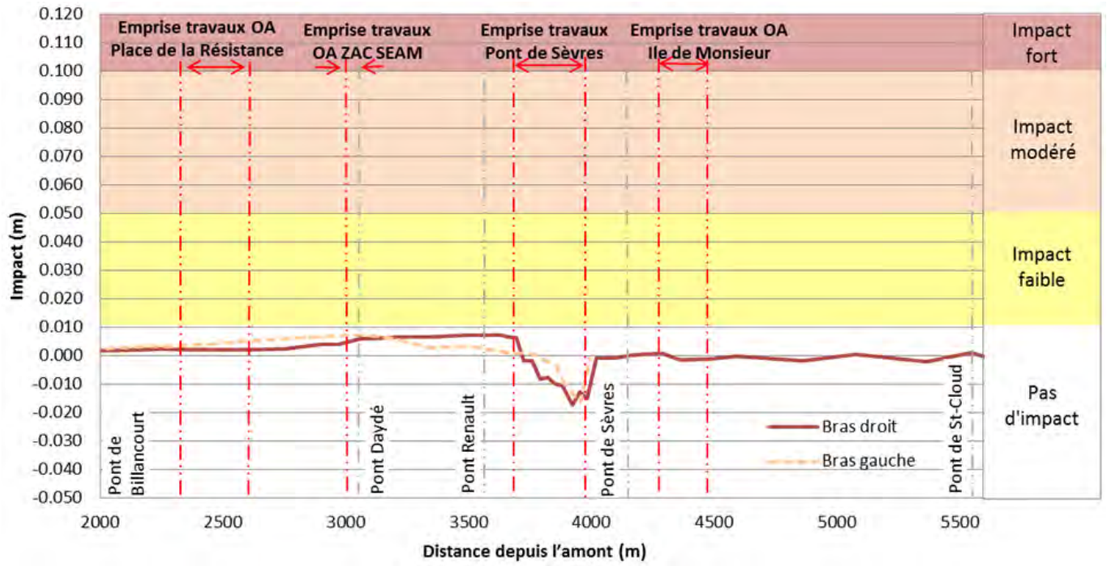
a) Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase travaux modifiée, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau inférieur centimètre en amont de la gare de Pont de Sèvres (**impact non significatif**),
- un abaissement de la ligne d'eau (de 1 à 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur au centimètre, cf. graphique suivant).



Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982

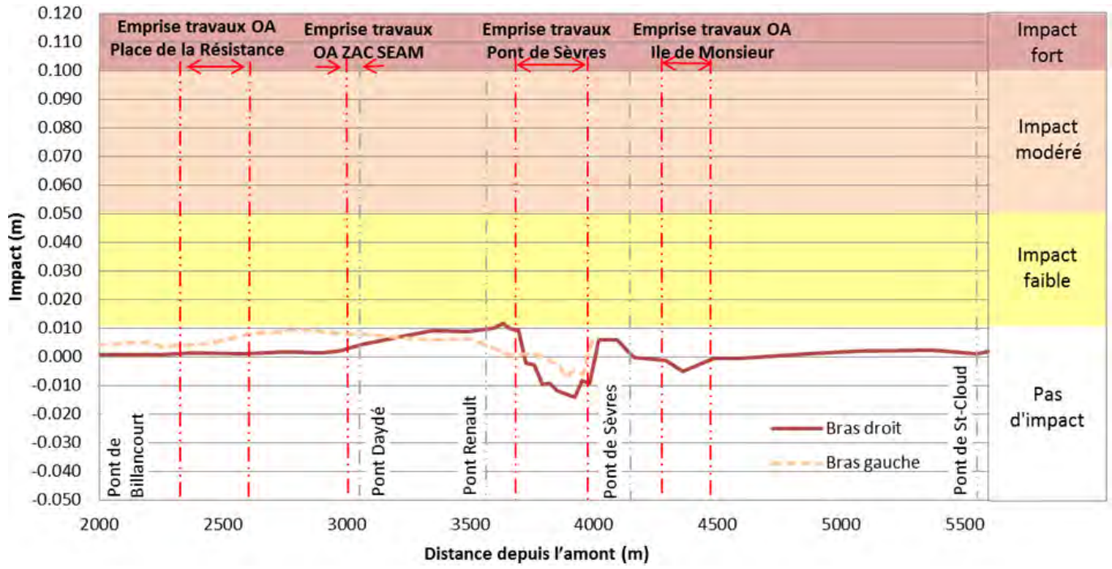
b) Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955 étant faiblement débordante, le seul l'ouvrage annexe pouvant avoir un impact sur les inondations en lit majeur est l'OA Ile de Monsieur. L'impact non significatif de cet ouvrage sur la crue de 1955 est inchangé par la modification de la phase travaux initialement prévue.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau de l'ordre du centimètre (inférieur à 1,1 cm) sur un linéaire d'environ 100 m en amont de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un **impact faible**,
- un abaissement de la ligne d'eau (de 1 à 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1.1 cm, cf. graphique suivant).



Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955

c) Crue de 1910 (crue centennale)

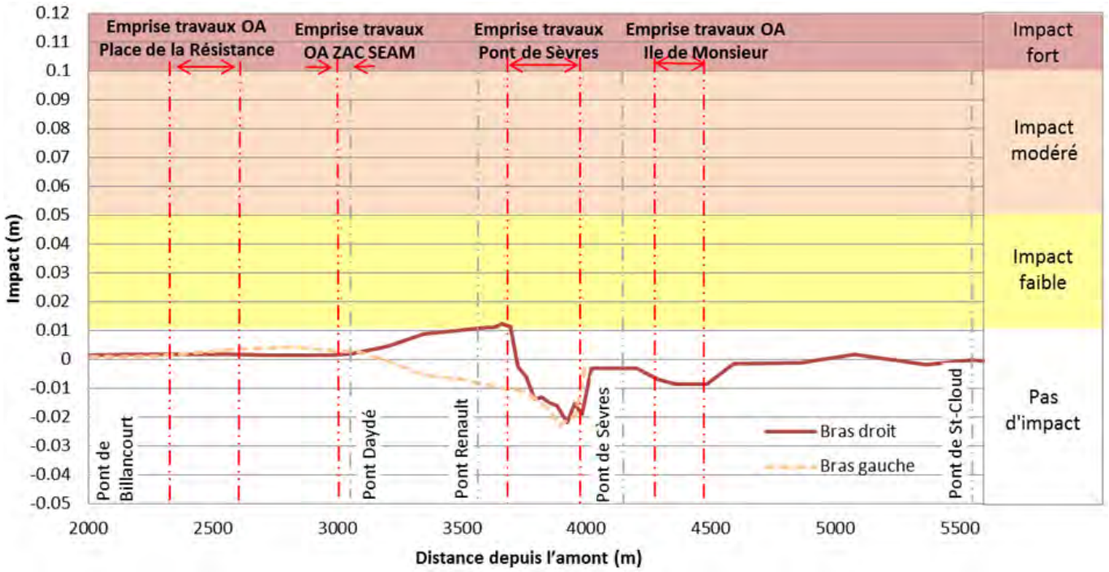
La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI des Hauts-de Seine. Cette crue débordante peut être impactée par l'OA Ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA place de la Résistance. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

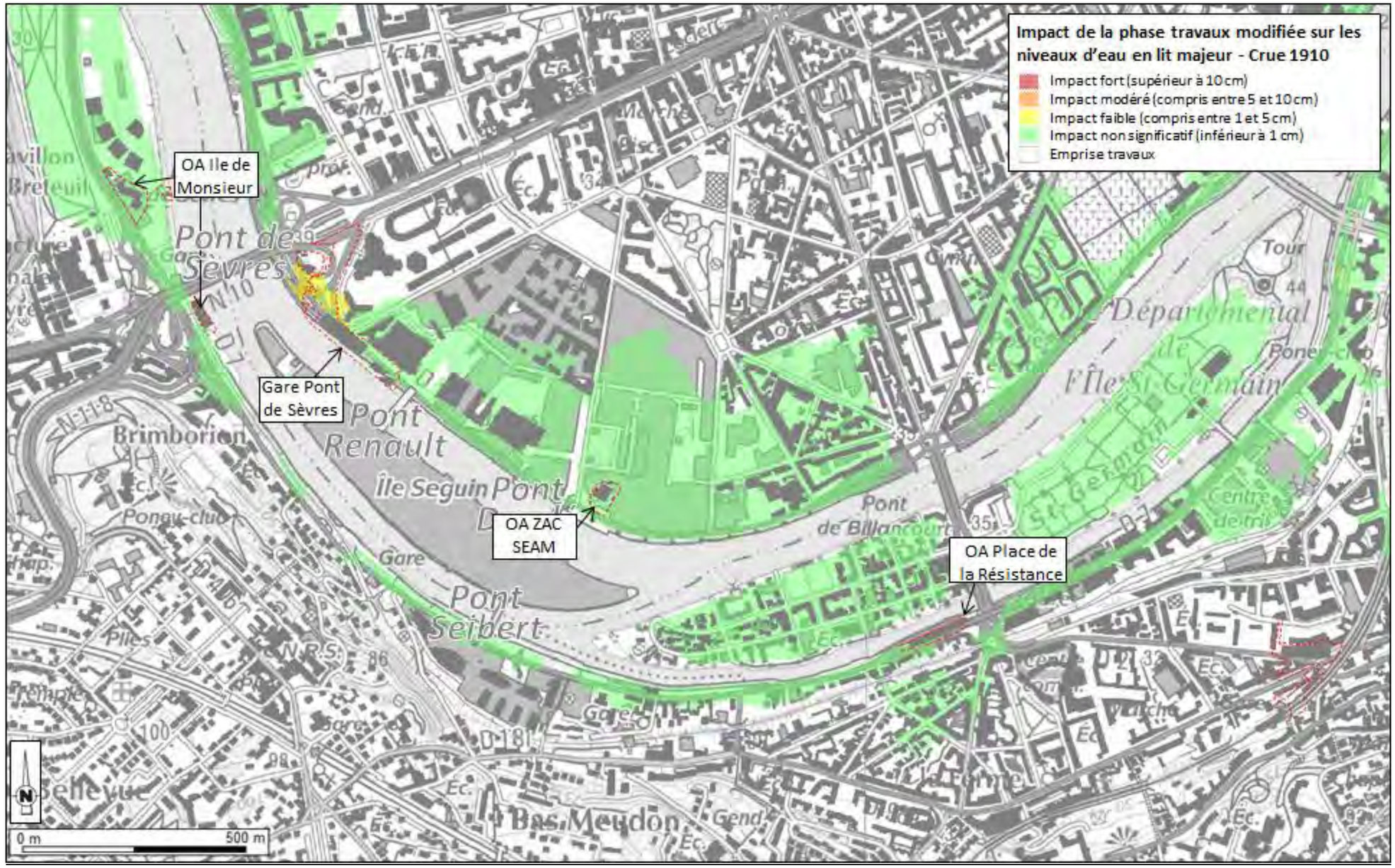
- un léger rehaussement de la ligne d'eau de l'ordre du centimètre (inférieur à 1,2 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres en lit mineur correspondant à un **impact faible** sur une distance d'environ 200 m,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau d'environ 1,5 cm au droit de la gare de Pont de Sèvres en lit majeur correspondant à un **impact faible**,

- un abaissement de la ligne d'eau de l'ordre de 1 cm au droit de l'OA Ile de Monsieur et de 2 cm au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1,2 cm en lit mineur et inférieur à 1,5 cm en lit majeur, cf. graphique et carte suivants).



Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910

Conclusion concernant la mesure de réduction des impacts en phase travaux

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues historiques de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux actualisée, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	+ 0,16	NI
1955	30 ans	< 0,02	NI	+ 0,16	NI
1910	100 ans	+ 0,012	+ 0,015	+ 0,15	+ 0,14

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

En phase travaux modifiée, le projet du Grand Paris Express a un impact faible sur les niveaux d'eau en lit mineur (inférieur à 1,2 cm) sur un linéaire d'environ 200 m en amont de la gare de Pont de Sèvres et en lit majeur (inférieur à 1,5 cm) en crue centennale. Les incidences engendrées par l'implantation de ducs d'Albe au droit de l'Ile Monsieur sont non significatifs.

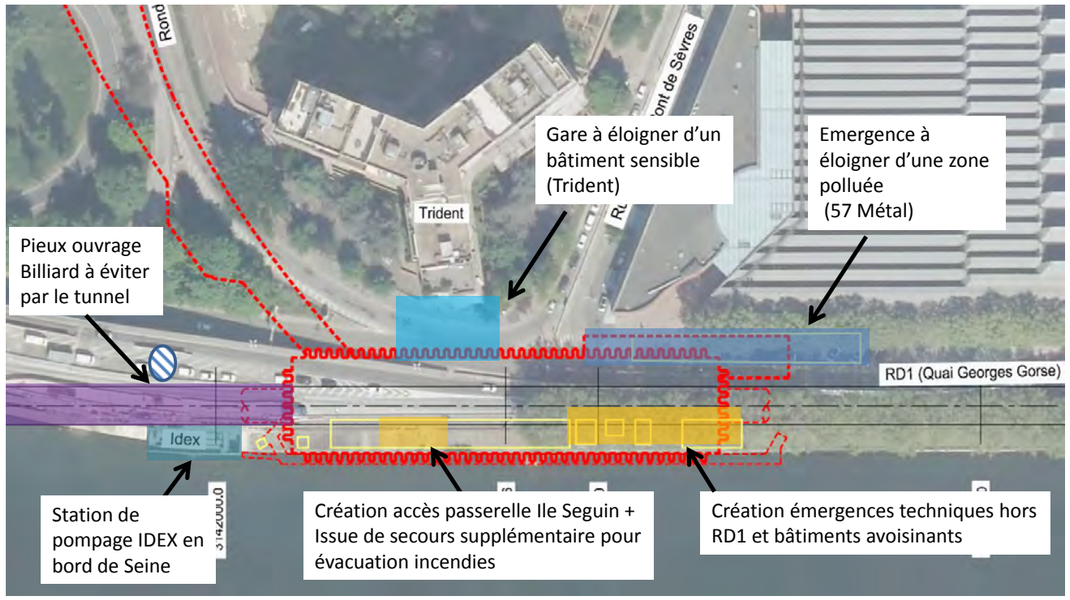
Ainsi, la modification de l'estacade, initialement envisagée, permet de réduire les impacts en phase travaux d'environ 1.5 cm en lit mineur. Désormais l'estacade induit un impact de 1,2 cm au lieu de 2,6 cm avant son optimisation.

e. Phase exploitation

Aménagement en lit mineur

L'aménagement de la gare du Pont de Sèvres doit répondre à un nombre important de contraintes externes, parmi lesquelles (voir carte de localisation des contraintes en figure suivante) :

- une distance de 10 m est à respecter avec l'immeuble « le Trident » afin d'éviter tout désordre dans le bâtiment ;
- la prise en compte du pieux de l'ouvrage Billiard, rampe routière provenant du pont de Sèvres ;
- une problématique de terrains pollués à proximité ;
- les émergences techniques de la gare qui doivent être éloignées des bâtiments (zone interdite pour l'implantation d'émergences de désenfumage gare).



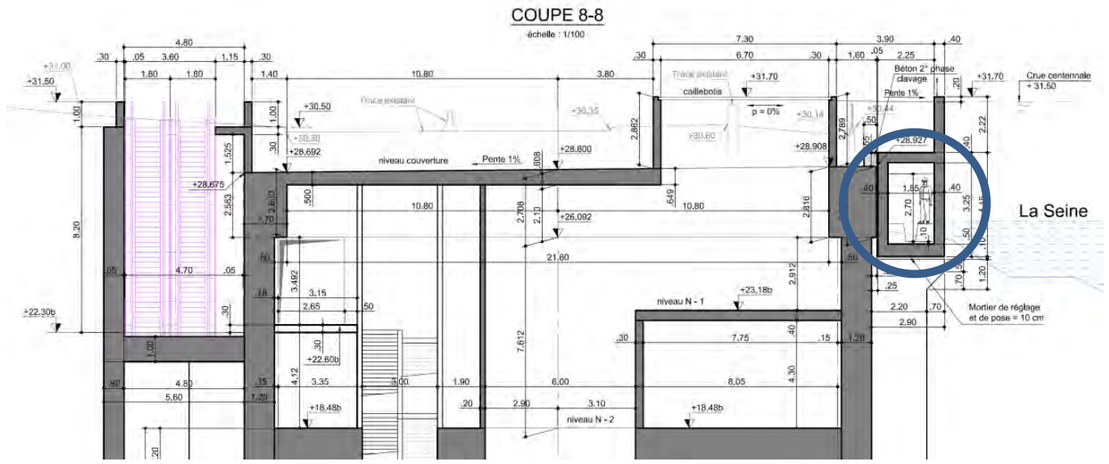
Principales contraintes sur le site de la future gare de Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)

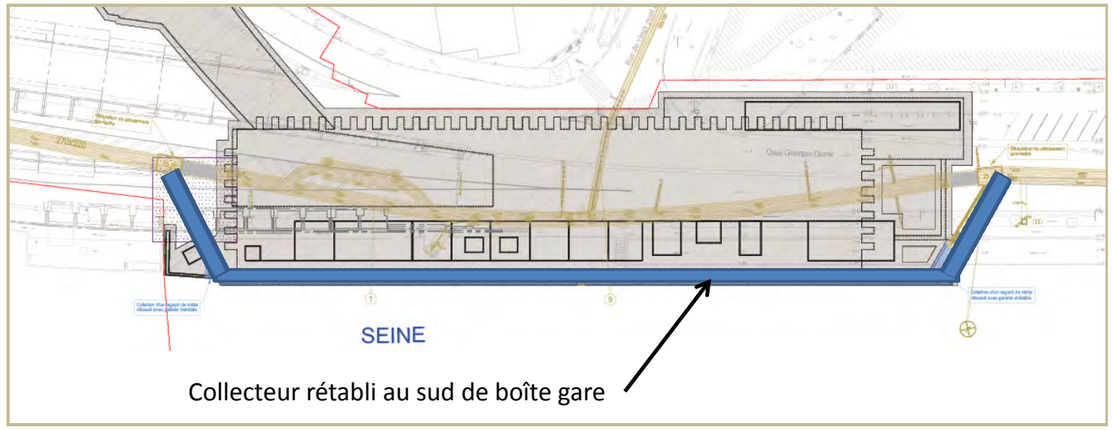
En outre, il est nécessaire de prévoir un corridor pour le passage des réseaux déjà existants. À ce titre, il est notamment nécessaire de maintenir la connexion hydraulique gravitaire d'un collecteur unitaire sous maîtrise d'ouvrage départemental (exploitant : SEVESC).

Plusieurs scénarios de déviation ont été étudiées par la Maîtrise d'œuvre afin d'éviter d'empiéter sur le lit mineur actuel.

L'une des principales mesures a été de **réduire au maximum la largeur de la boîte gare**. Cette largeur intérieure, de 22,30 m, correspond à une largeur de quais de niveau de service minimal, pour assurer le confort des usagers et assurer l'évacuation des personnes en cas d'accident, dans le respect de la réglementation.

Toutefois, les contraintes de raccordement gravitaire du collecteur départemental susmentionné imposent un positionnement du collecteur au droit de l'actuelle berge maçonnée en pente, au sud de la boîte gare (voir figures suivantes).





Par conséquent, l'aménagement de la gare de Pont de Sèvres implique une modification du profil de la berge actuelle. Le chapitre suivant détaille l'évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement, en particulier en lit mineur. Une vue en plan et des coupes sont fournies en annexe afin de comprendre les modifications prévues sur le profil des berges.

f. *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement*

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
projet	50 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	+ 0,18

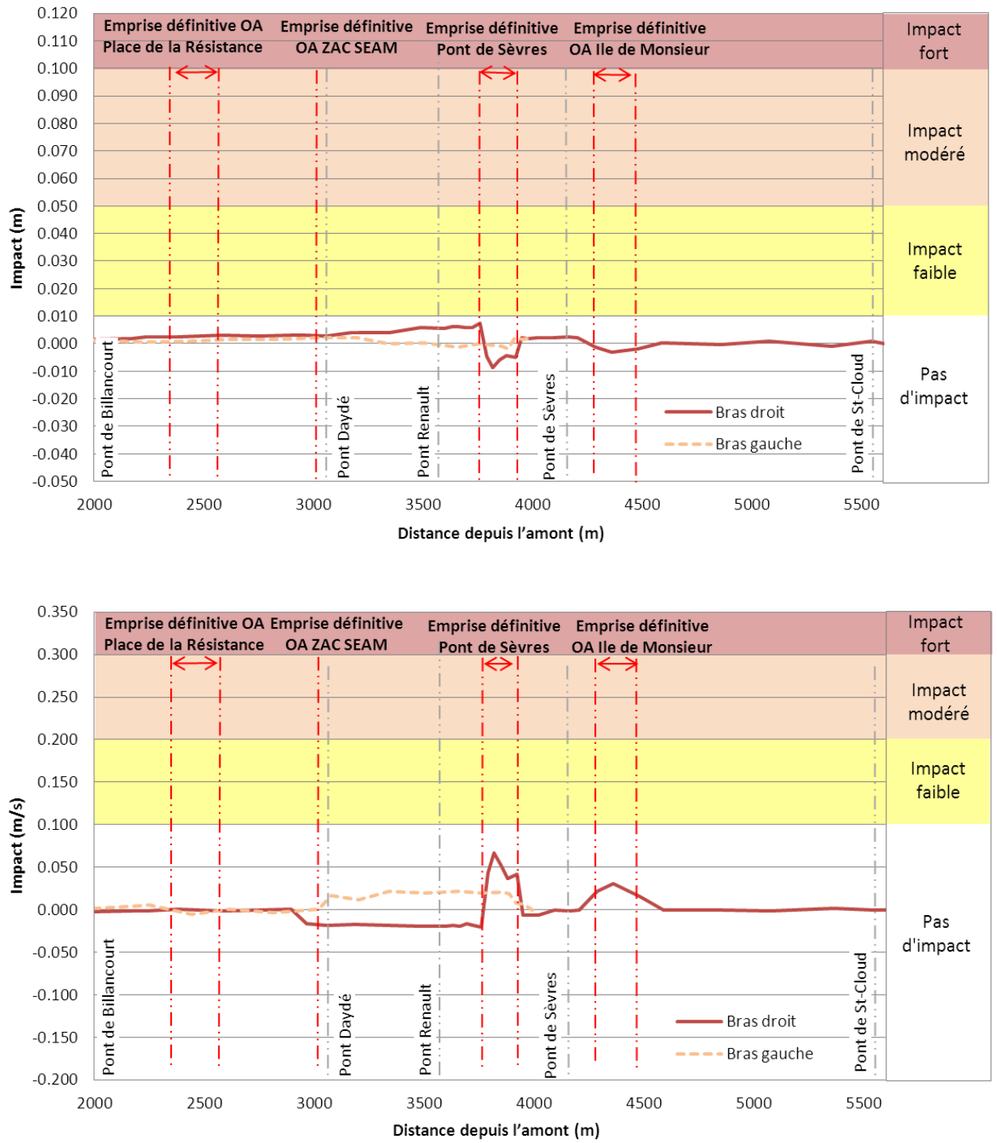
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

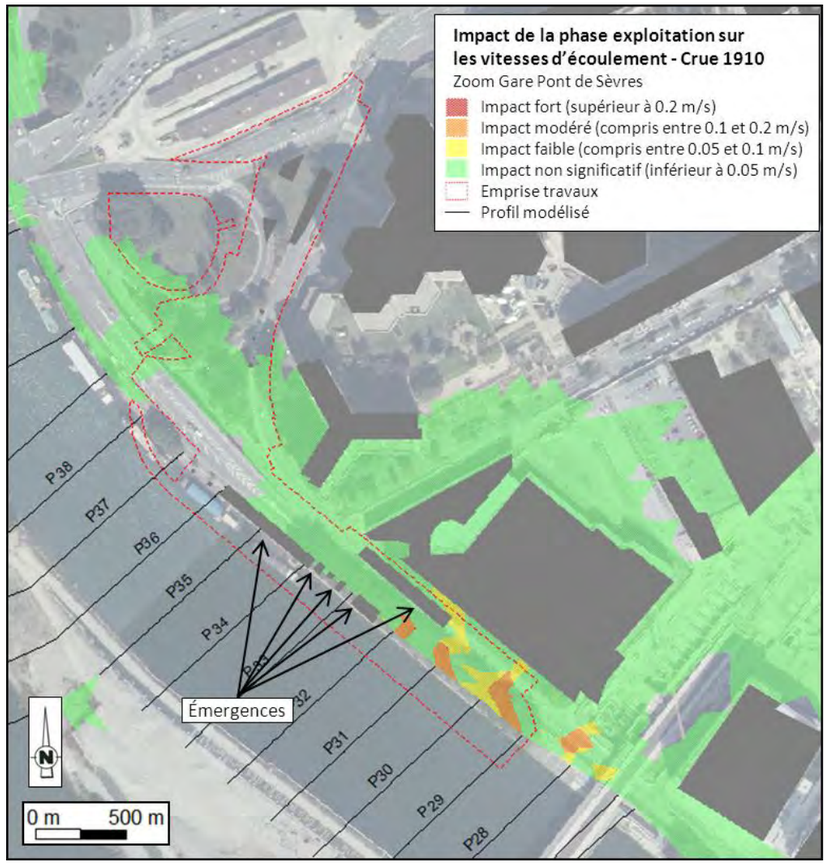
Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

N.B. : Ces résultats sont issus de la modélisation de l'avant-projet version B d'octobre 2014. Le projet a évolué favorablement en février 2015 afin de limiter l'incidence sur la surface mouillée en lits mineur et majeur (voir § « Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue »).

En lit majeur, l'aménagement en phase exploitation n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau** au droit du secteur de la gare de Pont de Sèvres (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de plusieurs secteurs limités le long de la RD1 en impact faible à modéré (augmentation maximale des vitesses de 0,18 m/s (voir figures ci-après).



Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom Gare Pont de Sèvres

g. *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue en phase exploitation*

L'avant-projet d'octobre 2014 a fait l'objet en février 2015 d'une optimisation afin de réduire l'emprise soustraite à la crue en lit mineur. À titre d'illustration, les deux perspectives ci-dessous présente la principale évolution : le décaissement du quai piéton sur l'ensemble de sa longueur.



Vue en perspective de la berge sur Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)



Vue en perspective de la berge optimisée sur Pont de Sèvres (source : Société du Grand Paris)

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit majeur. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre. Ils correspondent à la dernière version du projet (mai 2015).

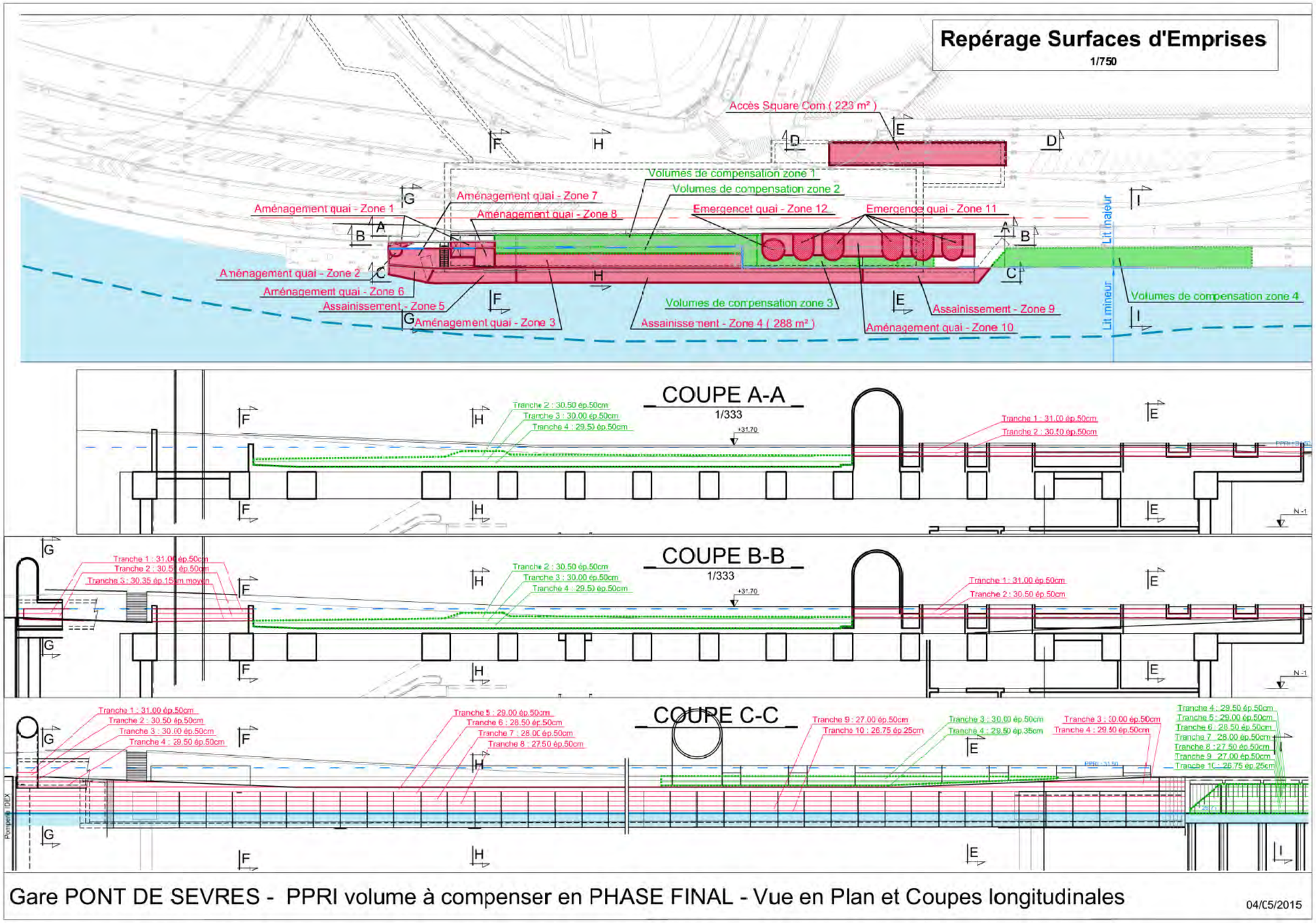
La vue en plan et les coupes pages suivantes permettent de situer les tranches altimétriques dans le projet.

Calcul Volume dans lit MAJEUR		Tranches altimétriques de compensation :										
		tranche 1	*tranche 2*	*tranche 3*	*tranche 4*	*tranche 5*	*tranche 6*	*tranche 7*	*tranche 8*	*tranche 9*	*tranche 10*	*Total :*
Aménagement quai zone 1	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30,35								
	surface (m²)	21	21	21								
	épaisseur (m)	0,5	0,5	0,2								
	volume (m3)	11	11	4	0	0	0	0	0	0	0	25
Emergence quai zone 10	Altimétrie dessous tranche (NGF)		-0,5									
	surface (m²)		275									
	épaisseur (m)		0,5									
	volume (m3)	0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	138
Emergence quai zone 11	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31										
	surface (m²)	140										
	épaisseur (m)	0,5										
	volume (m3)	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
Emergence quai zone 12	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31										
	surface (m²)	20										
	épaisseur (m)	0,5										
	volume (m3)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Accès Square COM	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5									
	surface (m²)	223	223									
	épaisseur (m)	0,5	0,5									
	volume (m3)	112	112	0	0	0	0	0	0	0	0	223
Volume de compensation zone 1	Altimétrie dessous tranche (NGF)		30,5	30	29,5							
	surface (m²)		105,6	189,0	189,0							
	épaisseur (m)		0,5	0,5	0,5							
	volume (m3)	0	-53	-95	-95	0	0	0	0	0	0	-242
Volume de compensation zone 3	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5							
	surface (m²)			92,0	70,0							
	épaisseur (m)			0,5	0,5							
	volume (m3)	0	0	-46	-35	0	0	0	0	0	0	-81

Volume total lit MAJEUR :	**143**	**m3**

Selon les conclusions du maître d'œuvre, **le volume soustrait à la crue en lit majeur est de 143 m³**. Ce bilan intègre des volumes rendus à la crue par rapport à la situation actuelle (en vert dans le tableau ci-dessus). **Conformément au règlement du PPRI, ce volume sera compensé au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur par un décaissé du terrain.**

Les surfaces soustraites à la crue sont également partiellement compensées avec une surface résiduelle à compenser de 595 m².


Repérage Surfaces d'Emprises
1/750
Accès Square Com (223 m²)
Volumes de compensation zone 1
Volumes de compensation zone 2
Aménagement quai - Zone 1
Aménagement quai - Zone 7
Aménagement quai - Zone 8
Emergencet quai - Zone 12
Emergence quai - Zone 11
Aménagement quai - Zone 2
Aménagement quai - Zone 6
Assainissement - Zone 5
Aménagement quai - Zone 3
Volumes de compensation zone 3
Assainissement - Zone 4 (288 m²)
Assainissement - Zone 9
Aménagement quai - Zone 10
Volumes de compensation zone 4
Lit majeur
Lit mineur
COUPE A-A
1/333
COUPE B-B
1/333
COUPE C-C
Tranche 1 : 31.00 ép.50cm
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
Tranche 3 : 30.00 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.50cm
Tranche 5 : 29.00 ép.50cm
Tranche 6 : 28.50 ép.50cm
Tranche 7 : 28.00 ép.50cm
Tranche 8 : 27.50 ép.50cm
Tranche 9 : 27.00 ép.50cm
Tranche 10 : 26.75 ép.25cm
Gare PONT DE SEVRES - PPRI volume à compenser en PHASE FINAL - Vue en Plan et Coupes longitudinales
04/05/2015

Évaluation des volumes pris en lit mineur

Issu des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit mineur. Le volume pris en lit mineur par l'aménagement des berges est de 1 705 m^3, en intégrant notamment les volumes immergés. Toutefois, le zonage du PPRI n'inclut pas le lit mineur (à partir du haut de berge) et de fait la nécessité de compenser en volume.

Calcul Volume dans lit MINEUR		Tranches altimétriques de compensation :										
		tranche 1	*tranche 2*	*tranche 3*	*tranche 4*	*tranche 5*	*tranche 6*	*tranche 7*	*tranche 8*	*tranche 9*	*tranche 10*	*Total :*
Aménagement quai zone 2	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30,35								
	surface (m^2)	4,3	4,3	4,3								
	épaisseur (m)	0,5	0,5	0,25								
	volume (m3)	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Aménagement quai zone 3	Altimétrie dessous tranche (NGF)					29	28,5	28	27,5	27		
	surface (m^2)					191,4	150,8	104,4	60,9	26,1		
	épaisseur (m)					0,5	0,5	0,5	0,5	0,25		
	volume (m3)	0	0	0	0	96	75	52	30	7	0	260
Aménagement quai zone 4	Altimétrie dessous tranche (NGF)					28	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m^2)					288	288	288	288	288	288	
	épaisseur (m)					0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	0	0	144	144	144	144	144	72	792
Aménagement quai zone 5	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m^2)			12,08	45,20	69,69	69,69	69,69	69,69	69,69	69,69	
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	6	23	35	35	35	35	35	17	220
Aménagement quai zone 6	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m^2)			16,5	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	8	12	12	12	12	12	12	6	83
Aménagement quai zone 7	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27		
	surface (m^2)			75,8	66,4	56,3	46,1	35,6	22,8	8,9		
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	volume (m3)	0	0	38	33	28	23	18	11	4	0	156
Aménagement quai zone 8	Altimétrie dessous tranche (NGF)	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28	27,5	27		
	surface (m^2)	31,6	31,6	30,1	24,9	19,7	13,0	9,5	6,0	2,5		
	épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	volume (m3)	16	16	15	12	10	7	5	3	1	0	84
Aménagement quai zone 9	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m^2)			30,1	72,8	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	15	36	49	49	49	49	49	25	323
Volume de compensation zone 2	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5							
	surface (m^2)			22,0	63,8							
	épaisseur (m)			0,5	0,5							
	volume (m3)	0	0	-11	-32	0	0	0	0	0	0	-43
Volume de compensation zone 4	surface (m^2)				29,5	29,35	29,35	29,35	29,35	29,35	29,35	
	épaisseur (m)				284,3	232,8	188,6	145,1	98,2	55,7	26,7	
	volume (m3)	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
					-142	-116	-94	-73	-49	-28	-7	-509
											Sous total	1367

Calcul Volume immergé (impact en lit mineur)			
	section transversale (m^2)	linéaire (m)	volume (m3)
Galerie SEVESC	2,5	135	338

Volume total lit MINEUR :	1705	m3

h. Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue en phase travaux

L'avant-projet d'octobre 2014 a fait l'objet en février 2015 d'une première optimisation afin de réduire l'emprise soustraite à la crue en lit mineur en phase travaux puis d'une ultime modification en mai 2015.

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit majeur. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre. La vue en plan et les coupes pages suivantes permettent de situer les tranches altimétriques dans le projet.

Selon les conclusions du maître d'œuvre, **le volume soustrait à la crue en lit majeur est de 2 807 m³. Conformément au règlement du PPRI, ce volume sera compensé au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur par un décaissé du terrain.**

Les surfaces soustraites à la crue sont également partiellement compensées avec une surface résiduelle à compenser de 2 995 m².

Gare Pont de Sèvres - PPRI Volumes à compenser : Tableau de synthèse des volumes en phase travaux

Calcul Volume dans lit MAJEUR			Tranches altimétriques de compensation :									
			Tranche 1	*Tranche 2*	*Tranche 3*	*Tranche 4*	*Tranche 5*	*Tranche 6*	*Tranche 7*	*Tranche 8*	*Tranche 9*	*Tranche 10*	*Total :*
Correspondance M9	Mise hors crue centennale en phase travaux	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29,25	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	600	336	276	228	216						
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25						
		volume (m3)	300	168	138	114	54						**774**
Installations chantier mises hors crue	- Centrale à béton (sur pilotis) - Container, stockage divers - Bassin d'exhaure	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	503,5	503,5									
		épaisseur (m)	0,5	0,5									
		volume (m3)	252	252									**504**
Boîte gare dans lit majeur	Mise hors crue centennale en phase travaux	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30,35	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	1820	789,906	856,28								
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,15								
		volume (m3)	910	395	128								**1433**
Remblai en Seine dans lit majeur zone 1		Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30,3	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	59,4	59,4	59,4								
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,2								
		volume (m3)	30	30	12								**71**
Rembali culée dans lit majeur		Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,7	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	13,9	13,9	13,9	13,9							
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,3							
		volume (m3)	7	7	7	4							**25**

Volume total lit MAJEUR :	**2807**	**m3**

Evaluation des volumes pris en lit mineur

Issu des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit mineur. Le volume pris en lit mineur par l'aménagement des berges est de 10 699 m^3, en intégrant notamment les volumes immergés. Toutefois, le zonage du PPRI n'inclut pas le lit mineur (à partir du haut de berge) et de fait la nécessité de compenser en volume.

Calcul Volume dans lit MINEUR			Tranches altimétriques de compensation :									
			Tranche 1	*Tranche 2*	*Tranche 3*	*Tranche 4*	*Tranche 5*	*Tranche 6*	*Tranche 7*	*Tranche 8*	*Tranche 9*	*Tranche 10*	*Total :*
Boîte gare dans lit mineur	Mise hors crue centennale en phase travaux	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	382	382	368	320	271	215	167	115	63		
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
		volume (m3)	191	191	184	160	136	108	83	57	31	0	**1142**
Remblai en Seine dans lit mineur zone 1		Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	980	980	980	980	980	980	980	980	980	980	
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
		volume (m3)	490	490	490	490	490	490	490	490	490	245	**4655**
Remblai en Seine dans lit mineur zone 2		Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	58,6	58,6	56,1	49,7	40,9	32,0	24,5	14,2	5,8		
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
		volume (m3)	29	29	28	25	20	16	12	7	3	0	**170**
Rembali culée dans lit mineur		Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	34,1	34,1	34,1	34,1	31,5	27,8	24,2	20,0	16,8	10,5	
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
		volume (m3)	17	17	17	17	16	14	12	10	8	5	**134**
Estacades provisoires		Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	3400	232	232	232	232	232	232	232	232	232	
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
		volume (m3)	1700	116	116	116	116	116	116	116	116	58	**2686**
												Sous total	**8786,301**

Calcul volume immergé (impact en lit mineur)

	section transversale (m²)	linéaire (m)	volume (m3)
Remblai en Seine	5,6 (moyenne)	250	1406
	section plane (m²)	**profondeur (m)**	**volume (m3)**
Estacades	232	3,5	508
			1913

Volume total lit MINEUR :	**10699**	**m3**

1.3.4.3 OA ZAC SAEM

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » comme l'emprise « exploitation » sont inondables avec des hauteurs d'eau maximales inférieures à 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone D)
	Impacts en lit mineur	Jusqu'à la crue centennale, l'impact sur le niveau d'eau est faible (rehaussement de la ligne d'eau de 1,2 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'impact sur les vitesses est négligeable.
	Impacts en lit majeur	La seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un impact faible. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s).
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « chantier » comme l'emprise « exploitation » sont inondables avec des hauteurs d'eau maximales inférieures à 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone D)
	Impacts en lit mineur	L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	- l'aménagement en phase exploitation n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et sur les vitesses jusqu'à une crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 50 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Réalisation d'un décaissé du terrain de l'ouvrage annexe.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

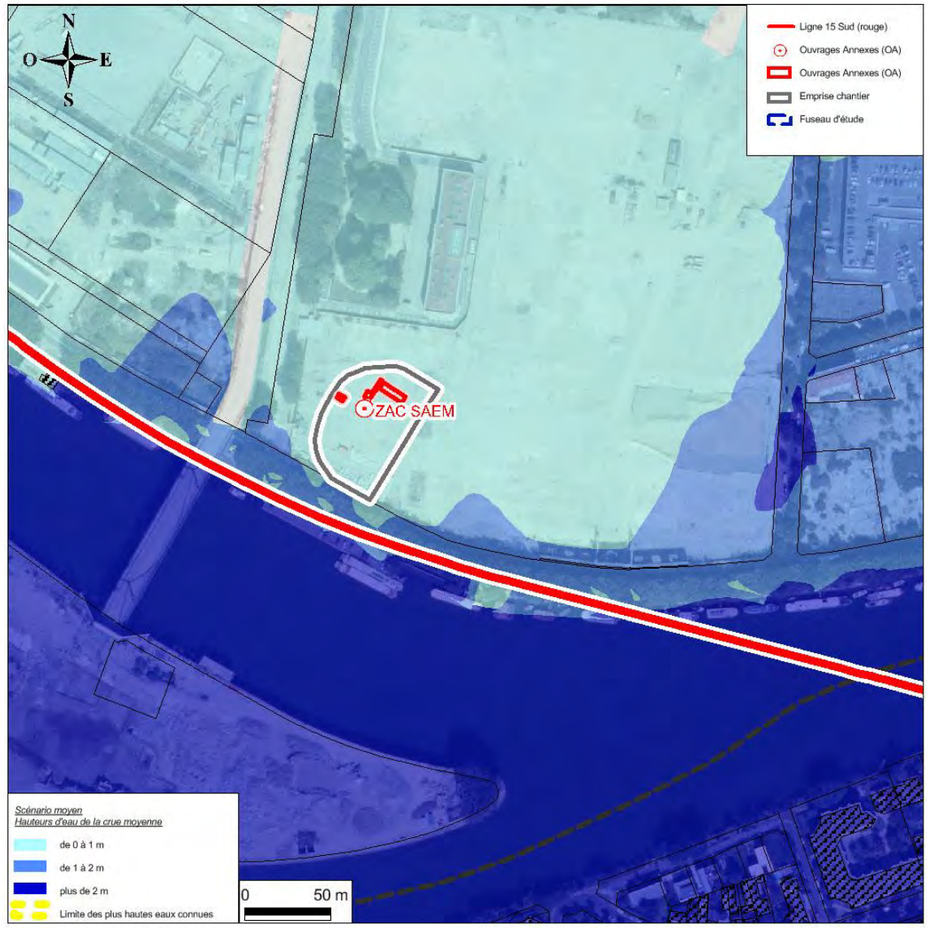
Aléa inondation au droit de l'ouvrage

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » comme l'emprise « exploitation » sont inondables avec des hauteurs d'eau maximales inférieures à 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

Le présent chapitre détaille :

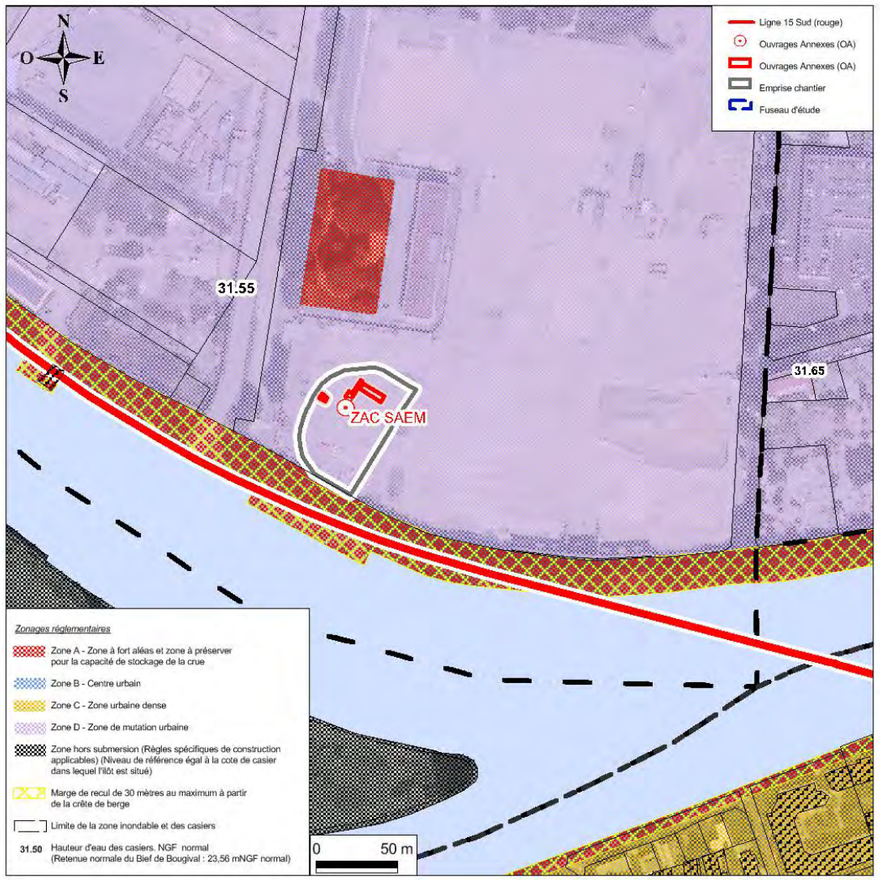
- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone D, dit de mutation urbaine, correspondant à la ZAC Seguin – Rives de Seine.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans la zone réglementée concernée : D.

À la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

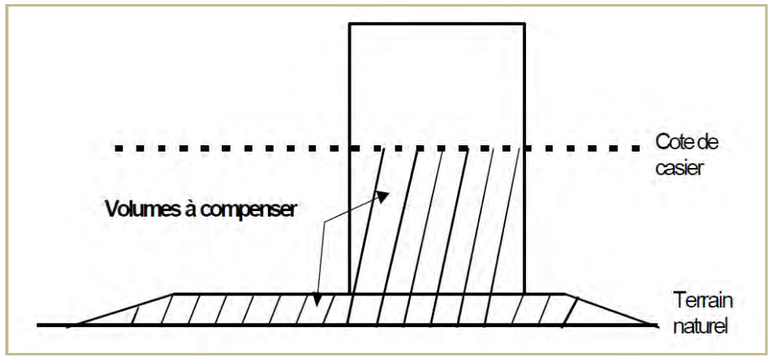
Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;

- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;

- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…).



Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de l'ouvrage annexe sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,05 m NGF. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*.

Le chapitre 4.2 (zone D) précise que *« le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. »*. Cette zone offre tout de même des assouplissements pour certains usages.

c. *Phase chantier*

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	+ 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	+ 0,01	NI	< 0,10	NI
projet	50 ans	+ 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	+ 0,012	+ 0,01	< 0,10	< 0,05

* NI : non inondable

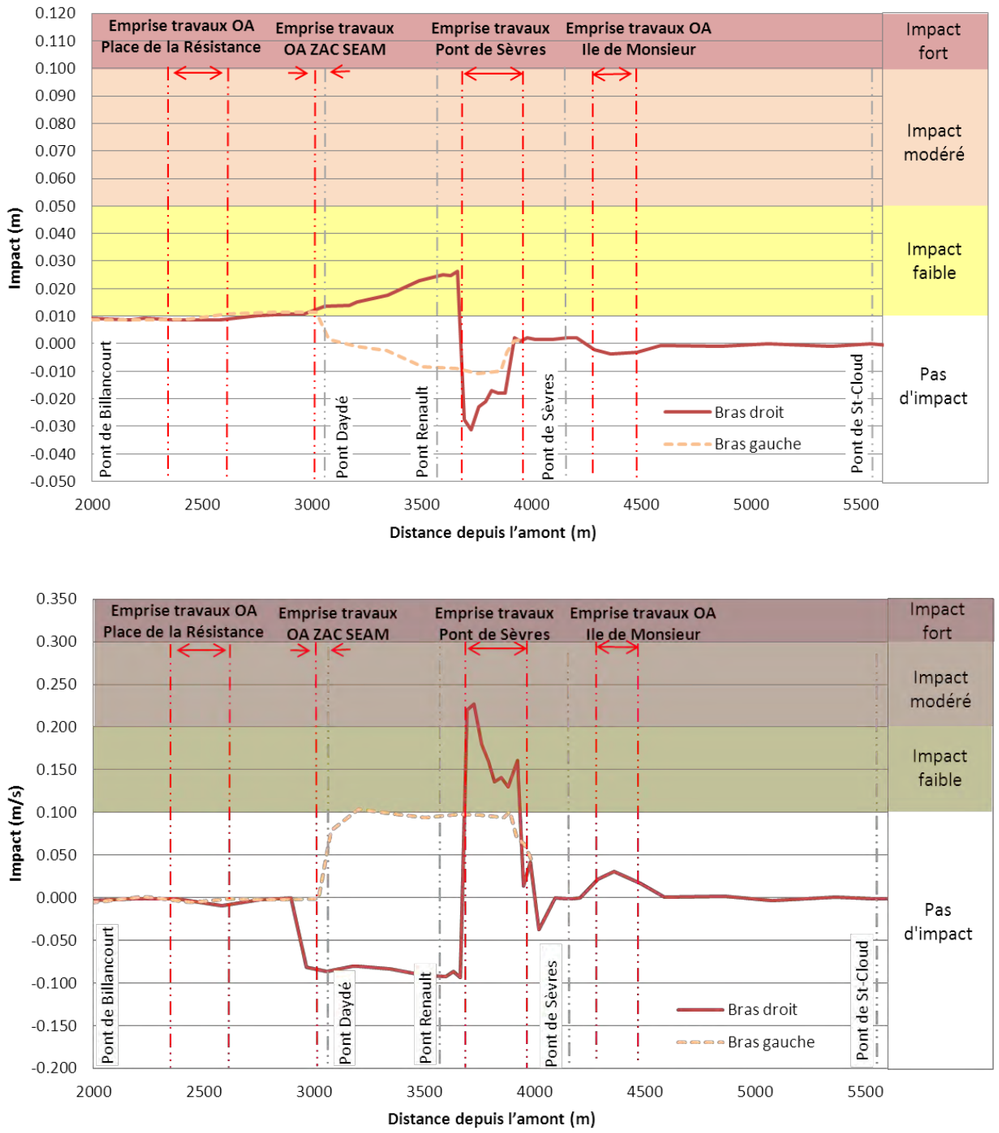
Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

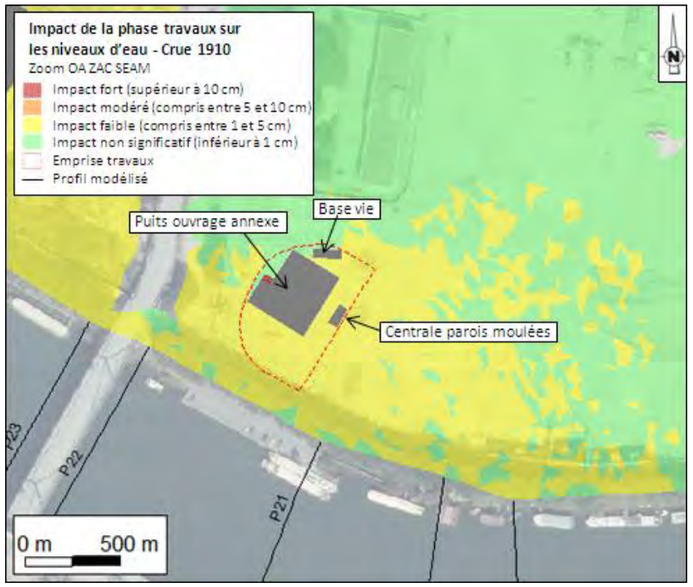
Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est faible** (rehaussement de la ligne d'eau de 1,2 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'**impact sur les vitesses est négligeable**.

Le **rehaussement constaté est dû pour l'essentiel à l'estacade modélisée située au droit du pont de Sèvres**. En effet, l'estacade est considérée dans la modélisation comme une boîte totalement étanche posée en lit mineur, ce qui constitue un **scénario majorant** en matière d'impact. En réalité, cette dernière repose sur des Ducs d'Albe.



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

En lit majeur, la seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un **impact faible**. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s).



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM



Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite à la crue (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[31,40 ; 31,55]	0,15	1 450	203
TOTAL	**[31,40 ; 31,55]**	**0,15**	**-**	**203**

Le volume soustrait à la crue de 203 m^3 correspond à l'émergence du puits.

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 31,40 m NGF.

Il est prévu un décaissement en phase travaux de 20 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 203 m^3, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{puits}) \times 0,20$$

$$V_{décaissé} = (2\ 443 - 1\ 450) \times 0,20 = 993 \times 0,20$$

$$V_{décaissé} = 203\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase travaux sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 1 450 m²) seront partiellement compensées (total de 993 m² libérés à la crue).

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
projet	50 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05

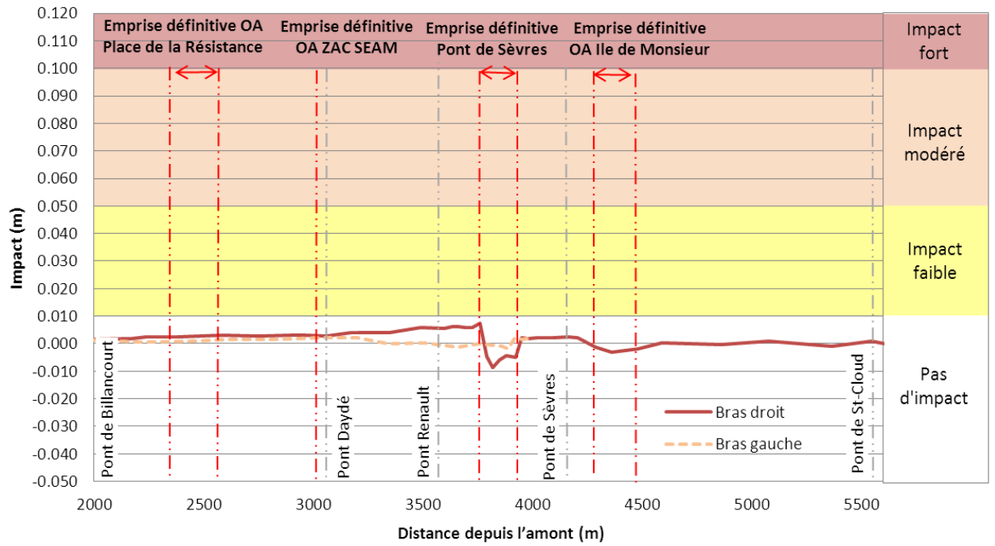
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

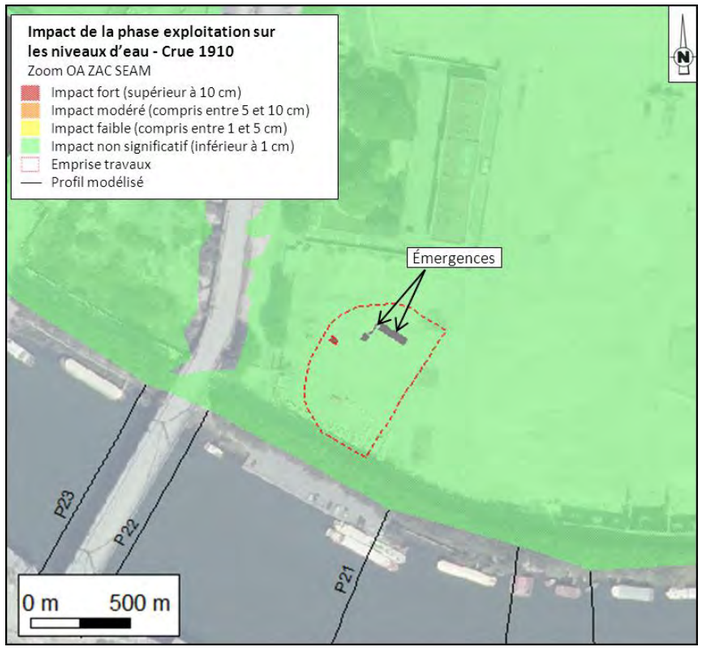
L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).

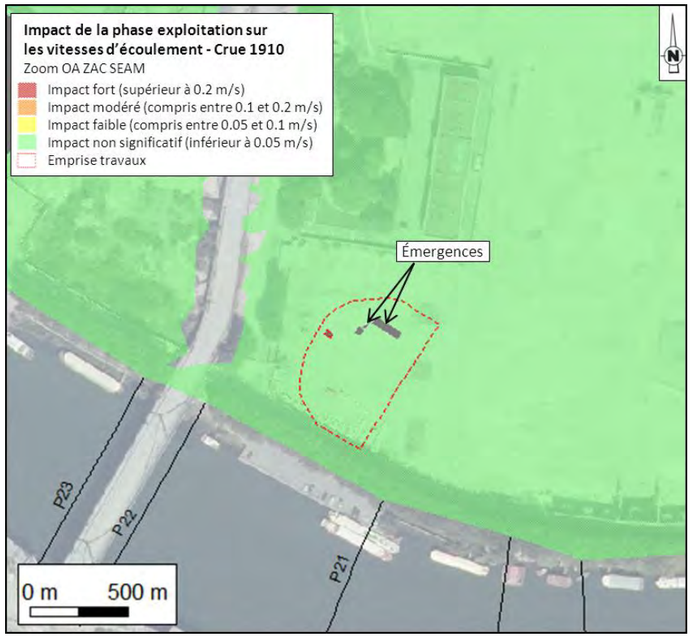


Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

En lit majeur, l'aménagement en phase exploitation n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau** en lit majeur au droit de l'ouvrage annexe (rehaussement inférieur à 1 cm). L'**impact sur les vitesses en lit majeur est négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s), (voir figures suivantes).



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM



Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA ZAC SAEM

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite à la crue (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[31,40 ; 31,55]	0,15	105,1	14,7
TOTAL	**[31,40 ; 31,55]**	**0,15**	**-**	**15**

Le volume soustrait à la crue de 15 m^3 correspond à l'émergence du puits.

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 31,40 m NGF.

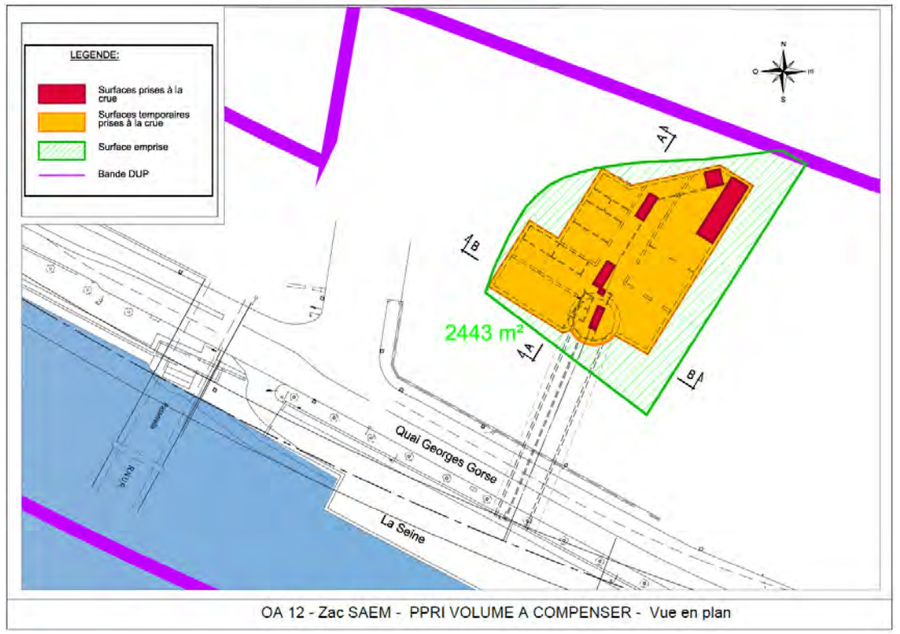
Il est prévu un décaissement en phase exploitation de 1 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 485 m^3, hormis l'emprise du puits.

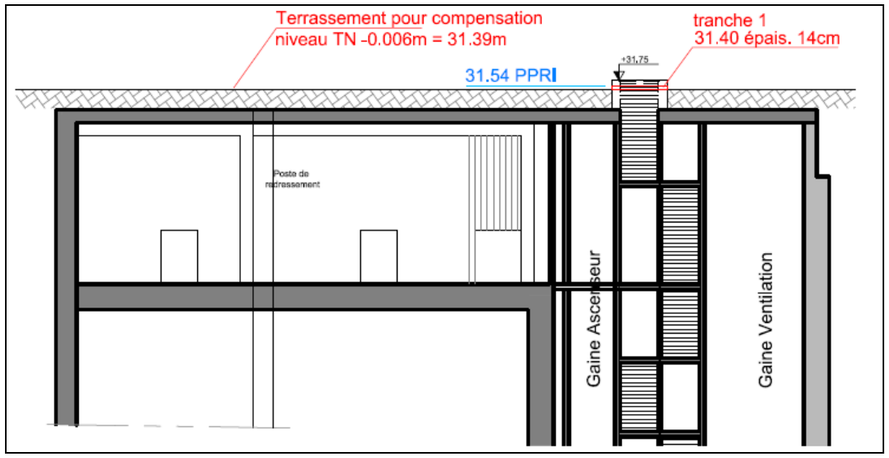
$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{puits}) \times 0,01$$

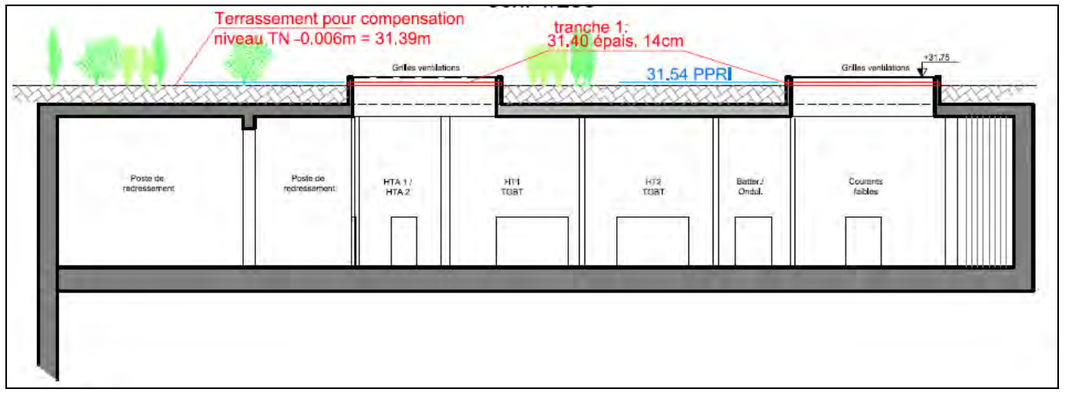
$$V_{décaissé} = (2\ 443 - 105) \times 0,01 = 3\ 230 \times 0,01$$

$$V_{décaissé} = 23\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 105 m²) seront totalement compensées (total de 2 340 m² libérés à la crue).




Terrassement pour compensation
niveau TN -0.006m = 31.39m
tranche 1
31.40 épais. 14cm
31.54 PPRI
+31.75
Poste de
redressement
Gaine Ascenseur
Gaine Ventilation


Terrassement pour compensation
niveau TN -0.006m = 31.39m
tranche 1:
31.40 épais. 14cm
31.54 PPRI
Grilles ventilations
Grilles ventilations
+31.75
Poste de
redressement
Poste de
redressement
HTA 1 /
HTA 2
HT1
TGBT
HT2
TGBT
Batter./
Ondul.
Courants
faibles

1.3.4.4 OA Place de la Résistance

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A)
	Impacts en lit mineur	Jusqu'à la crue centennale, l'impact sur le niveau d'eau est faible (rehaussement de la ligne d'eau de 1 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'impact sur les vitesses est négligeable.
	Impacts en lit majeur	La seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un impact faible. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'impact sur les vitesses en lit majeur est négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s).
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine (zone A)
	Impacts en lit mineur	L'aménagement en phase définitive n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	- l'aménagement en phase exploitation n'induit aucun impact significatif sur le niveau d'eau en lit majeur au droit du secteur de l'ouvrage annexe (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de secteurs limités le long du quai en impact faible pour la crue centennale (augmentation maximale des vitesses de 0,09 m/s) ; - Le volume soustrait à la crue est de 155 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Réalisation d'un décaissé du terrain de l'ouvrage annexe.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

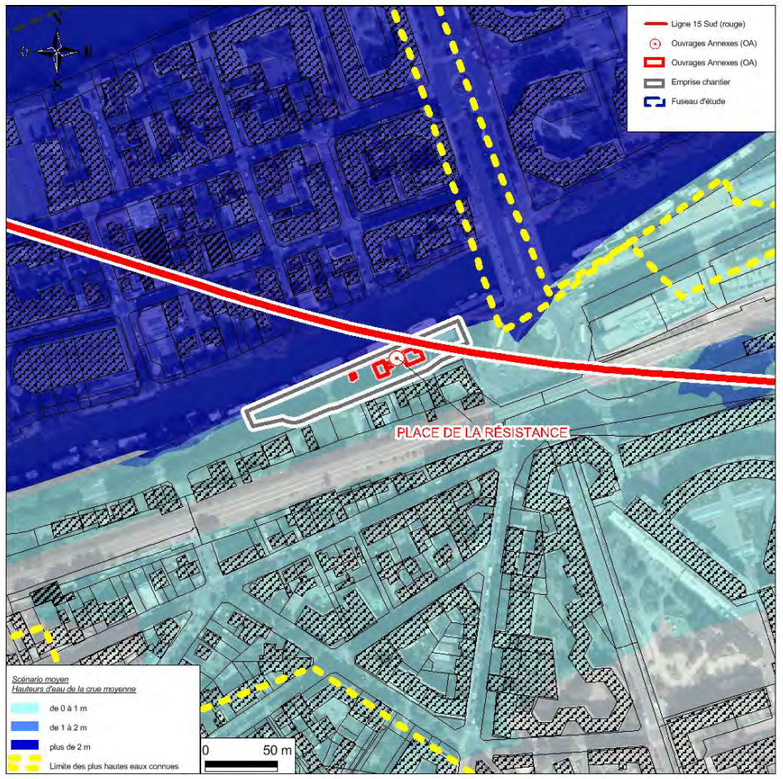
Aléa inondation au droit de l'ouvrage

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

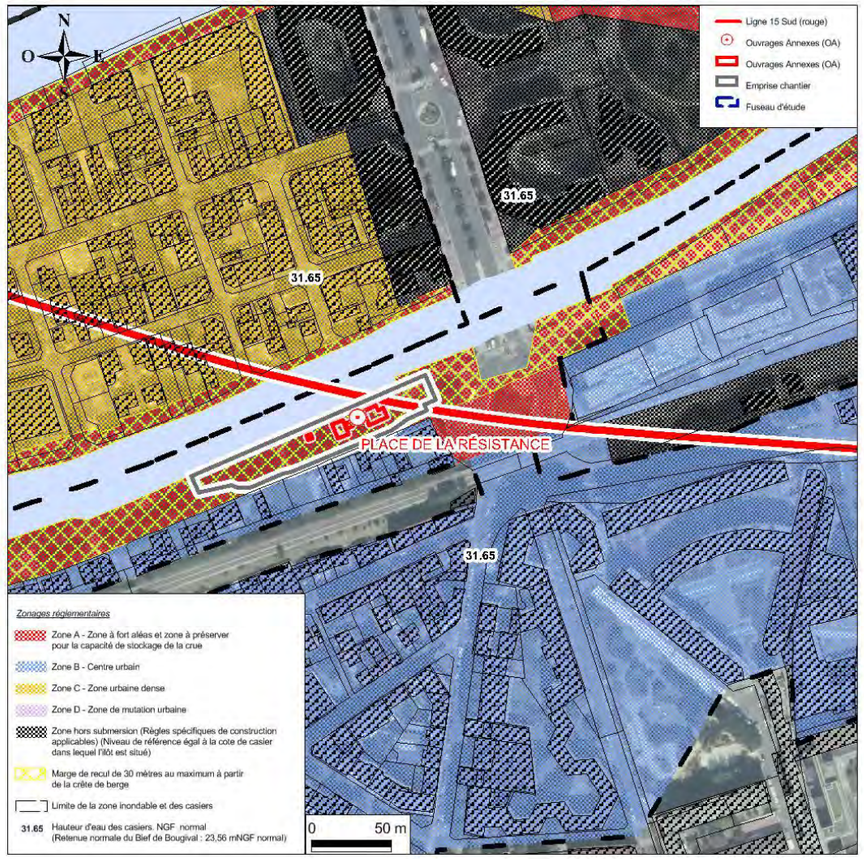
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone A, ainsi que dans la marge de recul du PPRI.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 92 (source : DRIEE)

b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI</u>

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 *« aménagement »* du chapitre 2.II *« règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion »* que *« les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».*

Commentaires : l'ouvrage est donc autorisé dans la zone réglementée concernée : A. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les *« constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale »*. Le règlement précise de plus que *« ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul »*.

À la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

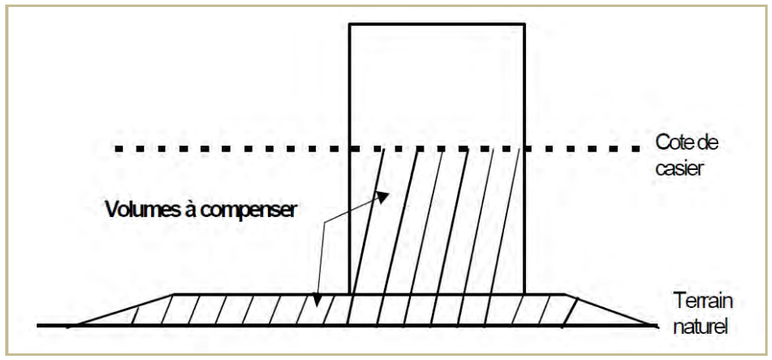
Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois l'autorisation sous réserve *« que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »*

Le chapitre IV *« Définitions »* du Titre 1 *« Portée du PPRI – Dispositions générales »* précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;

- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;

- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…).



Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés au nivellement et aux émergences de la gare du Pont de Sèvres sera compensé, et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m, soit au-dessus de la cote de 29,15 m NGF. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*.

Le chapitre 1.2 (zone A) précise que « *le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier.* ».

c. *Phase chantier*

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	+ 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	+ 0,01	NI	< 0,10	NI
projet	50 ans	+ 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	+ 0,01	+ 0,01	< 0,10	< 0,05

* NI : non inondable

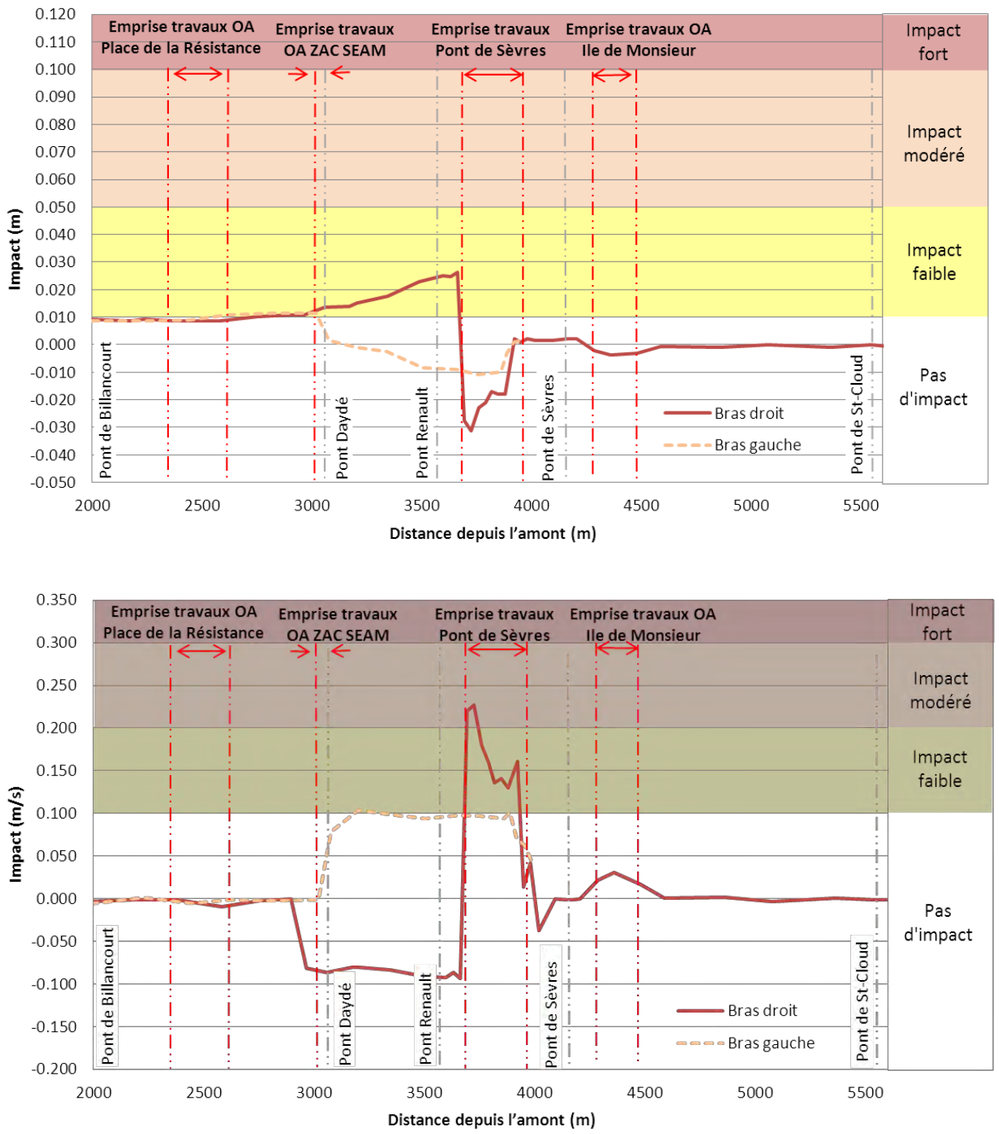
Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

1. **Pour le lit mineur**. En complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est faible** (rehaussement de la ligne d'eau de 1 cm au droit de l'ouvrage annexe) et l'**impact sur les vitesses est négligeable**.

   Le **rehaussement constaté est dû pour l'essentiel à l'estacade modélisée située au droit du pont de Sèvres**. En effet, l'estacade est considérée dans la modélisation comme une boîte totalement étanche posée en lit mineur, ce qui constitue un **scénario majorant** en matière d'impact. En réalité, cette dernière repose sur des Ducs d'Albe.

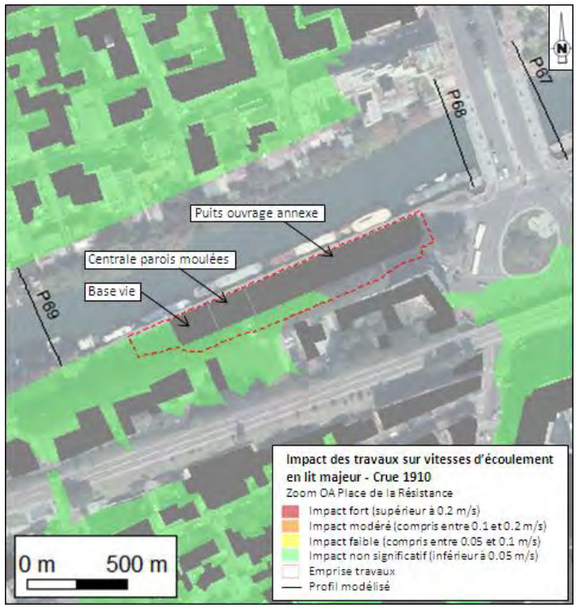


Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

2. **En lit majeur,** la seule crue modélisée débordante est la crue centennale. Pour cette crue, le secteur de l'ouvrage annexe connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1 cm maximum, considéré comme un **impact faible**. Il correspond à la zone d'influence de l'emprise travaux de la gare du Pont de Sèvres. L'**impact sur les vitesses en lit majeur est négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s).



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance



Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue les tableaux ci-après détaillent le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, et ce pour l'ensemble des émergences :

Trappe d'accès 1 :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,55 ; 31,05]	0,50	8,41	4,2
2	[31,05 ; 31,55]	0,50	8,41	4,2
3	[31,55 ; 31,65]	0,10	8,41	0,9
TOTAL	**[30,55 ; 31,65]**	**1,10**	**-**	**9,3**

Trappe d'accès 2 :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,90 ; 31,40]	0,50	13,26	6,6
2	[31,40 ; 31,65]	0,25	13,26	3,3
TOTAL	**[30,90 ; 31,65]**	**0,75**	-	**9,9**

Gaine de décompression :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,82 ; 31,32]	0,50	70,08	35,0
2	[31,32 ; 31,65]	0,33	70,08	23,1
TOTAL	**[30,82 ; 31,65]**	**0,83**	-	**58,1**

Gaine de ventilation :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[31,01 ; 31,51]	0,50	110,4	55,2
2	[31,51 ; 31,65]	0,14	110,4	15,5
TOTAL	**[30,55 ; 31,65]**	**0,64**	-	**70,7**

Le volume soustrait à la crue est donc de 148 m^3 en phase travaux.

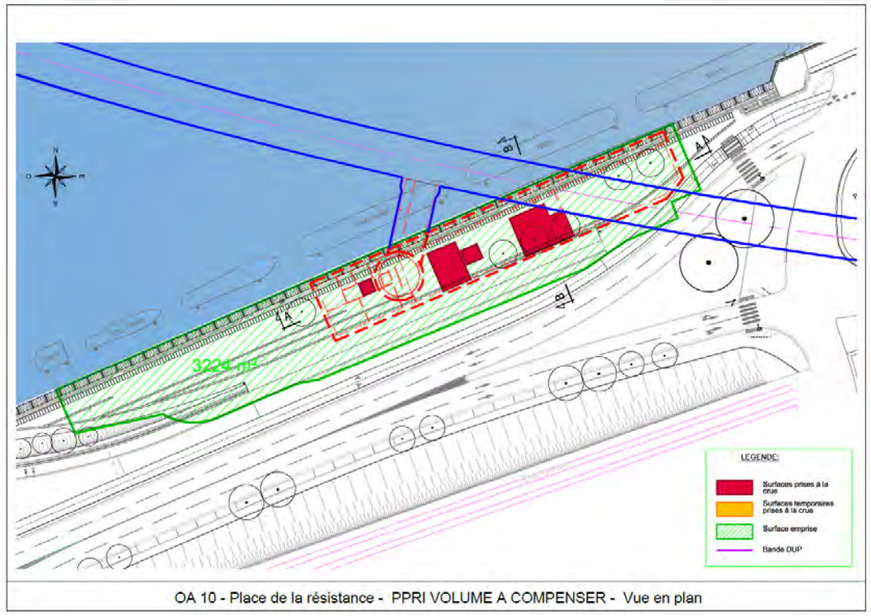
Il est prévu un décaissement dès la phase travaux de 8 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 190 m^3, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - \Sigma S_{émergences}) \times 0,08$$

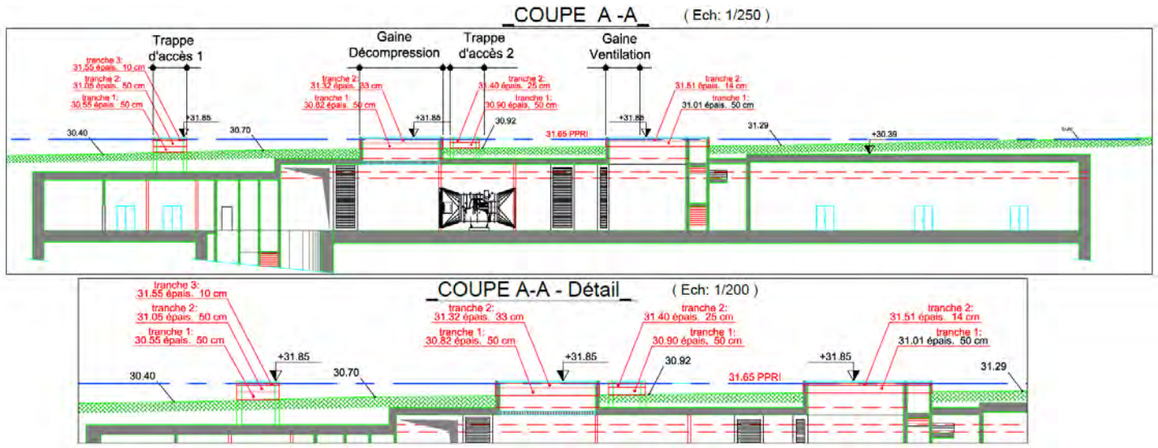
$$V_{décaissé} = (3\ 225 - 1\ 327) \times 0,08 = 1\ 898 \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = 152\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase travaux sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 202 m²) seront également totalement compensées (total de 1 898 m² libérés à la crue).



OA 10 - Place de la résistance - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en plan



d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase exploitation. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
projet	50 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	+ 0,09

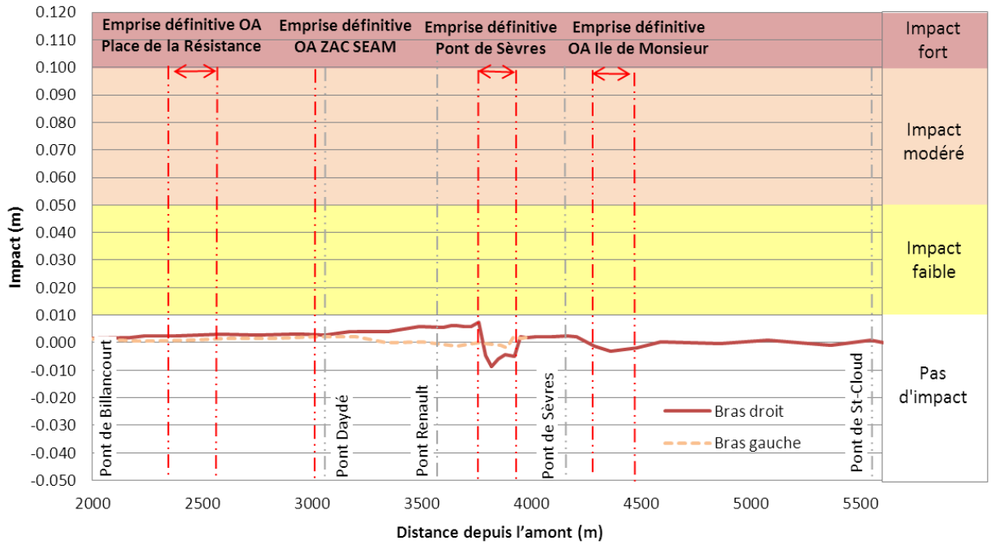
* NI : non inondable

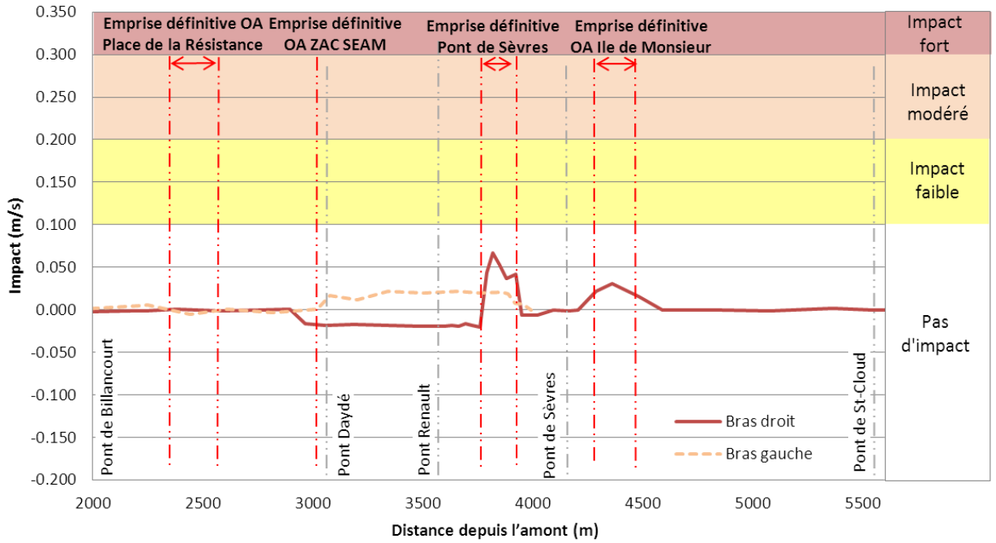
Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

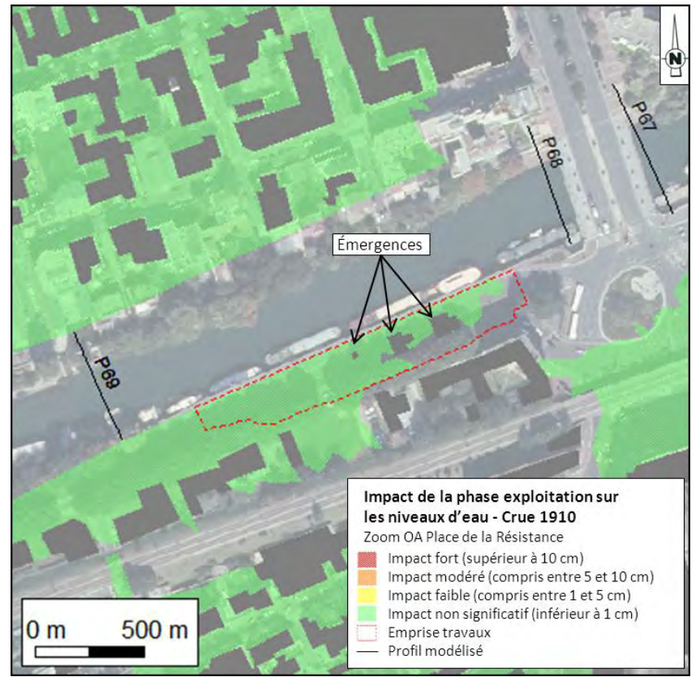
Pour le lit mineur : en complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase exploitation. L'aménagement en phase définitive n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau et les vitesses** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm et augmentation de la vitesse moyenne inférieure à 0,1 m/s).



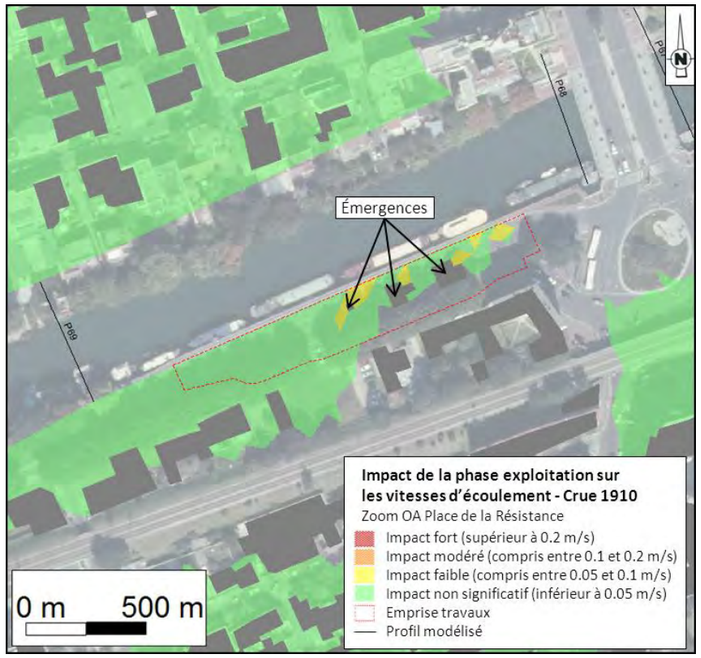


Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

En lit majeur, l'aménagement en phase exploitation n'induit **aucun impact significatif sur le niveau d'eau** en lit majeur au droit du secteur de l'ouvrage n'annexe (rehaussement en amont de Pont de sèvres inférieur à 1 cm). L'**impact sur les vitesses en lit majeur est principalement négligeable** (delta inférieur à 0,05 m/s), à l'exception de secteurs limités le long du quai en impact faible pour la crue centennale (augmentation maximale des vitesses de 0,09 m/s) (voir figure ci-après).



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance



Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale – Zoom OA Place de la Résistance

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue les tableaux ci-après détaillent le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, et ce pour l'ensemble des émergences (comme en phase travaux) :

Trappe d'accès 1 :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,55 ; 31,05]	0,50	8,41	4,2
2	[31,05 ; 31,55]	0,50	8,41	4,2
3	[31,55 ; 31,65]	0,10	8,41	0,9
TOTAL	**[30,55 ; 31,65]**	**1,10**	**-**	**9,3**

Trappe d'accès 2 :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,90 ; 31,40]	0,50	13,26	6,6
2	[31,40 ; 31,65]	0,25	13,26	3,3
TOTAL	**[30,90 ; 31,65]**	**0,75**	-	**9,9**

Gaine de décompression :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[30,82 ; 31,32]	0,50	70,08	35,0
2	[31,32 ; 31,65]	0,33	70,08	23,1
TOTAL	**[30,82 ; 31,65]**	**0,83**	-	**58,1**

Gaine de ventilation :

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[31,01 ; 31,51]	0,50	110,4	55,2
2	[31,51 ; 31,65]	0,14	110,4	15,5
TOTAL	**[30,55 ; 31,65]**	**0,64**	-	**70,7**

Le volume soustrait à la crue est donc de 148 m³ en phase exploitation.

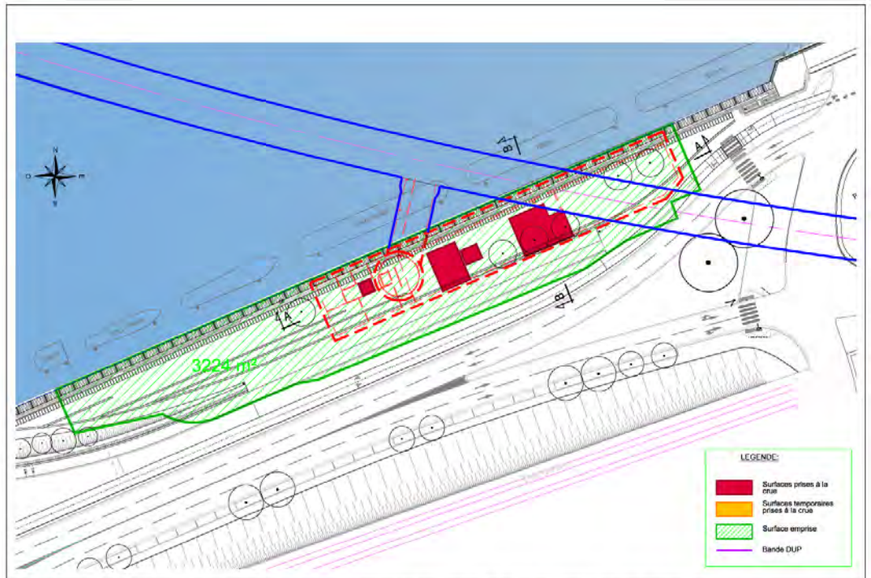
Il est prévu un décaissement dès la phase travaux de 8 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 190 m³, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - \Sigma S_{émergences}) \times 0,08$$

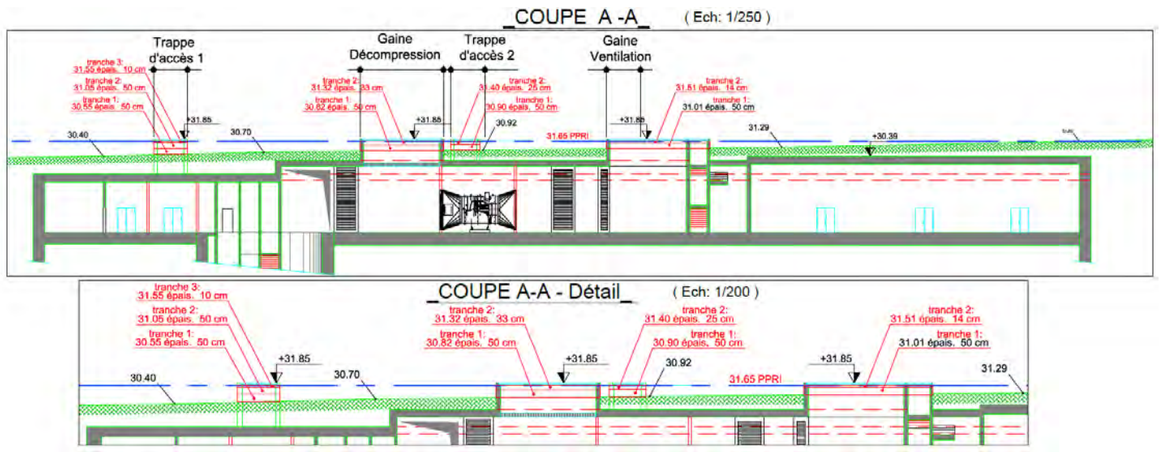
$$V_{décaissé} = (3\,225 - 1\,327) \times 0,08 = 1\,898 \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = 152 \text{ m}^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 202 m²) seront totalement compensées (total de 1 898 m² libérés à la crue).



OA 10 - Place de la résistance - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en plan



1.3.4.5 Gare et ouvrages annexes du secteur des Ardoines

Le secteur des Ardoines concerne la gare des Ardoines et les ouvrages annexes Gabriel Péri et Centre technique municipal. Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	- Concernant l'OA Centre Technique Municipal, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale ; - Concernant la gare des Ardoines, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale ; - Concernant l'OA rue Gabriel Péri, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne : - OA Centre Technique Municipal et gare des Ardoines (violet clair et violet foncé) ; - OA rue Gabriel Péri (zone bleue).
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare des Ardoines et aux deux ouvrages annexes n'est mesuré.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.
Phase exploitation	Aléa	- Concernant l'OA Centre Technique Municipal, l'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale ; - Concernant la gare des Ardoines, l'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale ; - Concernant l'OA rue Gabriel Péri, l'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne : - OA Centre Technique Municipal et gare des Ardoines (violet clair et violet foncé) ; OA rue Gabriel Péri (zone bleue).
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Pour la crue centennale, le secteur à proximité immédiate de la future gare des Ardoines connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum, considéré comme un impact faible, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,07 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare des Ardoines correspondant également à un impact faible.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- La compensation est possible du fait des démolitions des bâtiments existants, nécessaires du fait du projet et du réaménagement du secteur.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

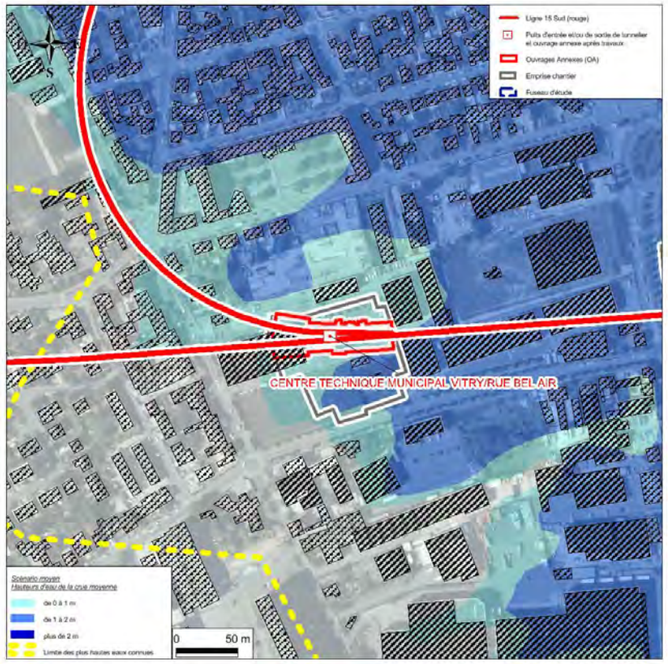
Aléa inondation au droit de l'ouvrage

Les extraits suivants présentent, pour chacun des ouvrages, la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

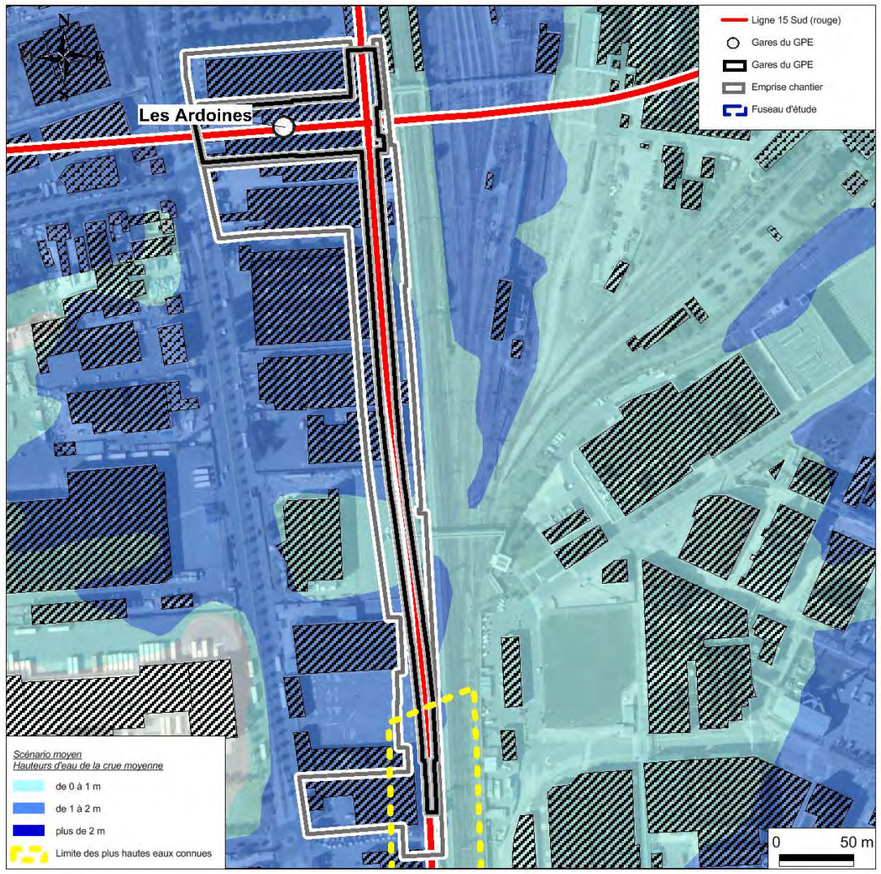
Concernant l'OA Centre Technique Municipal, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale - OA Centre Technique Municipal (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Concernant la gare des Ardoines, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale - Gare des Ardoines
(source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Concernant l'OA rue Gabriel Péri, l'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale - OA rue Gabriel Péri
(source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

Le présent chapitre détaille :

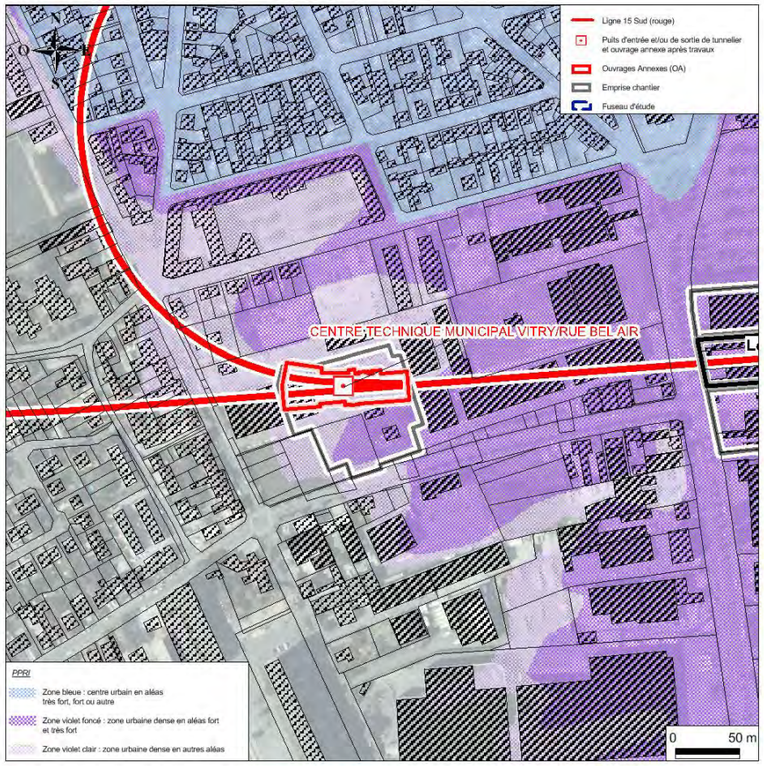
- D'une part, les zones réglementaires concernées par les ouvrages en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par les emprises chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité des ouvrages au PPRI une fois réalisé.

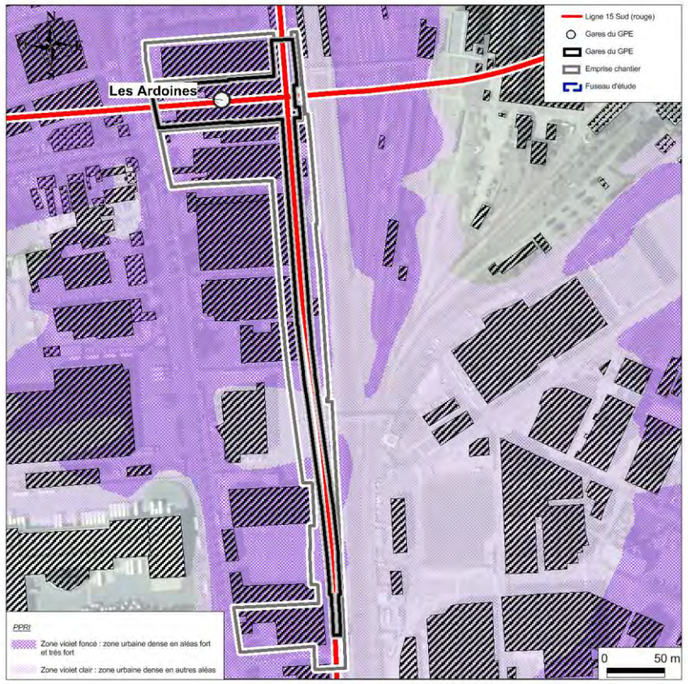
Les emprises « chantier » et « exploitation » de l'ensemble des ouvrages du secteur sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne à savoir la gare des Ardoines et les ouvrages annexes Gabriel Péri et Centre technique municipal.

Les emprises « chantier », comme les emprises « exploitation » de la gare des Ardoines et de l'ouvrage annexe Centre technique municipal sont situées en zones violet clair et violet foncé, qui correspondent aux zones urbaines denses.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation » de l'ouvrage annexe Gabriel Péri est situé en zone bleue « centre urbain ».



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

À la lecture du règlement, l'aménagement de la gare et des deux ouvrages annexes apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de la gare et des deux ouvrages annexes sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : les ouvrages seront mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm, soit 35,68 m NGF. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

Le règlement précise en outre que pour les constructions nouvelles à usage d'activité ou de service :

- Les niveaux fonctionnels doivent être situés, au minimum, à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel ;
- L'emprise réelle au sol inondable, telle que définie au titre I, chapitre 4 - définition 8, est limitée à 60% (constructions en «diffus») ;
- L'emprise réelle au sol inondable, telle que définie au titre I, chapitre 4 - définition 8, est limitée à 50% (Constructions réalisées dans le cadre de «grandes opérations»).

Commentaires :

Concernant la gare de Vert de Maisons, voici ci-dessous le bilan des surfaces commerciales projetées dans la gare :

- surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro (ex. boulangerie, snack…) 176 m² ;
- surfaces directement liées à l'exploitation (vente de tickets) 120m² (point multiservice inclus) ;
- surface uniquement de l'emprise gare 1840m² + parvis. 4500m².

Par conséquent, le taux d'occupation des surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro par rapport à la surface de la parcelle est inférieur à 10%. Ce taux est cohérent avec la limite minimale de 50% fixé par le règlement pour cette zone.

Concernant le niveau fonctionnel et vu la spécificité de l'aménagement (ouvrage souterrain pour l'essentiel), la mise hors d'eau de l'ensemble de la gare jusqu'à la cote PPRI + 20 cm permet de garantir de fait une protection supérieure à celle demandée dans le PPRI (cote PPRI + 20 cm supérieure à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel).

c. Phase chantier

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis en annexe).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

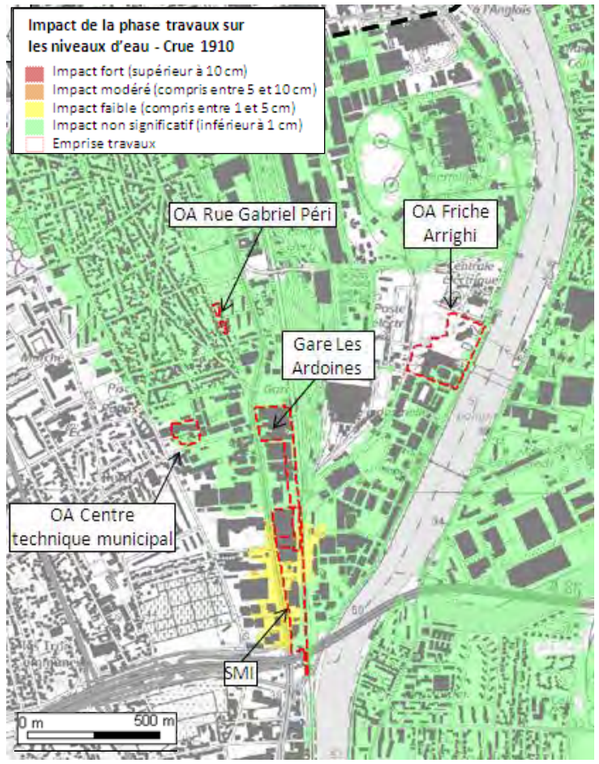
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

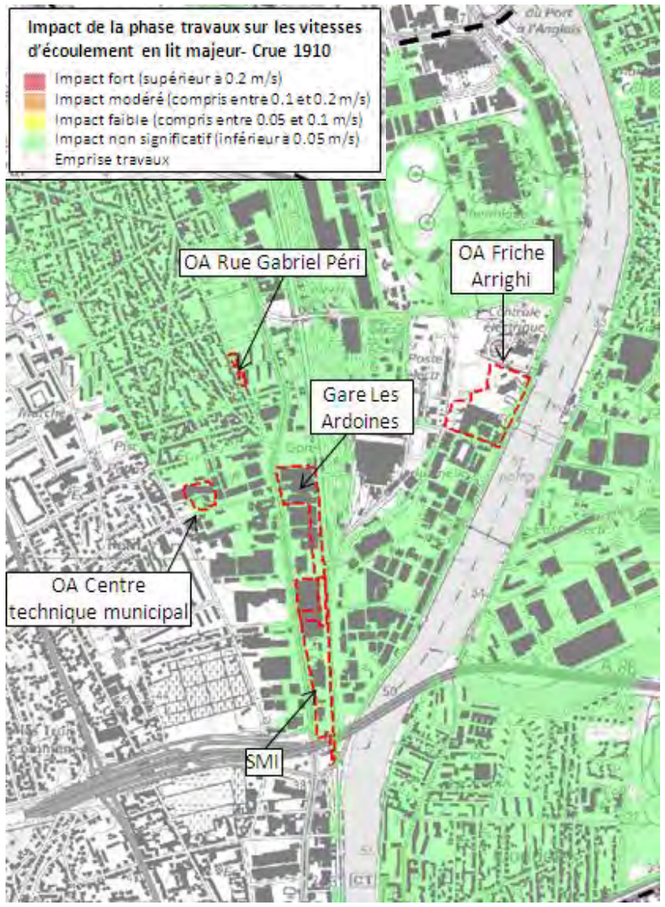
La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare des Ardoines et aux deux ouvrages annexes n'est mesuré**. Toutefois, un impact faible sur les niveaux d'eau au droit du SMI est constaté. Il est abordé et précisé dans le chapitre suivant.



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale



Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Au droit de la gare des ardoines, les volumes prélevés à la crue en phase chantier sont compensés par les volumes rendues à la crue grâce à la démolitiion des bâtiments existants.

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis à l'annexe 2 du présent dossier).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	+ 0,015	+ 0,07

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

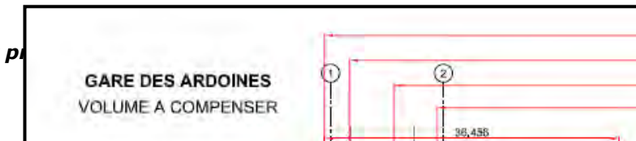
Pour cette crue, le secteur à proximité immédiate de la future gare connaît un rehaussement du niveau d'eau de 1,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,07 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare des Ardoines correspondant également à un **impact faible.**



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale



Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de quatre pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[33,50 ; 34,00]	0,50	4 040	1 920
2	[34,00 ; 34,50]	0,50	4 550	1 960
3	[34,50 ; 35,00]	0,50	5 080	2 365
4	[35,00 ; 35,49]	0,49	4 915	2 370
TOTAL	**[33,50 ; 35,49]**	**1,99**	**-**	**8 615**

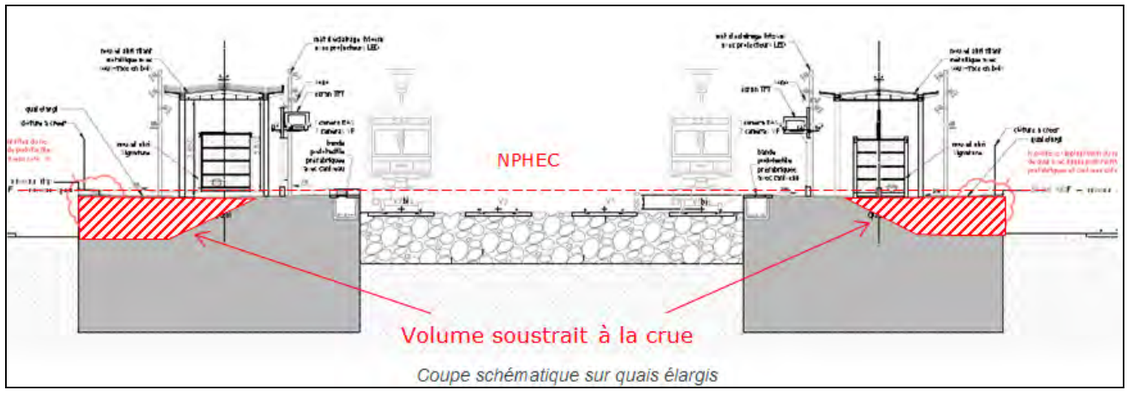
L'essentiel des volumes pris à la crue est lié à l'émergence de la gare, mise hors d'eau. La tranchée du SMI soustrait 15% du volume total. Les ouvrages annexes contribuent également mais dans une moindre mesure à limiter le champ d'expansion de crue, en raison principalement d'une emprise au sol limitée (moins de 150 m² pour chacun d'eux).

Les emprises en zones inondables des ouvrages liés à la gare des Ardoines sont compensées par les surfaces et volumes (ainsi que par tranches altimétriques) rendus par les démolitions préalables.

Schéma de la gare en coupe pour évaluation des volumes pris à la crue (Source : Société du Grand Paris)

Le projet de la gare des Ardoines prévoit une interconnexion avec la gare existante du RER C de la SCNF. Le réaménagement des quais consiste à un élargissement pour assurer l'augmentation de la fréquentation du fait de l'arrivée de la gare de la Ligne 15 Sud.

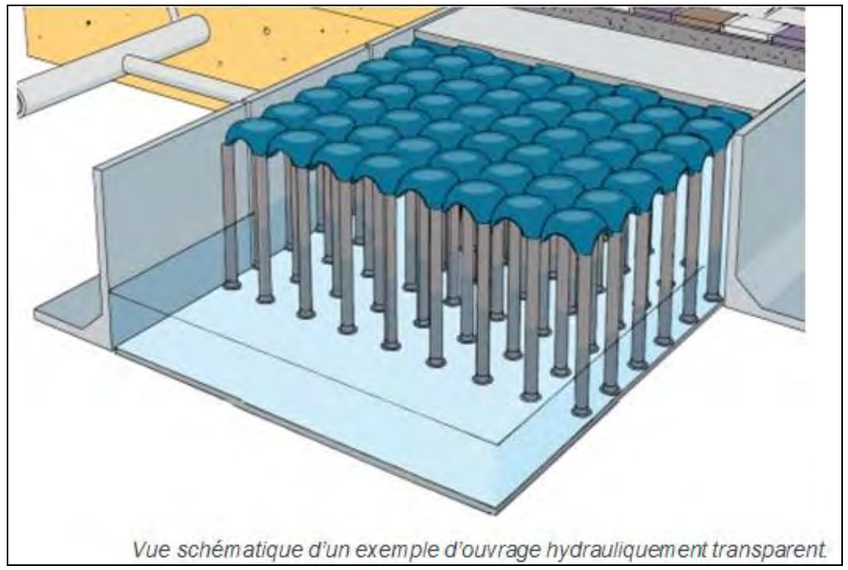
L'altimétrie actuelle des quais, non modifiée dans le projet, est en moyenne 35,45 m NGF. Or, le NPEHC dans la zone est 35,49 m NGF. Par conséquent, l'intégralité du volume généré par l'élargissement des quais est soustraite à la crue comme représenté ci-dessous.



Coupe schématique sur quais élargis

La réalisation des extensions de quais par une méthode traditionnelle, de type grave compactée, conduit à un besoin de compensation de près de 4000 m³. Il a donc été décidé de rechercher des solutions techniques maximisant la transparence à la crue des extensions de quais.

Le principe général est de construire un ouvrage creux pouvant se remplir lors des crues. Une des techniques envisagées consiste à réaliser l'élargissement des quais par le biais de coffrages perdus en dôme reposant sur des « pilotis ».


Vue schématique d'un exemple d'ouvrage hydrauliquement transparent

L'alimentation et la vidange de la structure se fera par des buses ou des ovoïdes en bout de quai. La mise en place de barbacanes, espacées régulièrement sur les bordures du quai permettra une transparence accrue : la restitution des eaux à la décrue sera plus diffuse.

Selon la technique utilisée et compte tenu de la spécificité du site et du programme d'interconnexions à réaliser, il est imaginé, à ce stade des études, de pouvoir réaliser des extensions de quais présentant une transparence de 50%.Il restera donc à compenser un volume de 2000 m³.

Ces 2000 m³ s'ajoutent à ceux nécessaires pour la réalisation de la gare des Ardoines et des ouvrages annexes. **Il convient donc de compenser sur ce secteur 10 615 m³.**

Compensation des volumes pris à la crue :

La réalisation du projet de la Ligne 15 Sud nécessite sur ce secteur des démolitions de bâtiments existants. Elles sont réalisées sur des parcelles dont la Société du Grand Paris est propriétaire. Ces bâtiments considérés comme non inondables vont permettre de contribuer à assurer l'équilibre pour le maintien des volumes d'expansion des crues.

Tranchée SMI	% projet SGP	Surface (m²)	Niveau TN	Volumes (m³)
Parcelle DJ0122 - 96-100 Rue Léon Geoffroy - Vitry	15%	870	34,36	983
Parcelle DJ0121 - 90-94 Rue Léon Geoffroy - Vitry	100%	3 260	34,54	3 097
Parcelle DJ0120 - 84-88 Rue Léon Geoffroy - Vitry	100%	1 775	34,70	1 402
Sous-Total		*5 905*		*5 482*

Gare	% projet SGP	Surface (m²)	Niveau TN	Volumes (m³)
Parcelle DJ0090 - 114 Rue Léon GEFFROY	100%	1 608	33,54	3 136
Parcelle DJ0092 - 116 Rue Léon GEFFROY	100%	1 450	33,50	2 886
Parcelle DJ0123 - 118-120 Rue Léon GEFFROY	100%	4 254	33,56	8 210
Sous-Total		*7 312*		*14 231*

1401P - CTM	% projet SGP	Surface (m²)	Niveau TN	Volumes (m³)
Hangar cars démoli puis reconstruit - 1401 P	100%	710	35,40	0
Sous-Total		*710*		*0*
				19 714

Évaluation du volume rendu disponible par la démolition des bâtiments existants sur les parcelles concernées par le projet (Source : Société du Grand Paris)

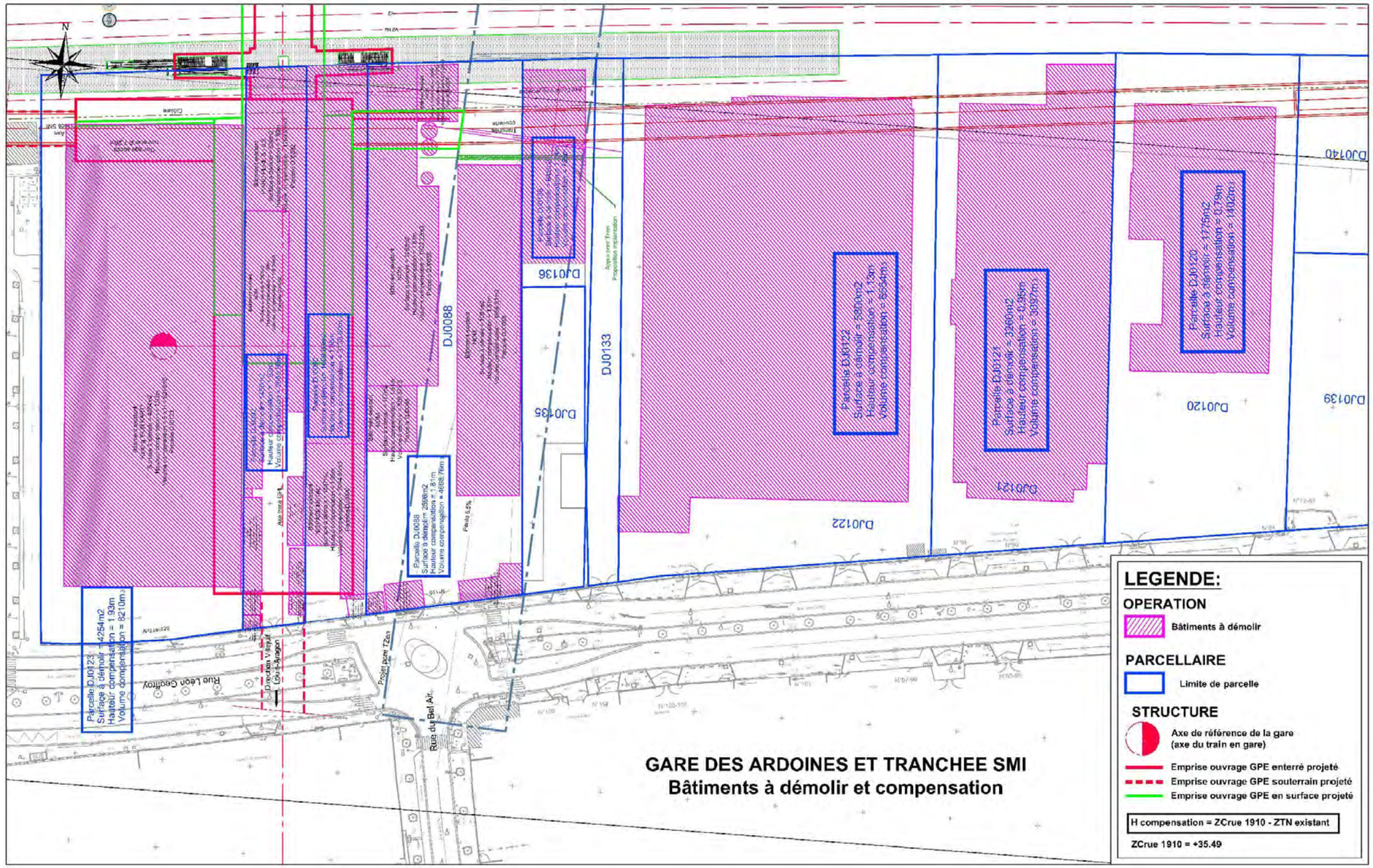


Schéma des bâtiments démolis dans le cadre du projet (Source : Société du Grand Paris)





Vue des bâtiments actuels concernés par la démolition (source : Société du Grand Paris)

Les démolitions prévues sur le secteur permettent de dégager des volumes d'expansion pour les crues. **Ce volume est estimé à environ 19 714 m3.**

Les bâtiments concernés par la démolition sont sur des terrains de la Société du Grand Paris et de l'EPAORSA. Un accord de l'EPAORSA a été donné pour retenir ce volume pour le projet du Grand Paris Express.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont totalement compensés. Les volumes supplémentaires dégagés permettront de contribuer à la compensation du site de maintenance des infrastructures de la Ligne 15 Sud, situé à proximité, au Sud de ce secteur. Cet ouvrage est analysé à partir de la page suivante.

1.3.4.6 SMI de Vitry-sur-Seine

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise du SMI est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (violet clair et violet foncé)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Pour la crue centennale, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un impact faible, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,08 m/s) correspondant également à un impact faible.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise du SMI est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (violet clair et violet foncé)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Pour la crue centennale, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un impact faible, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,09 m/s) correspondant également à un impact faible ; - Le volume soustrait à la crue est de 7 985 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation des volumes soustraits à la crue avec la démolition de bâtiments proches, et la mise en place zone de stockage sur le site du SMI

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

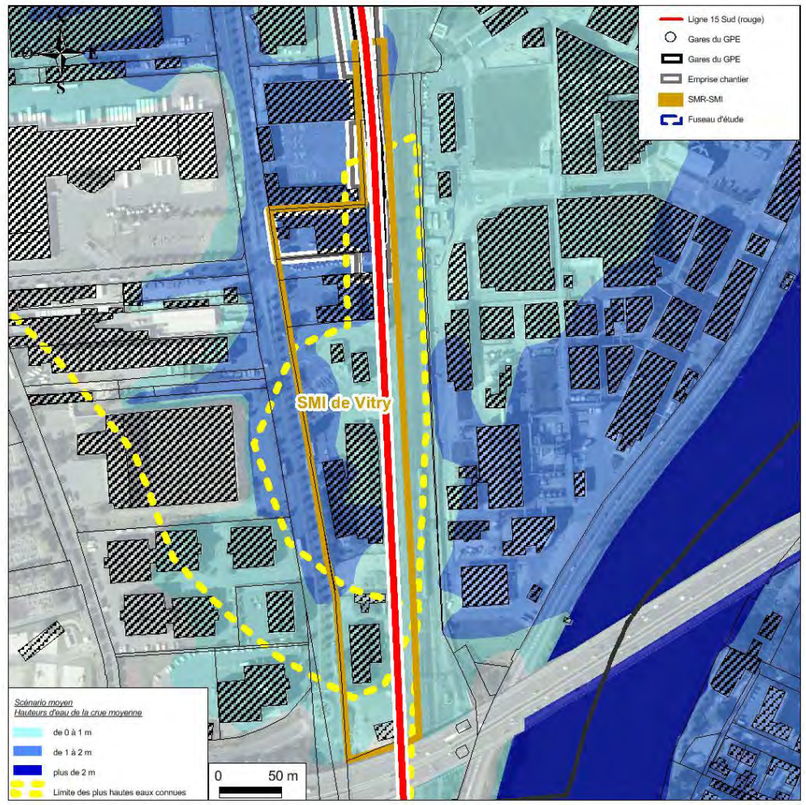
Aléa inondation au droit de l'ouvrage

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise du SMI est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

L'emprise du SMI est concernée par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne. L'emprise est située dans la zone violet clair et violet foncé, correspondant aux zones urbaines denses.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :</u>

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement du SMI apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

<u>Commentaires :</u> l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement du SMI sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

c. <u>Phase chantier</u>

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis à l'annexe 2 du présent dossier).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	+ 0,025	+ 0,08

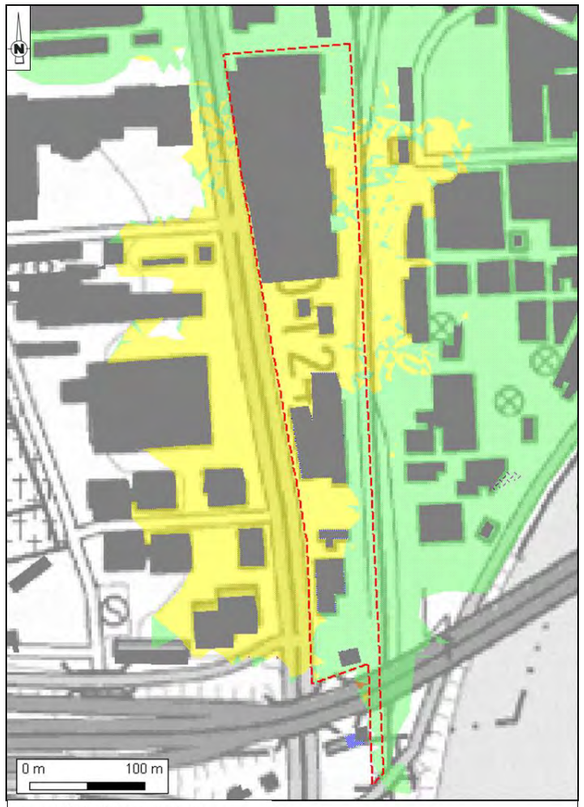
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,08 m/s) correspondant également à un **impact faible.**



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale



Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	+ 0,025	+ 0,09

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

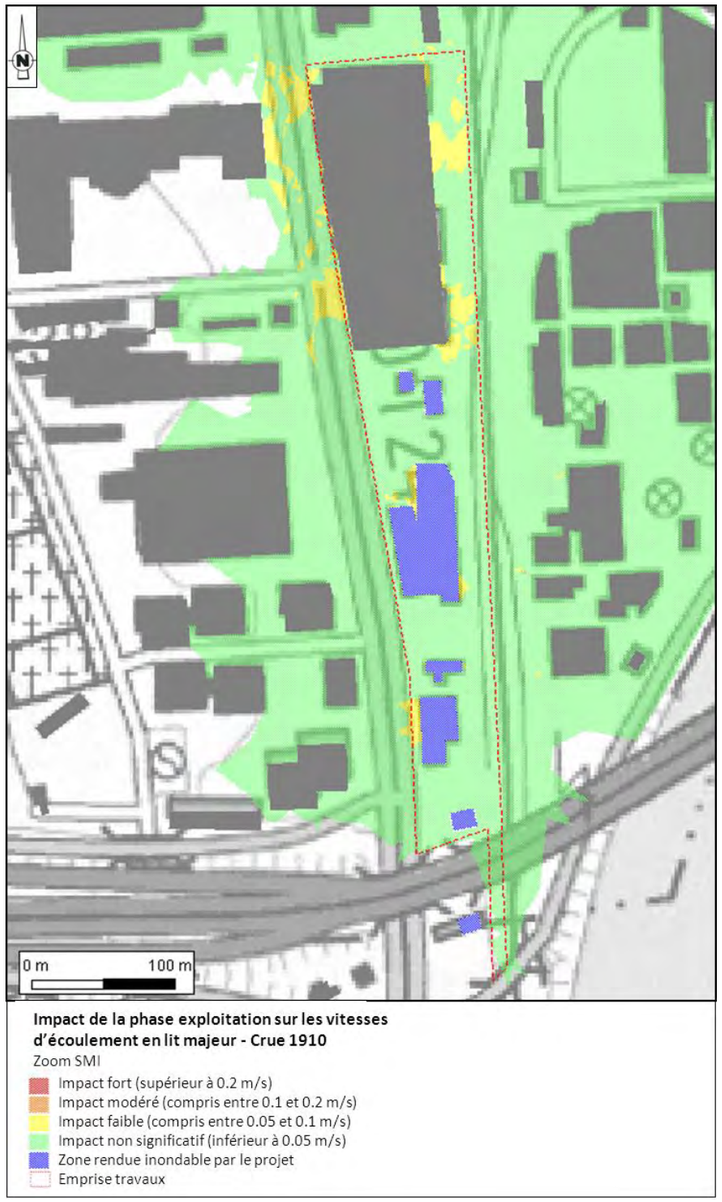
La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, le secteur à proximité du SMI connaît un rehaussement du niveau d'eau de 2,5 cm maximum, considéré comme un **impact faible**, ainsi qu'une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement (jusqu'à +0,09 m/s) correspondant également à un **impact faible.**



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale



Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de 7 pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Le site concerné comporte actuellement des bâtiments d'activités considérés comme non inondable. La construction du SMI nécessitera leur démolition, ce qui permettra de récupérer un volume d'expansion des eaux de crue, pris en compte dans le calcul d'équilibre déblais/remblais. Ces bâtiments occupent une surface de 12 500 m² et se développent jusqu'à la cote de la crue centennale.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Volume soustrait par tranche (en m^3)
1	[32,50 ; 33,00]	0,50	170
2	[33,00 ; 33,50]	0,50	1 105
3	[33,50 ; 34,00]	0,50	2 070
4	[34,00 ; 34,50]	0,50	5 060
5	[34,50 ; 34,68]	0,18	2 910
6	[34,68 ; 35,00]	0,32	- 2 290
7	[35,00 ; 35,49]	0,49	- 1 040
TOTAL	**[32,50 ; 34,49]**	**2,99**	**7 985**

En prenant en compte les démolitions des bâtiments existants sur le site du SMR, l'aménagement du SMI soustrait un volume à la crue de 7 985 m^3 pour la crue centennale.



Plan des démolitions prévues au niveau du site du SMI (Source : Société du Grand Paris)



Vue des bâtiments existants concernés par la démolition (Source : Société du Grand Paris)

Pour la réalisation de la gare des Ardoines et des ouvrages annexes, des démolitions de bâtiments existants sont nécessaires (voir rubrique précédente). Cela permet de dégager un volume disponible pour l'expansion des crues. En retirant les besoins de compensation de ces ouvrages de la Ligne 15 Sud, il restait 9 099 m^3 disponibles.

Du fait de l'implantation du SMI dans le même secteur urbain et soumis au même aléa, cette compensation est considérée comme cohérente. **Par conséquent, les volumes soustraits à la crue par le site de maintenance des infrastructures (SMI) sont totalement compensés.**

1.3.4.7 OA Friche Arrighi

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable uniquement en bordure de Seine et à l'extrémité sud avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé)
	Impacts en lit mineur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » n'est pas inondable pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé)
	Impacts en lit mineur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est nul.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Il n'est pas nécessaire de compenser.

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

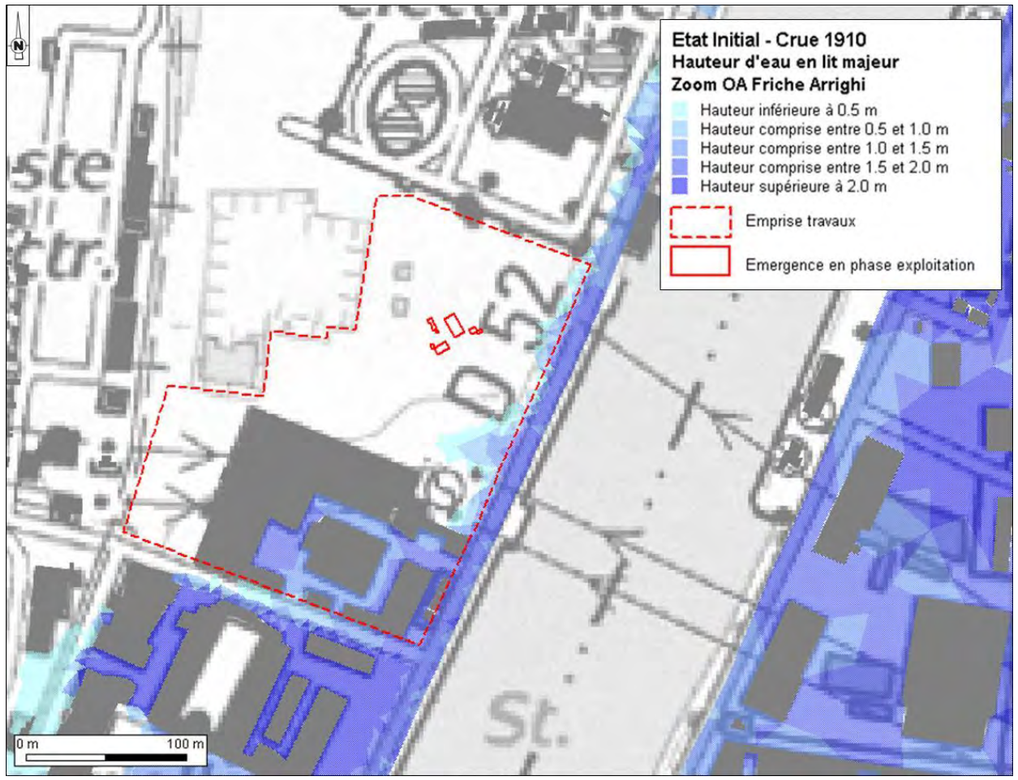
L'extrait suivant présente la carte des hauteurs d'eau pour la crue centennale, issues des résultats du modèle hydrodynamique réalisé dans le cadre du présent dossier.

En effet, la carte des surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, disponible sur le site internet Carmen et issue des données DRIEE, ne tient pas compte des spécificités du terrain.

Dans ce secteur, le niveau des PHEC est à 35,49 m NGF. Bien que l'ouvrage se situe dans la zone PPRI, le terrain naturel actuel est à 35,80 m NGF en moyenne, soit au-dessus des PHEC. En effet, le niveau du TN a été remonté à 35,50 m NGF au moment de la construction de la centrale Arrighi, qui a été démolie depuis.

L'emprise « chantier » est inondable uniquement en bordure de Seine et à l'extrémité sud avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.

L'emprise « exploitation » n'est pas inondable pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

a. *Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage*

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

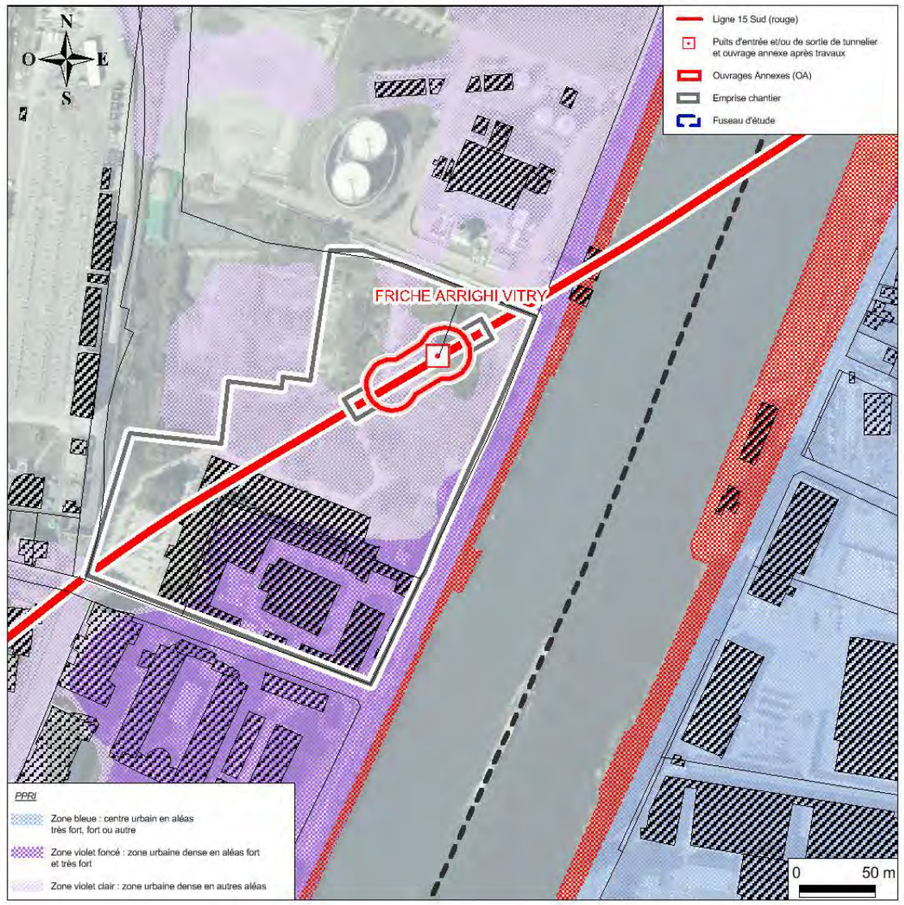
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone violette. Seule l'emprise « chantier » est concernée par la zone violet foncé.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. <u>Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :</u>

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

<u>Commentaires :</u> l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

c. <u>Phase chantier</u>

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05

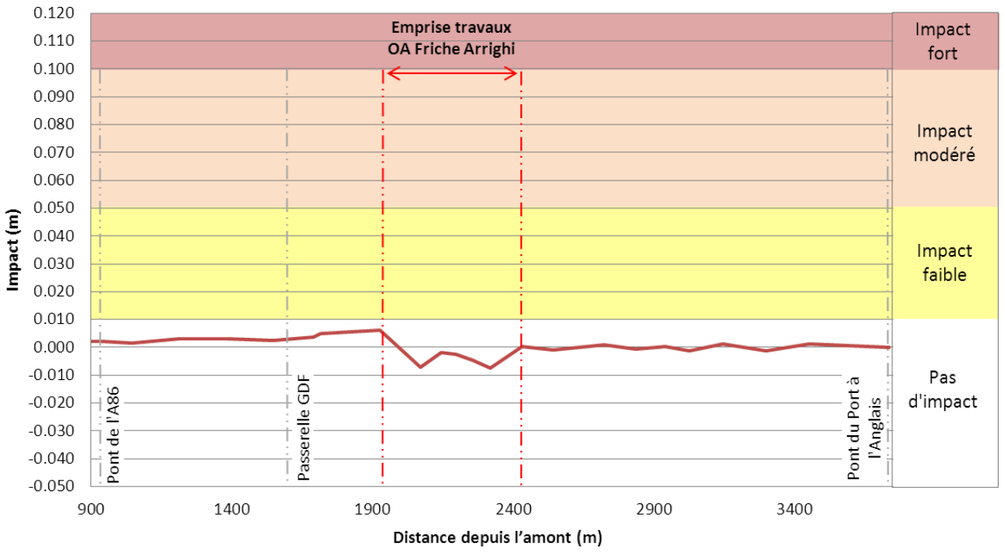
* NI : non inondable

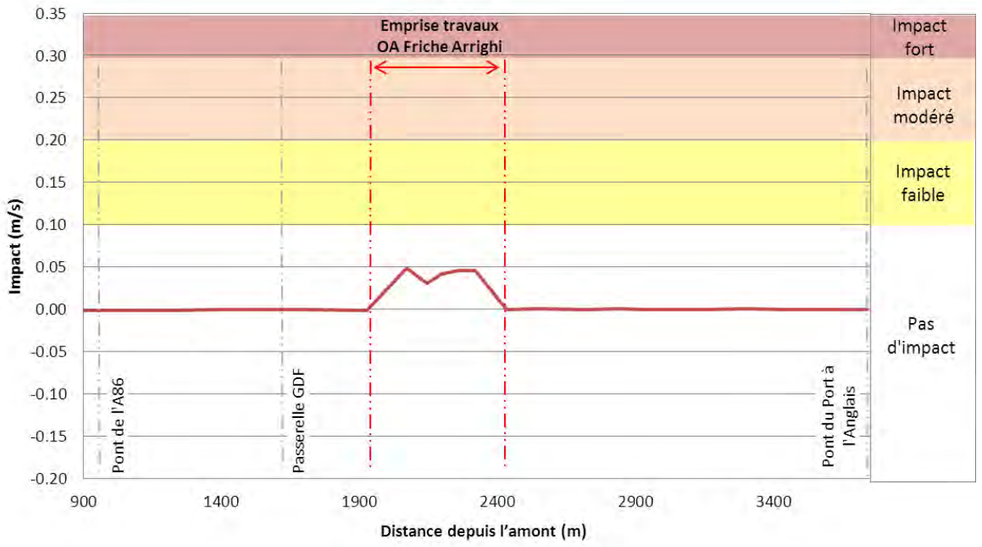
Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial).

L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

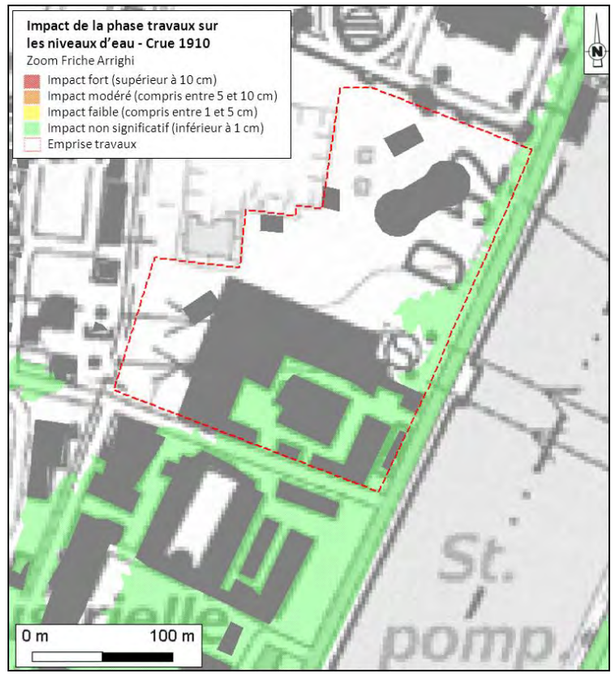
Pour le lit mineur. En complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase travaux. L'**impact sur le niveau d'eau est négligeable** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm) et l'**impact sur les vitesses est négligeable** avec une augmentation maximale attendue des vitesses de l'ordre de 0,05 m/s.



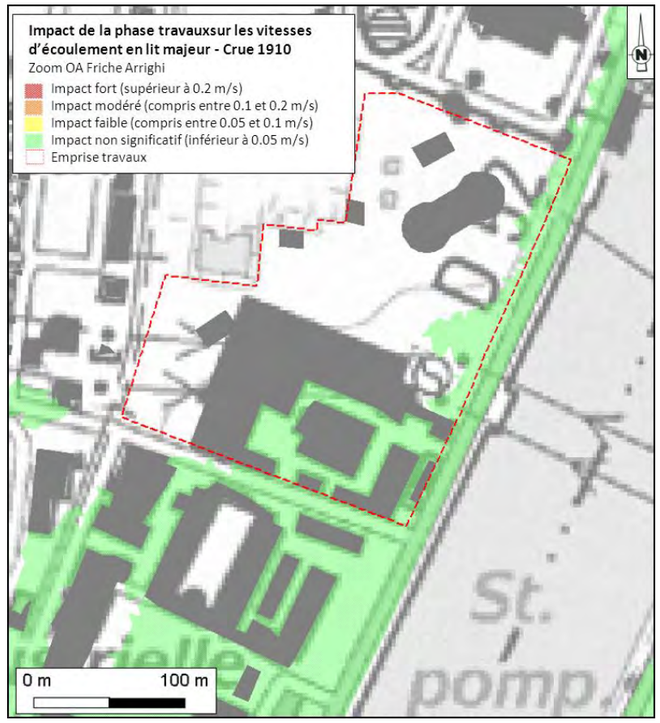


Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

Pour le lit majeur. L'analyse des résultats du tableau ci-avant et des zooms suivants montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**.



Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale



Impact de la phase travaux sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

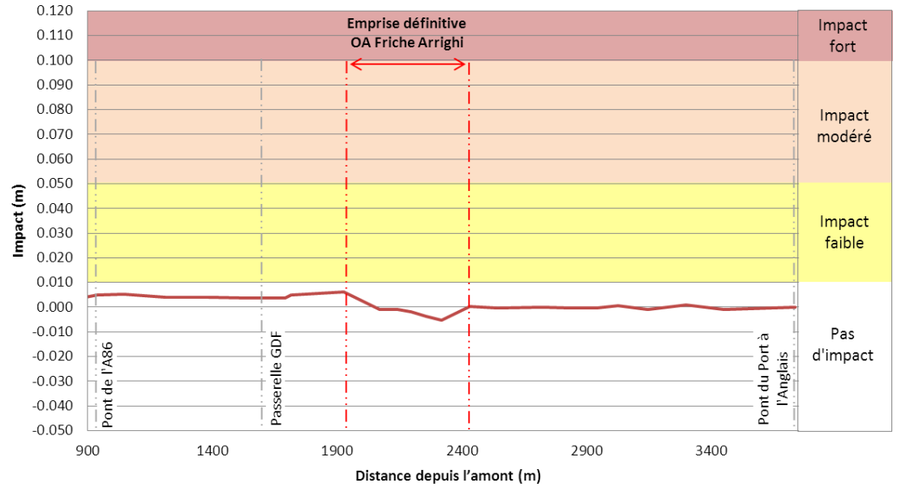
Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)		Delta Vitesse (en m/s)	
		ΔN lit mineur	ΔN lit majeur	Δv lit mineur	Δv lit majeur
1982	10 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1955	30 ans	< 0,01	NI	< 0,10	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,05

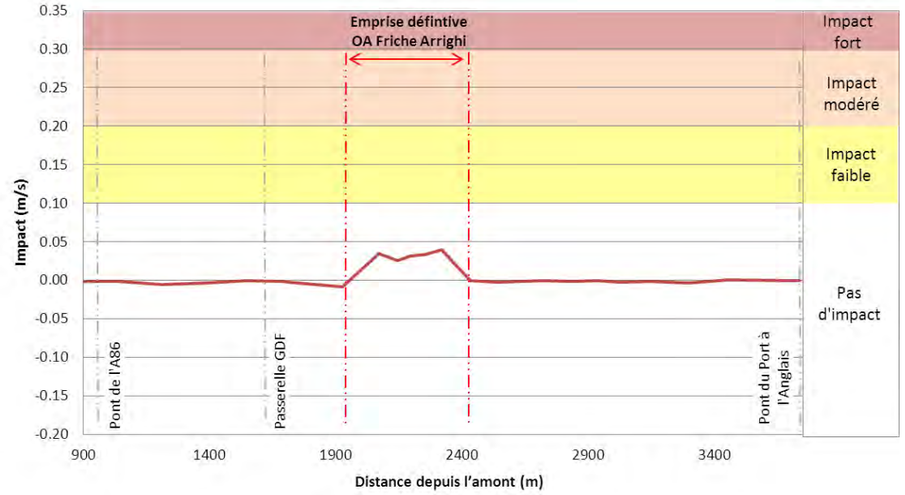
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Il est important de rappeler que l'analyse en lit mineur doit se faire à une échelle globale multi-ouvrages. En effet, les modifications des conditions d'écoulement au droit d'un ouvrage donné peuvent être induites par un ouvrage situé en aval et non l'ouvrage en question (écoulement de type fluvial). L'analyse croisée des différentes crues modélisées permet de préciser les incidences maximales attendues du projet en lit mineur et en lit majeur :

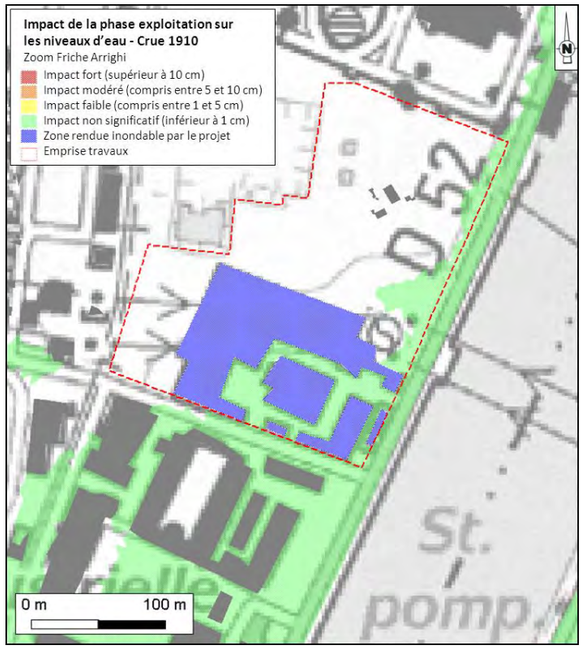
Pour le lit mineur. En complément des résultats synthétiques présentés dans le tableau ci-dessus, les deux graphiques ci-après illustrent les variations du niveau d'eau (graphique du haut) et de la vitesse moyenne (graphique du bas) entre la situation actuelle et la phase définitive. L'**impact sur le niveau d'eau est négligeable** (rehaussement de la ligne d'eau inférieur à 1 cm) et l'**impact sur les vitesses est négligeable** avec une augmentation maximale attendue des vitesses inférieure à 0,05 m/s.



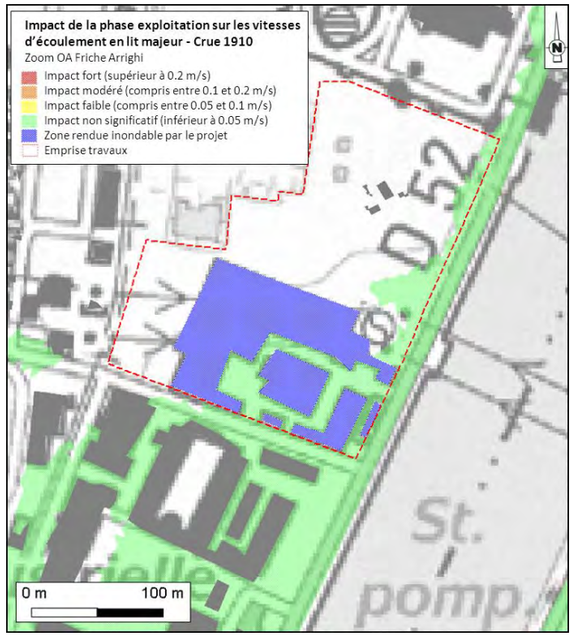


Impact de la phase définitive sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement – Crue 1910

<u>Pour le lit majeur.</u> L'analyse des résultats du tableau ci-avant et des zooms suivants montre qu'il n'y a **pas d'impact significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses**.



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue centennale



Impact de la phase exploitation sur les vitesses en lit majeur – Crue centennale

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Dans ce secteur, le niveau des PHEC est à 35,49 m NGF. Bien que l'ouvrage se situe dans la zone PPRI, le TN actuel, dans la zone d'implantation future de l'ouvrage de la friche, est à 35,80 m NGF en moyenne, soit au-dessus des PHEC. En effet, le niveau du TN a été remonté à 35,50 m NGF au moment de la construction de la centrale Arrighi, démolie depuis.

L'ouvrage s'inscrit sur un site essentiellement hors d'eau pour la crue centennale. Par conséquent, les volumes pour cet ouvrage sont nuls.

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, l'aménagement de l'ouvrage annexe ne nécessite pas de volume compensatoire.

1.3.4.8 *OA rue de Rome*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 425 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation des volumes soustraits à la crue par la destruction de bâtiments existants, avec un excédent de 85 m^3.

a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

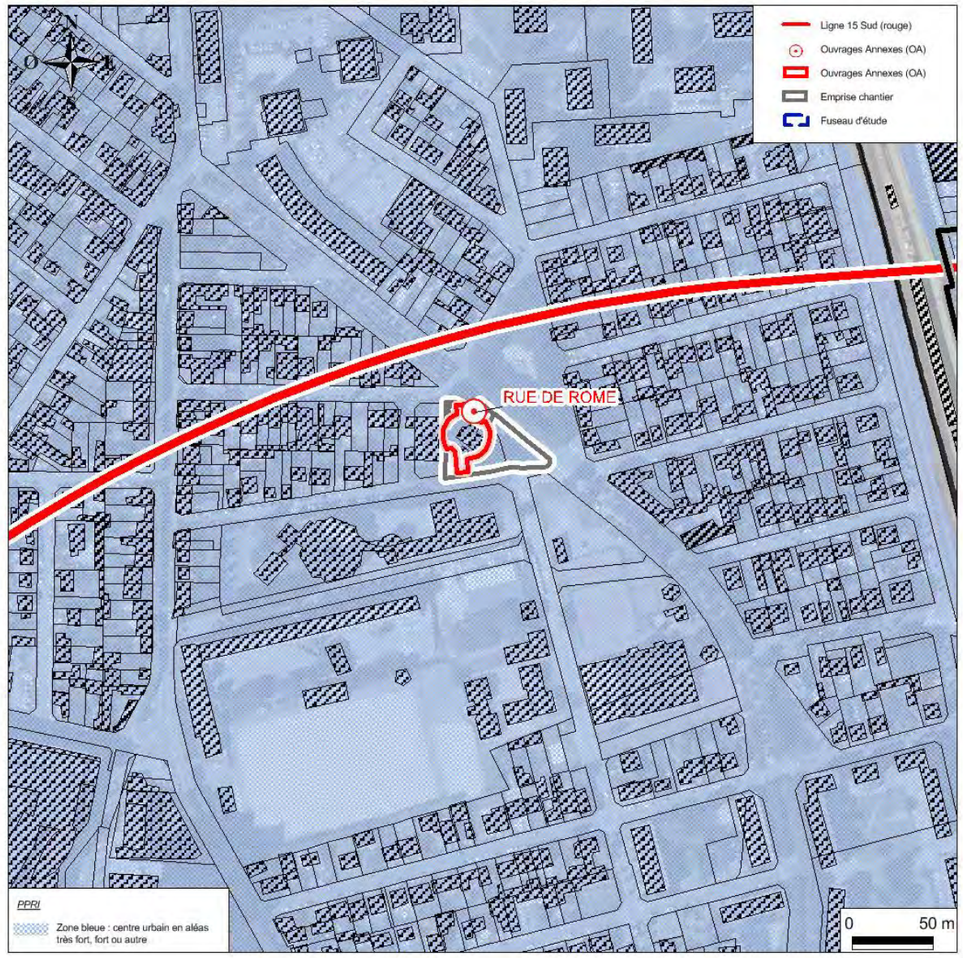
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

c. Phase chantier

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale. Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.





d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

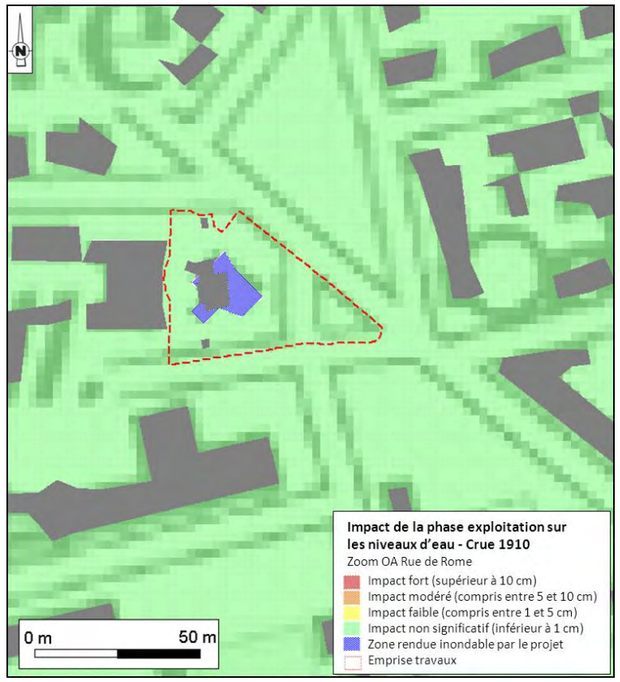
* NI : non inondable

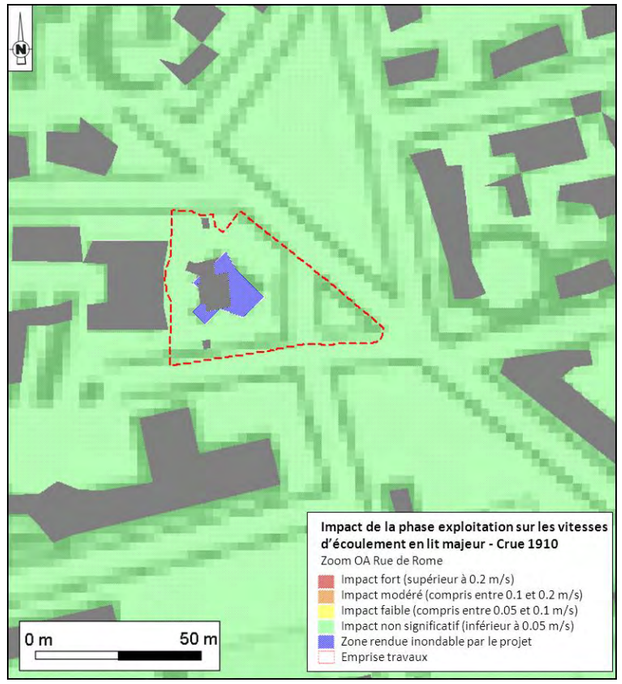
Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.





Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[32,19 ; 32,69]	0,50	130	65
2	[32,69 ; 33,19]	0,50	130	65
3	[33,19 ; 33,69]	0,50	130	65
4	[33,69 ; 34,19]	0,50	130	65
5	[34,19 ; 34,69]	0,50	130	65
6	[34,69 ; 35,19]	0,50	130	65
7	[35,19 ; 35,49]	0,30	130	35
TOTAL	**[32,19 ; 35,49]**	**3,30**	**-**	**425**

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau.

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants.

Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les surfaces et les volumes ainsi libérés.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface libérée par tranche (en m²)	Volume libéré par tranche (en m³)
1	[32,19 ; 32,69]	0,50	170	85
2	[32,69 ; 33,19]	0,50	170	85
3	[33,19 ; 33,69]	0,50	170	85
4	[33,69 ; 34,19]	0,50	145	70
5	[34,19 ; 34,69]	0,50	145	70
6	[34,69 ; 35,19]	0,50	145	70
7	[35,19 ; 35,49]	0,30	145	45
TOTAL	**[32,19 ; 35,49]**	**3,30**	**-**	**510**

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont totalement compensés. Un surplus de 85 m³ est constaté, soit près de 20% en plus du volume soustrait.

1.3.4.9 Gare de Vert de Maisons

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 7 445 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation des volumes soustraits à la crue par la destruction de bâtiments existants, avec un volume restant à compenser de 2 090 m^3 ; - Compensation du volume de 2 090 m^3 dans un parking enterré d'une opération immobilière conduite par un opérateur tiers.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

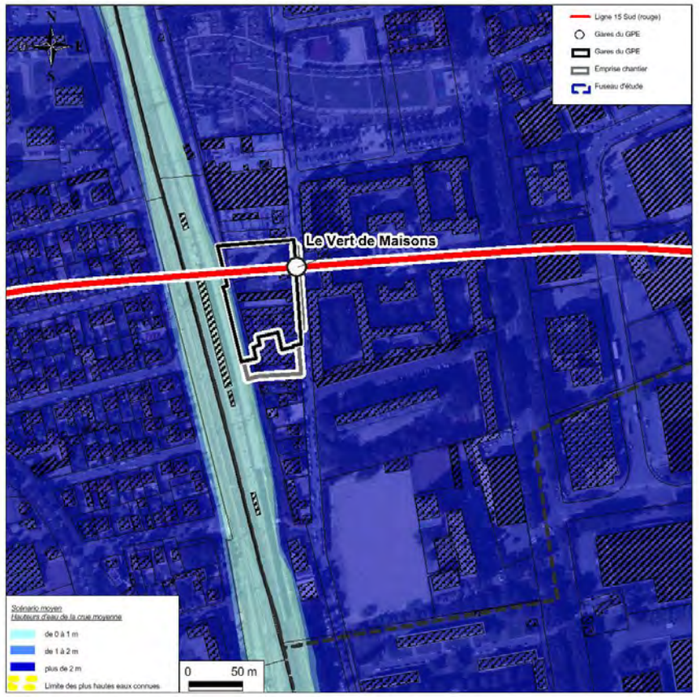
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

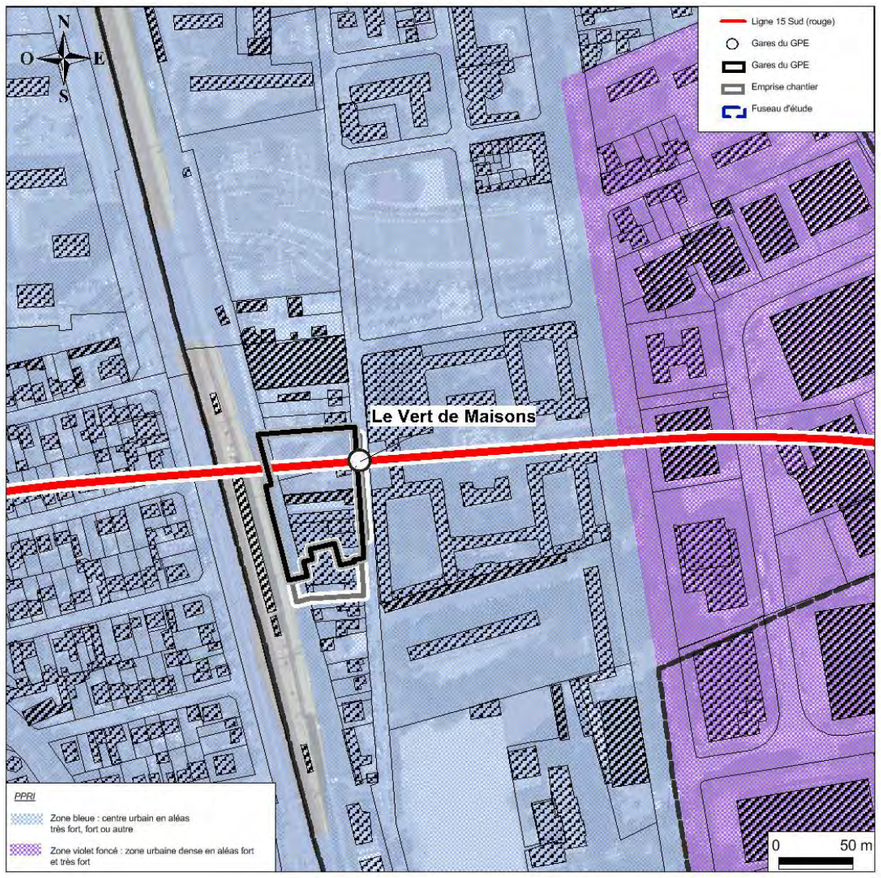
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de la gare sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement précise en outre que pour les constructions nouvelles à usage d'activité ou de service :

- Les niveaux fonctionnels doivent être situés, au minimum, à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel ;
- Les extensions, les niveaux fonctionnels doivent être situés au minimum, à la cote du niveau fonctionnel existant le plus bas dans la limite de 50% de la SHON du dit niveau.

Commentaires :

Concernant la gare de Vert de Maisons, voici ci-dessous le bilan des surfaces commerciales projetées dans la gare :

- surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro (ex. boulangerie, snack…) 100m² ;
- surfaces directement liées à l' exploitation (vente de tickets) 138m² (point multiservice inclus) ;
- surface uniquement de l'emprise gare 2300m² + parvis. 1600m².

Par conséquent, le taux d'occupation des surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro par rapport à la surface de la parcelle est de 4%. Ce taux est cohérent avec la limite de 50% fixé par le règlement pour cette zone.

Concernant le niveau fonctionnel et vu la spécificité de l'aménagement (ouvrage souterrain pour l'essentiel), la mise hors d'eau de l'ensemble de la gare jusqu'à la cote PPRI + 20 cm permet de garantir de fait une protection supérieure à celle demandée dans le PPRI (cote PPRI + 20 cm supérieure à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel).

c. *Phase chantier*

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

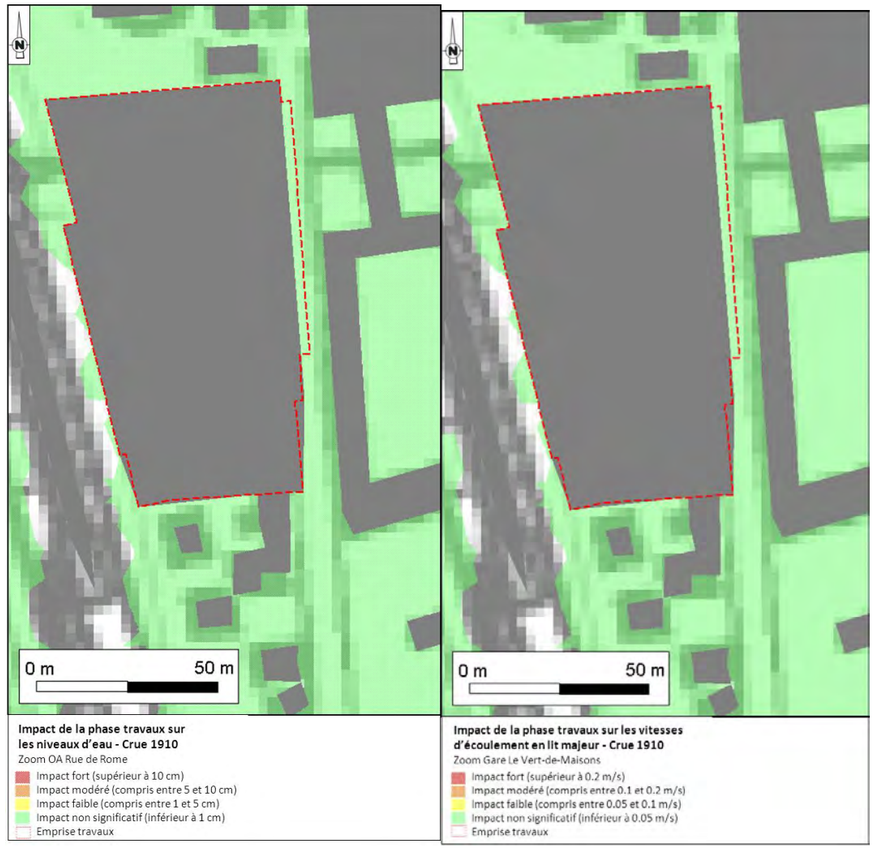
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Au droit de la gare de Vert de Maisons, les travaux se décomposent, globalement, en deux phases :

- Le terrassement et la construction du génie civil des volumes souterrains

Durant cette phase provisoire, les structures des gares ne sont pas construites dans leur intégralité. En cas de crue, le poids de ces structures ne permet pas de compenser la poussée verticale que subit l'ouvrage en raison du niveau d'eau. De même l'absence des dalles ne permet pas d'équilibrer la pression horizontale qui s'exerce entre les parois moulées. Ainsi, seule l'inondation des fouilles permet de garantir la stabilité des ouvrages et la sécurité.

Des niveaux de crue seront donc définis, à partir desquels les entreprises de génie civil évacueront les matériels et les personnels avant de laisser l'eau pénétrer dans les fouilles. Les portions de tunnel seront auparavant rendues étanches au moyen de parois situées au droit des tympans, afin de protéger les installations (notamment les tunneliers).

Durant cette première phase, les volumes des fouilles compensent très largement les volumes pris à la crue provenant des installations de chantier, même si la correspondance exacte par tranches altimétriques n'est pas assurée.

- La construction du génie civil des émergences, ainsi que des aménagements et du second œuvre de l'ensemble des volumes

Durant cette phase, les fouilles ne sont plus inondables. Des bassins de compensation sont prévus en phase définitive mais, à ce stade des études, il n'est pas garanti qu'ils soient disponibles dès le début de la phase. Néanmoins, la durée de cette phase transitoire est très inférieure à la durée totale des travaux, et ne justifie pas une compensation des volumes telle qu'en phase définitive. Les seules installations de chantier susceptibles de mobiliser un volume de crue sont les bungalows de chantier de la gare, représentant environ 1 625 m^3. Le tableau ci-dessous présente les volumes pris à la crue par les bungalows.

Hauteur d'eau			Surfaces Bungalows		Volume à compenser	
TN moyen	Cote PHEC	Δ	SGP	SNCF	SGP	SNCF
31,92	35,48	3,56	457	156	1,625	555

Remarque : les bungalows sont de forme parallélépipède et possède une section horizontale constante quelle que soit la hauteur.

Si ce volume est considéré comme trop important, les bungalows pourront être installés sur pilotis, ou une compensation pourra éventuellement être recherchée en dehors des emprises.

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

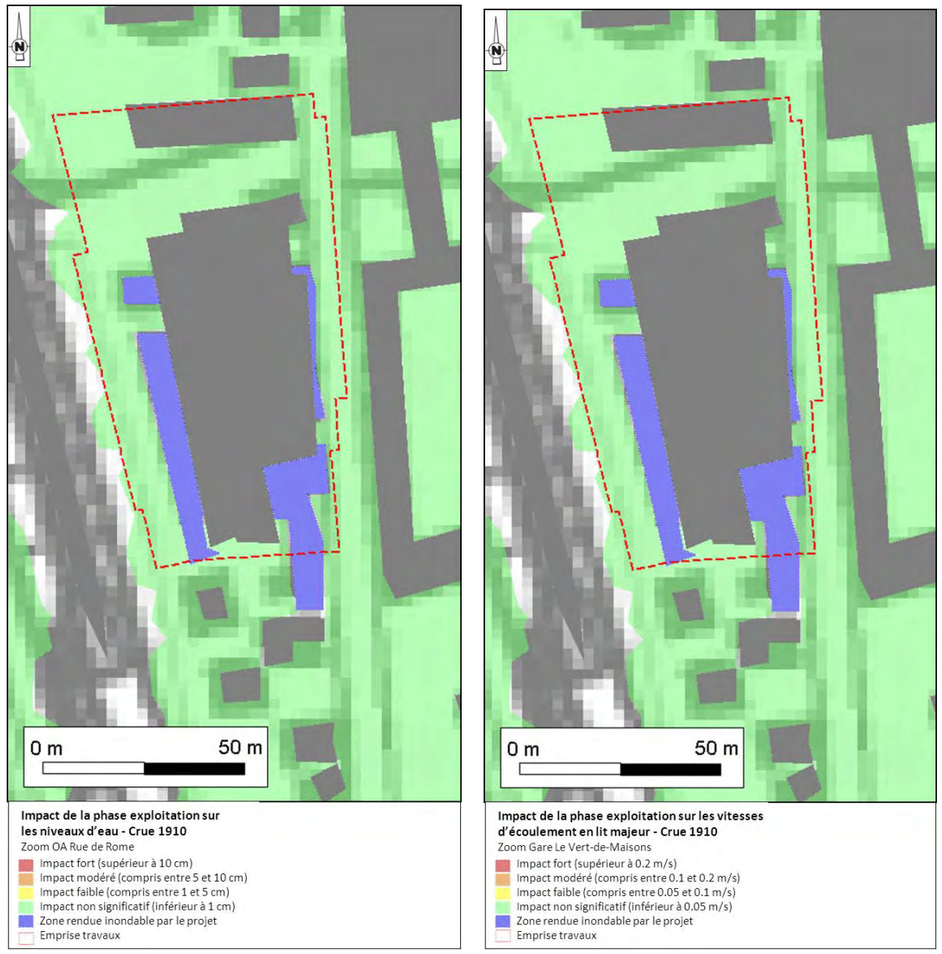
Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

* NI : non inondable

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[32,06 ; 32,56]	0,50	2 460	485
2	[32,56 ; 33,06]	0,50	2 460	1 015
3	[33,06 ; 33,56]	0,50	2 460	1 225
4	[33,56 ; 34,06]	0,50	2 460	1 225
5	[34,06 ; 34,56]	0,50	2 460	1 225
6	[34,56 ; 35,06]	0,50	2 460	1 225
7	[35,06 ; 35,48]	0,42	2 460	1 045
TOTAL	**[32,06 ; 35,48]**	**3,42**	**-**	**7 445**

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié à l'émergence de la gare, mise hors d'eau. Les locaux nord et la mise en place de système anti-crue contribuent également à limiter le champ d'expansion de crue.

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants. Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les volumes ainsi libérés.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface libérée par tranche (en m²)	Volume libéré par tranche (en m³)
1	[32,06 ; 32,56]	0,50	1 590	270
2	[32,56 ; 33,06]	0,50	1 750	850
3	[33,06 ; 33,56]	0,50	1 750	875
4	[33,56 ; 34,06]	0,50	1 750	875
5	[34,06 ; 34,56]	0,50	1 750	875
6	[34,56 ; 35,06]	0,50	1 750	875
7	[35,06 ; 35,48]	0,42	1 750	735
TOTAL	**[32,06 ; 35,48]**	**3,42**	**-**	**5 355**

Par conséquent, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont réduits, comme le présente le tableau suivant. Le volume global soustrait à la crue passe ainsi de 7 445 m³ à 2 090 m³, soit une diminution de plus de 70%. Cet abattement est sensiblement homogène pour chacune des tranches garantissant ainsi une « compensation dynamique » de la crue.

N° tranche	Intervalle altimétrique	Hauteur correspondante	Surface par tranche	Volume soustrait par tranche
	(en m NGF)	(en m)	(en m²)	(en m³)
1	[32,06 ; 32,56]	0,50	870	215
2	[32,56 ; 33,06]	0,50	710	165
3	[33,06 ; 33,56]	0,50	710	350
4	[33,56 ; 34,06]	0,50	710	350
5	[34,06 ; 34,56]	0,50	710	350
6	[34,56 ; 35,06]	0,50	710	350
7	[35,06 ; 35,48]	0,42	710	310
TOTAL	**[32,06 ; 35,48]**	**3,42**	**-**	**2 090**

Il nécessaire de compenser 2 090 m³ pour la gare de Vert de Maisons.

Concernant la gare de Vert de Maisons, les mesures compensatoires prévues pour la phase exploitation permettront de compenser globalement les emprises en zone inondable.

La mise en œuvre de ces mesures compensatoires sera conditionnée par le phasage général des aménagements de cette gare et du projet d'aménagement associé. A ce titre, une attention particulière sera ainsi portée par la SGP afin de maîtriser autant que faire se peut l'adéquation la plus cohérente possible entre les emprises réalisées en zone inondable et la disponibilité effective des mesures compensatoires.

Notons également que les différentes phases d'aménagement et emprises en zone inondable associées ne s'échelonneront pas toutes sur une durée considérée comme « significative » (supérieure à une année) et nécessitant une compensation au vu des obligations et préconisations réglementaires.

Les études techniques complémentaires à venir (phase PRO des missions de Maîtrise d'œuvre notamment) permettront de consolider les solutions de compensations relatives à la phase travaux.

A ce titre, une des solutions privilégiée actuellement à l'étude, qui présente vraisemblablement le moins de risques identifiés, serait l'inondation de fouilles réalisées durant la phase chantier. Dans ces conditions, les compensations surfaciques et volumiques permettront de tendre vers un « bilan hydraulique emprises/restitution » à l'équilibre.

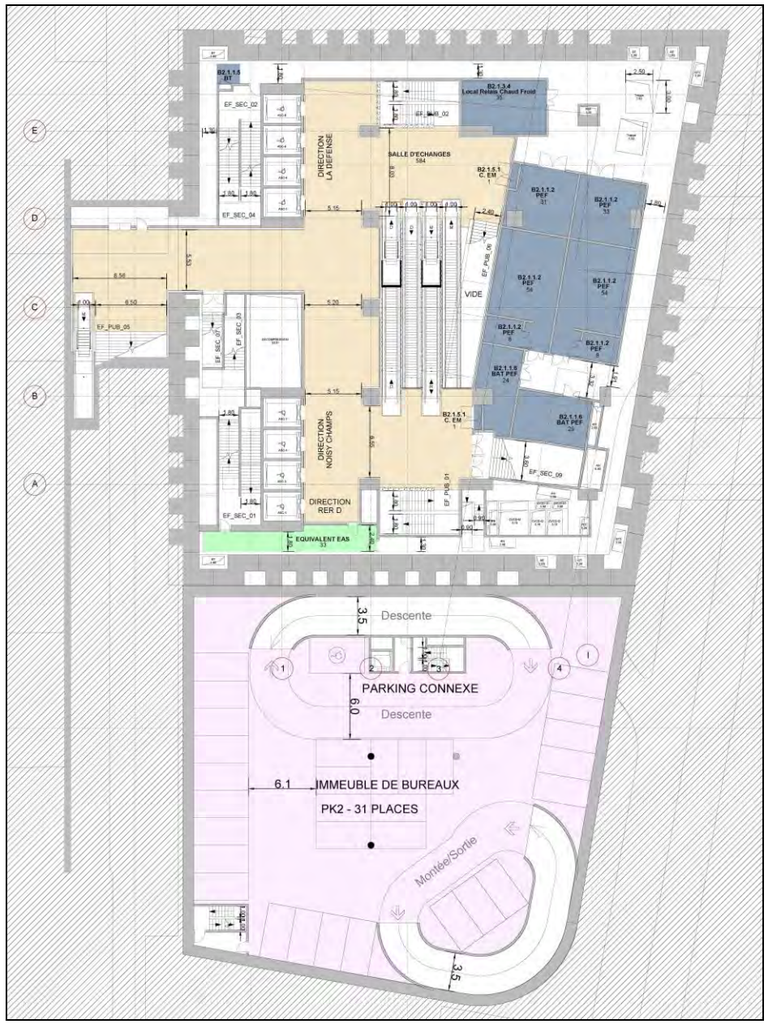
D'autres solutions de compensation complémentaires, relatives aux emprises en phase chantier, telles que la mise hors crue de certains ouvrages (ex : mise sur pilotis) ou la recherche de site de compensations « proches et hydrauliquement compatibles » pourraient également permettre de répondre aux préconisations de la doctrine DRIEE « Fiche thématique - Aménagements impactant le libre écoulement des eaux (2010) ».

Ces différents types de solutions nécessitent un certain nombre de précautions d'ordre technique, notamment la protection des ouvrages sensibles (tunnel en particulier) et la programmation de l'évacuation des matériels et des personnes, qui seront déterminées au cours des phases d'études subséquentes.

Au vu du contexte urbain de ce secteur, il n'est pas possible de prévoir un décaissement du niveau du terrain naturel pour récupérer ce volume. Dans le cadre du projet connexe prévu au niveau de cette gare, il est prévu la création d'un parking souterrain qui permettra d'assurer la compensation en cas de crue.



Vue depuis le Square Dufourmantelle avec le projet connexe (visuel à titre indicatif)



Plan du projet de parking souterrain (niveau -1) du projet connexe de la gare de Vert de Maisons (Source : Société du Grand Paris)

Par conséquent, les volumes soustraits à la crue par la gare de Vert de Maisons sont totalement compensés.

1.3.4.10 *OA université de Créteil*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.
Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 230 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation du volume soustrait à la crue dans un bassin de stockage enterré dédié à la compensation, d'un volume utile de 230 m^3.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

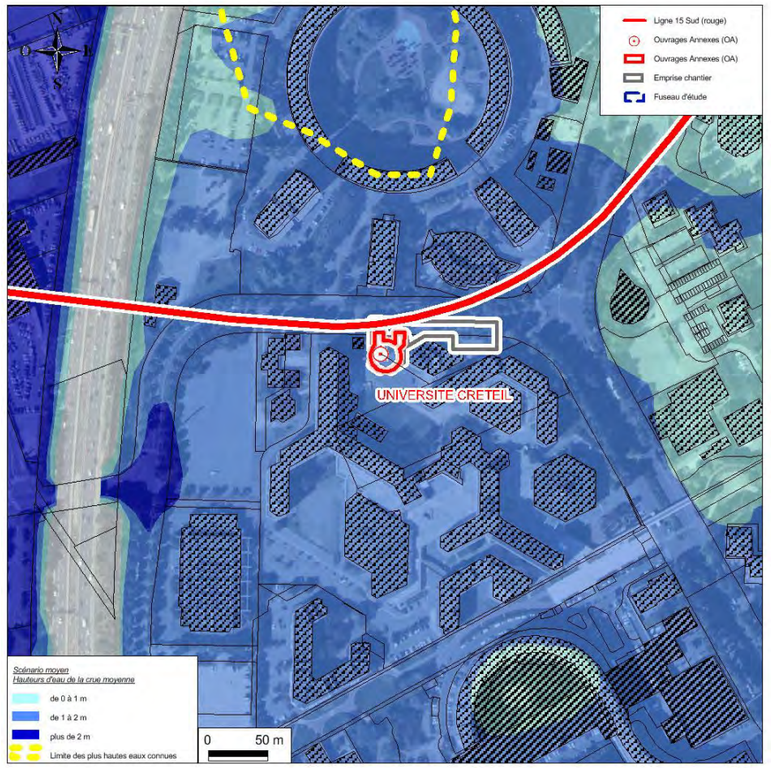
Aléa inondation au droit de l'ouvrage

L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale. L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

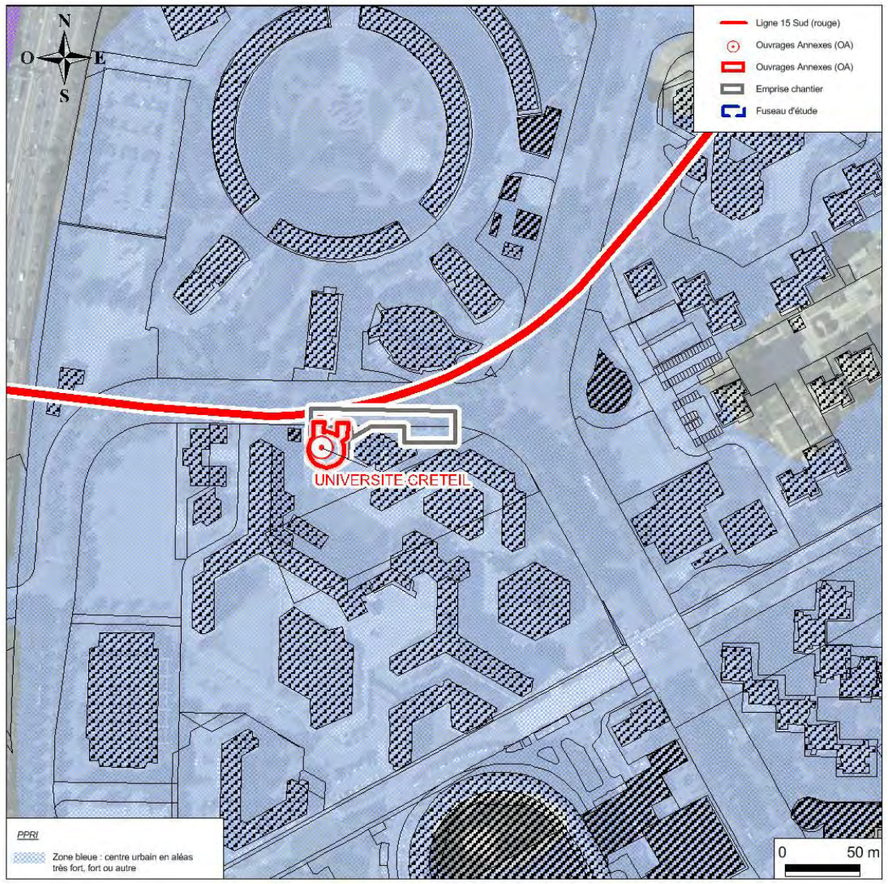
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

c. Phase chantier

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

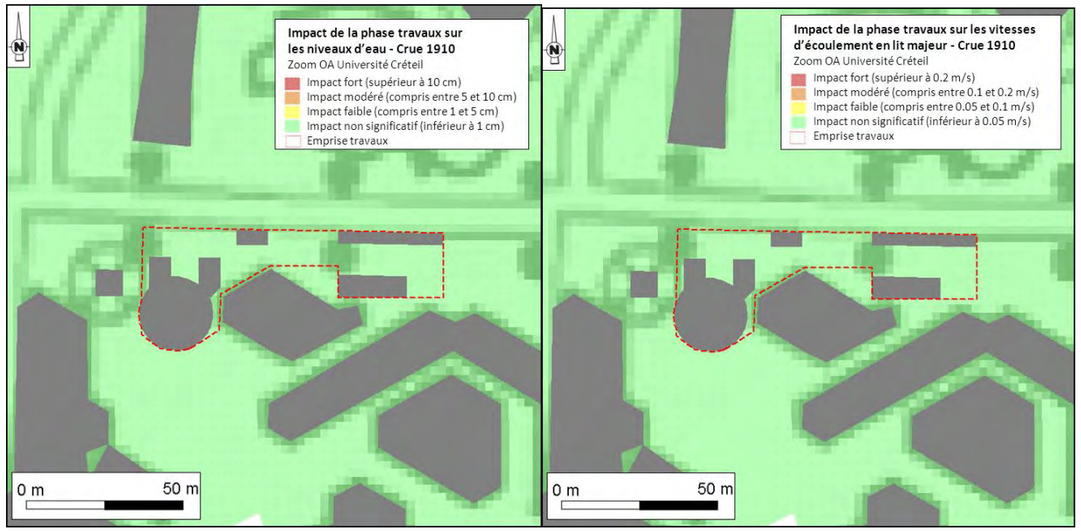
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.



d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

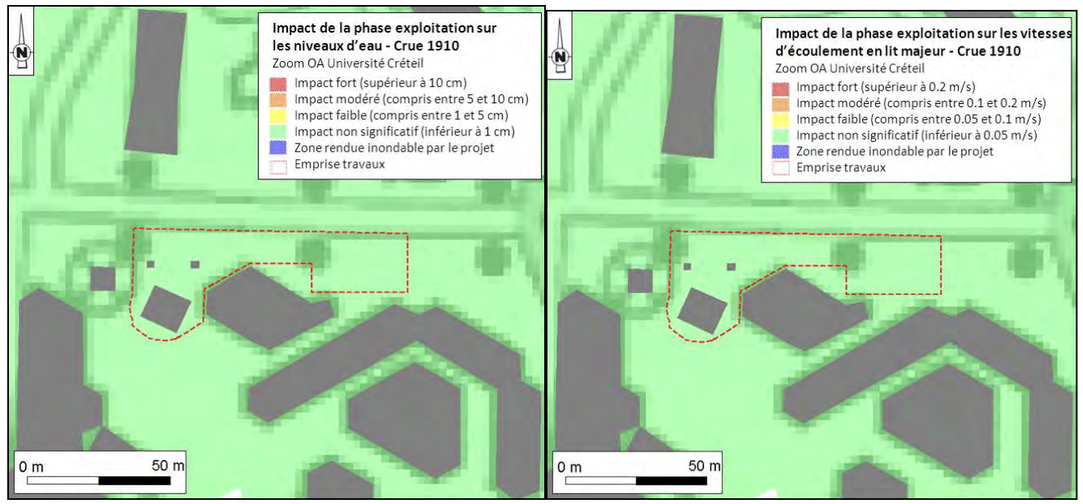
* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[34,21 ; 34,71]	0,50	180	90
2	[34,71 ; 35,21]	0,50	180	90
3	[35,21 ; 35,71]	0,50	180	50
TOTAL	**[34,21 ; 35,71]**	**1,50**	**-**	**230**

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 230 m^3.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +29.65 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 230 m^3.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.

1.3.4.11 *Gare de Créteil l'Echat*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone bleue)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 1 930 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation du volume de 1 930 m^3 dans un parking enterré du projet connexe.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

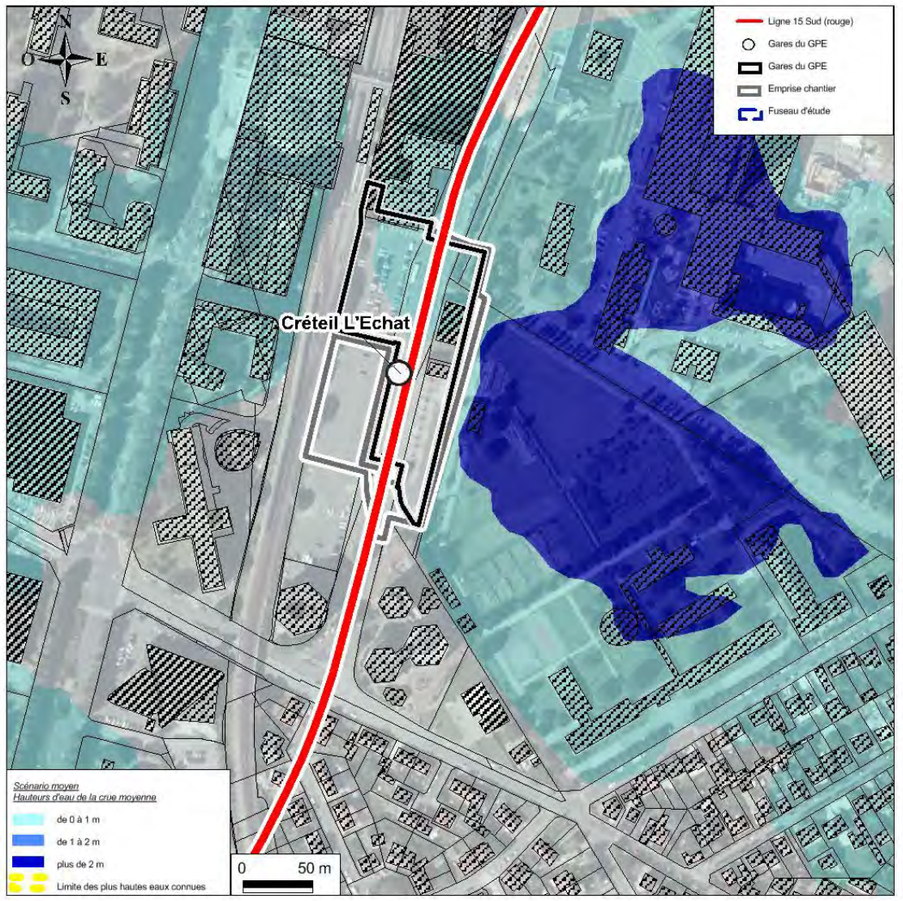
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 m (« autre aléa » au sens du PPRI) pour la crue centennale. Toutefois, une partie de l'emprise située au sud reste hors d'eau.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

Le présent chapitre détaille :

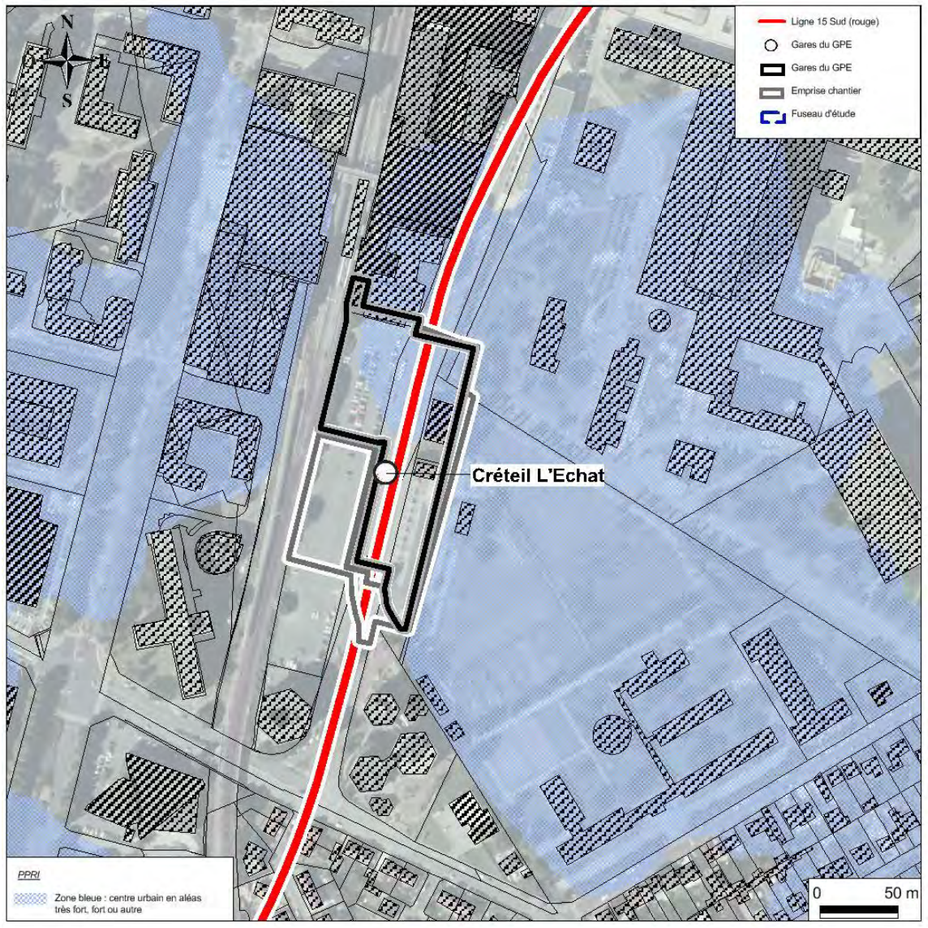
- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;

- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone bleue, dite centre urbain.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de la gare sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement précise en outre que pour les constructions nouvelles à usage d'activité ou de service :

- Les niveaux fonctionnels doivent être situés, au minimum, à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel ;

- Les extensions, les niveaux fonctionnels doivent être situés au minimum, à la cote du niveau fonctionnel existant le plus bas dans la limite de 50% de la SHON du dit niveau.

Commentaires :

Concernant la gare de Vert de Maisons, voici ci-dessous le bilan des surfaces commerciales projetées dans la gare :

- surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro (ex. boulangerie, snack…) : 480 m²

- surfaces directement liées à l' exploitation (vente de tickets) : 160 m² (point multiservice inclus)

- Surface de la gare et de son parvis : 4200 m² en infra + 1900 m² en superstructure + 1700 m² de parvis soit environ 6000 m²

Par conséquent, le taux d'occupation des surfaces commerciales non directement liées à l'exploitation du métro par rapport à la surface de la parcelle est de 8%. Ce taux est cohérent avec la limite de 50% fixé par le règlement pour cette zone.

Concernant le niveau fonctionnel et vu la spécificité de l'aménagement (ouvrage souterrain pour l'essentiel), la mise hors d'eau de l'ensemble de la gare jusqu'à la cote PPRI + 20 cm permet de

garantir de fait une protection supérieure à celle demandée dans le PPRI (cote PPRI + 20 cm supérieure à la cote la plus haute entre celle de la voirie existante et celle du terrain naturel).

c. *Phase chantier*

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Au droit de la gare de Créteil l'Echat, les travaux se décomposent, globalement, en deux phases :

- Le terrassement et la construction du génie civil des volumes souterrains

Durant cette phase provisoire, les structures des gares ne sont pas construites dans leur intégralité. En cas de crue, le poids de ces structures ne permet pas de compenser la poussée verticale que subit l'ouvrage en raison du niveau d'eau. De même l'absence des dalles ne permet pas d'équilibrer la pression horizontale qui s'exerce entre les parois moulées. Ainsi, seule l'inondation des fouilles permet de garantir la stabilité des ouvrages et la sécurité.

Des niveaux de crue seront donc définis, à partir desquels les entreprises de génie civil évacueront les matériels et les personnels avant de laisser l'eau pénétrer dans les fouilles. Les portions de tunnel seront auparavant rendues étanches au moyen de parois situées au droit des tympans, afin de protéger les installations (notamment les tunneliers).

Durant cette première phase, les volumes des fouilles compensent très largement les volumes pris à la crue provenant des installations de chantier, même si la correspondance exacte par tranches altimétriques n'est pas assurée.

- La construction du génie civil des émergences, ainsi que des aménagements et du second œuvre de l'ensemble des volumes

Durant cette phase, les fouilles ne sont plus inondables. Des bassins de compensation sont prévus en phase définitive mais, à ce stade des études, il n'est pas garanti qu'ils soient disponibles dès le début de la phase. Néanmoins, la durée de cette phase transitoire est très inférieure à la durée totale des travaux, et ne justifie pas une compensation des volumes telle qu'en phase définitive. Les seules installations de chantier susceptibles de mobiliser un volume de crue sont les bungalows de chantier de la gare. Afin de ne pas prélever de volume à la crue, ceux-ci sont placés hors zone inondable.

d. *Phase exploitation*

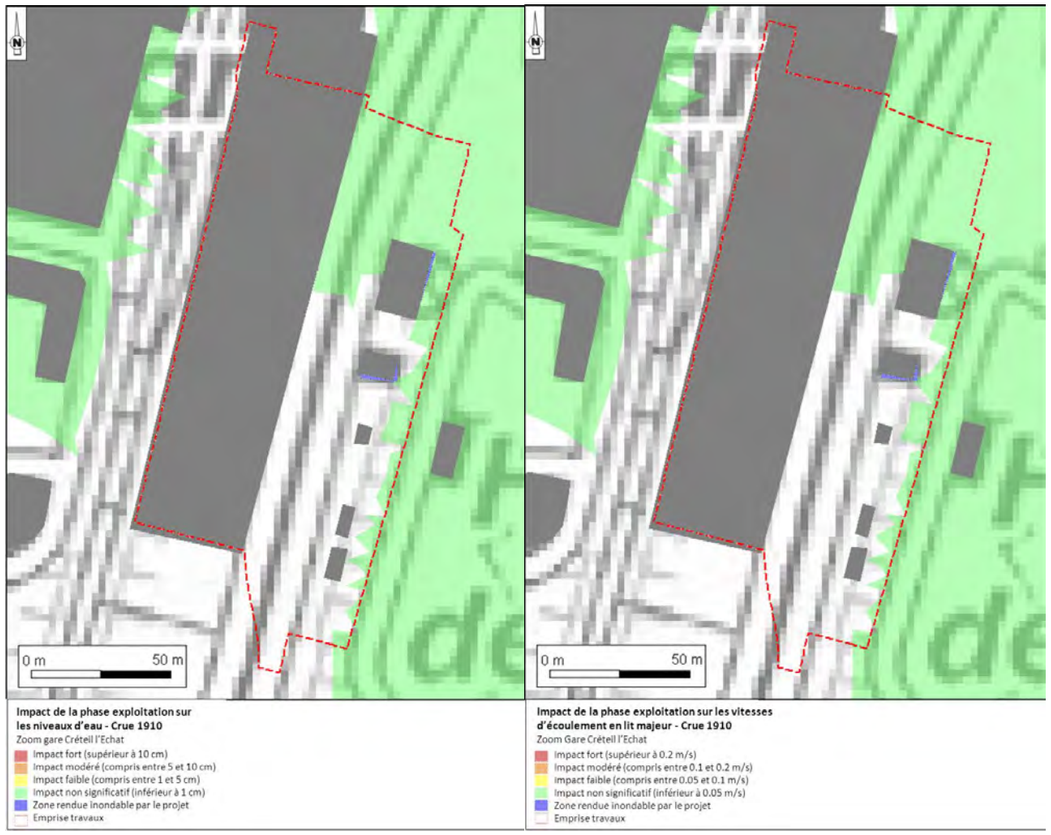
Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1955	30 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort



La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à la gare n'est mesuré**.

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[33,29 ; 33,79]	0,50	390	130
2	[33,79 ; 34,29]	0,50	490	240
3	[34,29 ; 34,79]	0,50	1 080	330
4	[34,79 ; 35,29]	0,50	1 930	740
5	[35,29 ; 35,48]	0,19	2 590	490
TOTAL	**[34,21 ; 35,48]**	**2,19**	**-**	**1 930**

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence de la gare et la mise hors d'eau du parvis, soit un volume soustrait global de 1 930 m^3.

Concernant la gare de Créteil l'Echât, les mesures compensatoires prévues pour la phase exploitation permettront de compenser globalement les emprises en zone inondable.

La mise en œuvre de ces mesures compensatoires sera conditionnée par le phasage général des aménagements de cette gare et du projet d'aménagement associé. A ce titre, une attention particulière sera ainsi portée par la SGP afin de maîtriser autant que faire se peut l'adéquation la plus cohérente possible entre les emprises réalisées en zone inondable et la disponibilité effective des mesures compensatoires.

Notons également que les différentes phases d'aménagement et emprises en zone inondable associées ne s'échelonneront pas toutes sur une durée considérée comme « significative » (supérieure à une année) et nécessitant une compensation au vu des obligations et préconisations réglementaires.

Les études techniques complémentaires à venir (phase PRO des missions de Maîtrise d'œuvre notamment) permettront de consolider les solutions de compensations relatives à la phase travaux.

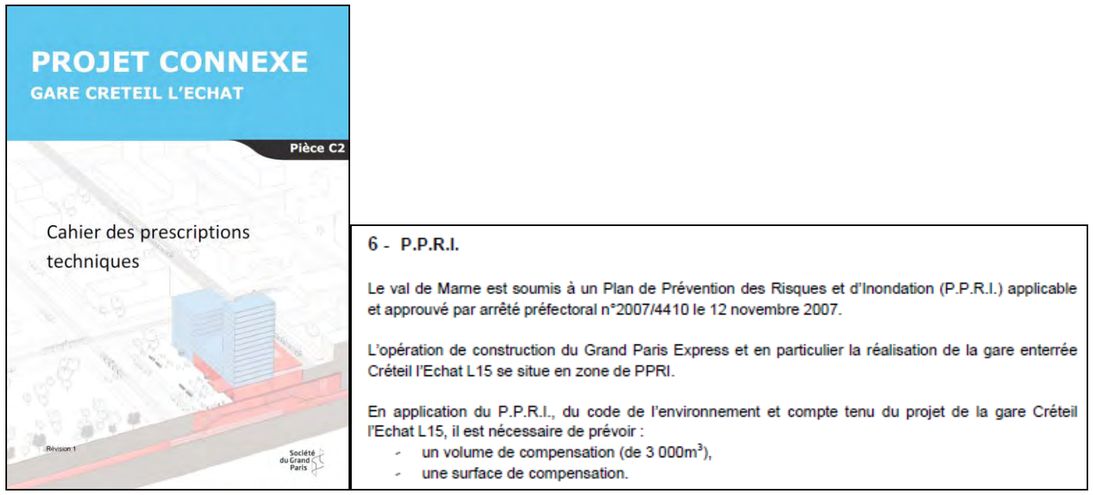
A ce titre, une des solutions privilégiée actuellement à l'étude, qui présente vraisemblablement le moins de risques identifiés, serait l'inondation de fouilles réalisées durant la phase chantier. Dans ces conditions, les compensations surfaciques et volumiques permettront de tendre vers un « bilan hydraulique emprises/restitution » à l'équilibre.

D'autres solutions de compensation complémentaires, relatives aux emprises en phase chantier, telles que la mise hors crue de certains ouvrages (ex : mise sur pilotis) ou la recherche de site de compensations « proches et hydrauliquement compatibles » pourraient également permettre de répondre aux préconisations de la doctrine DRIEE « Fiche thématique - Aménagements impactant le libre écoulement des eaux (2010) ».

Ces différents types de solutions nécessitent un certain nombre de précautions d'ordre technique, notamment la protection des ouvrages sensibles (tunnel en particulier) et la programmation de l'évacuation des matériels et des personnes, qui seront déterminées au cours des phases d'études subséquentes.

Dans le cadre de la gare de Créteil l'Echat, il est prévu l'implantation d'un projet dit connexe porté par un promoteur pour développer une opération immobilière sur la parcelle mitoyenne à la gare du Grand Paris Express. Ce projet est notamment présenté dans la pièce B.2 de la présente étude d'impact, au niveau des éléments sur la gare concernée.

Pour compenser les volumes pris à la crue par la gare de Créteil l'Échat, le cahier des charges élaboré par la Société du Grand Paris pour la désignation d'un promoteur prend bien en compte ce besoin, et prescrit la mise en place d'un volume dédié au 1930 m^3 nécessaire.



6 - P.P.R.I.

Le val de Marne est soumis à un Plan de Prévention des Risques et d'Inondation (P.P.R.I.) applicable et approuvé par arrêté préfectoral n°2007/4410 le 12 novembre 2007.

L'opération de construction du Grand Paris Express et en particulier la réalisation de la gare enterrée Créteil l'Echat L15 se situe en zone de PPRI.

En application du P.P.R.I., du code de l'environnement et compte tenu du projet de la gare Créteil l'Echat L15, il est nécessaire de prévoir :

- un volume de compensation (de 3 000m^3),
- une surface de compensation.

Extrait du cahier des charges du projet connexe de la gare de Créteil l'Echat (Source : Société du Grand Paris)

Cette mesure pourra se traduire par la mise en place par le promoteur d'un parking souterrain à proximité immédiate de la gare permettant de libérer 3000 m3.

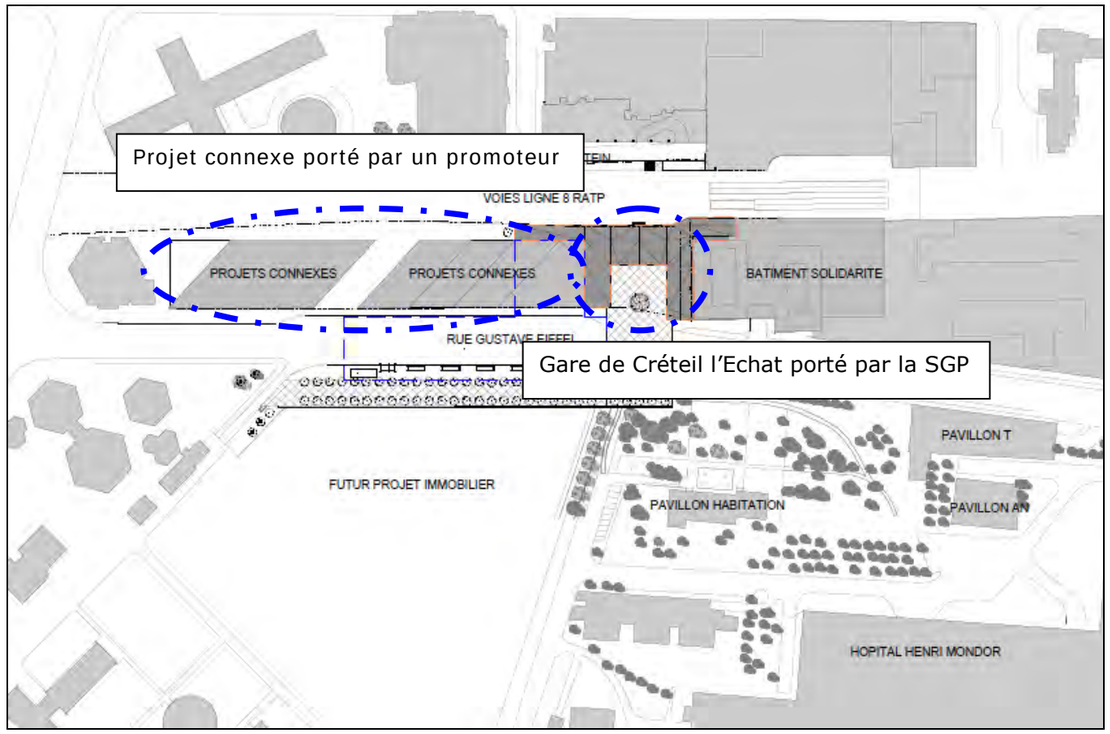


Schéma de la gare de Créteil l'Echat et du projet connexe situé à proximité (Source : Société du Grand Paris)

Cette mesure permettra de compenser le volume pris à la crue par l'implantation de la gare de Créteil l'Echat. Du fait du fonctionnement de la gare et de la nécessité d'assurer l'accès aux quais de la gare, il n'est pas possible d'intégrer ces volumes de compensation directement dans la boite souterraine de la gare.

Des dispositifs seront prévus dans le parking du projet connexe pour assurer l'évacuation des eaux de crue en dehors de l'ouvrage.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait devra être totalement compensé grâce à l'aménagement du parking souterrain du projet connexe.

1.3.4.12 *OA Rue du Port de Créteil*

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. Toutefois, la partie proche de la Marne de l'emprise est en aléa fort.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau n'est mesuré jusqu'à la crue centennale. Toutefois, lors de la phase chantier, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact modéré (jusqu'à 0,15 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone violet foncé)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 205 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation du volume soustrait à la crue dans un bassin de stockage enterré dédié à la compensation, d'un volume utile de 205 m^3.

a. Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

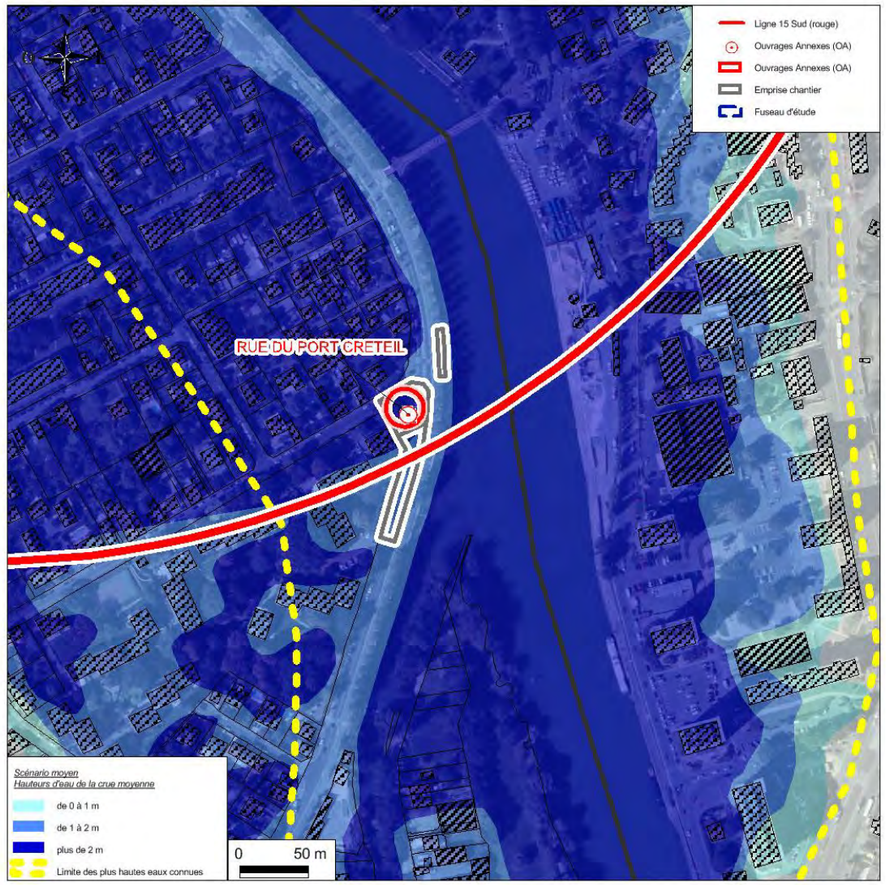
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale. Toutefois, la partie proche de la Marne de l'emprise est en aléa fort.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant dépasser 2 m (aléa très fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

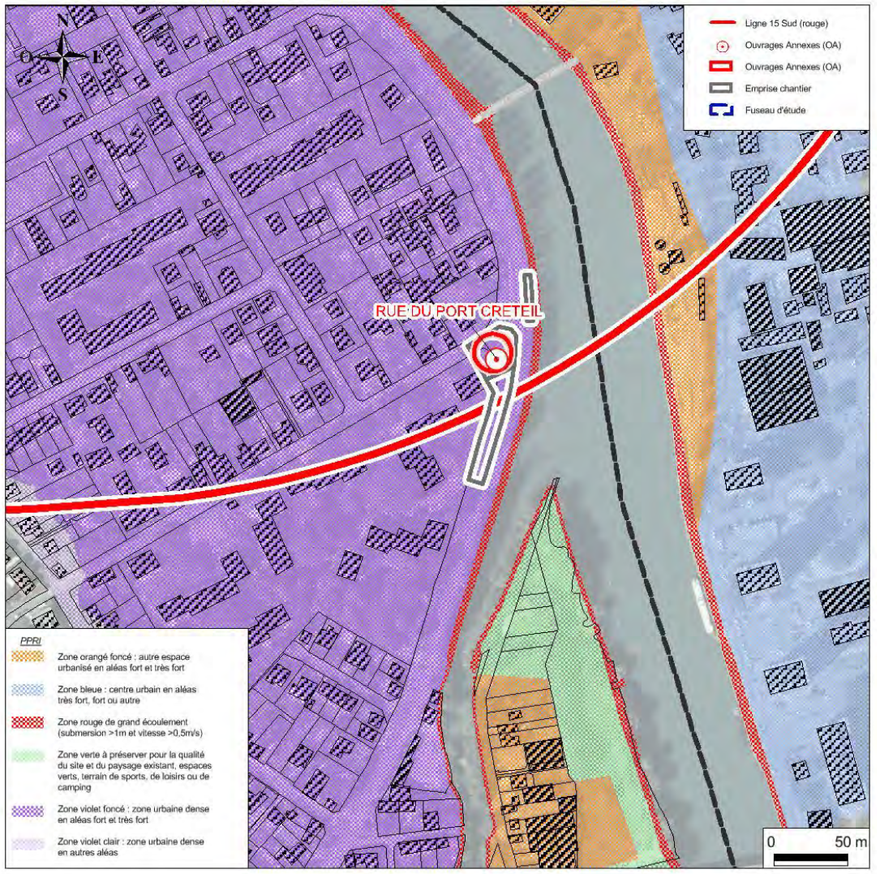
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située en zone violet foncé, correspondant à une zone urbaine dense.



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : l'ouvrage sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm, soit 35,92 m NGF. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

c. Phase chantier

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1924	50 ans	< 0,01	+ 0,09
1910	100 ans	< 0,01	+ 0,15

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact significatif n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau n'est mesuré**. Toutefois, lors de la phase chantier, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un **impact modéré** (jusqu'à 0,15 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.



Nota : A la lumière des résultats précédents, il apparait que le modèle présente une sensibilité liée notamment à l'absence de cotes de références validées en aval (repères de crues physiques de type bornes IGN ou repères de crues gravées sur un pont…). Néanmoins, les résultats du modèle permettent de fournir une première évaluation pertinente des incidences sur la hauteur d'eau et la vitesse sur cette zone d'étude.

d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1924	50 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale. Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de quatre pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[34,15 ; 34,65]	0,50	130	65
2	[34,65 ; 35,15]	0,50	130	65
3	[35,15 ; 35,65]	0,50	130	65
4	[35,65 ; 35,72]	0,07	130	10
TOTAL	**[34,21 ; 35,72]**	**1,57**	**-**	**205**

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 205 m^3.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +29,28 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 205 m^3.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.

1.3.4.13 OA impasse Abbaye

Les deux tableaux ci-après présentent la synthèse des éléments abordés dans le présent chapitre en distinguant la phase « chantier » (ou « travaux ») et la phase « exploitation ».

Phase chantier	Aléa	L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone orange foncée)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Lors de la phase travaux, l'incidence sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 se traduit par un léger rehaussement très local de la ligne d'eau correspondant à un impact faible (de l'ordre de 1,5 cm) à proximité immédiate de l'ouvrage. - Lors de la phase travaux, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact modéré (jusqu'à 0,12 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Pas de mesures compensatoires nécessaires.

Phase exploitation	Aléa	L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.
	PPRI concerné (zone(s) concernée(s))	PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne (zone orange foncée)
	Impacts en lit mineur	Aménagement hors lit mineur.
	Impacts en lit majeur	- Aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré jusqu'à la crue centennale ; - Le volume soustrait à la crue est de 195 m^3.
	Mesure(s) compensatoire(s)	- Compensation du volume soustrait à la crue dans un bassin de stockage enterré dédié à la compensation, d'un volume utile de 195 m^3.

a. <u>Aléa inondation et conformité au PPRI au droit de l'ouvrage</u>

Aléa inondation au droit de l'ouvrage

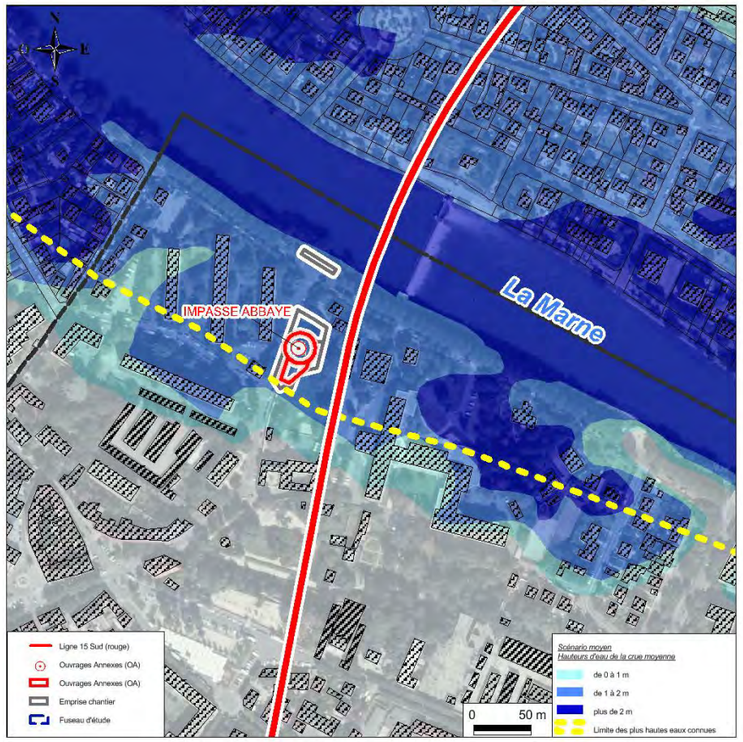
L'extrait suivant présente la superposition des emprises « chantier » et « exploitation » avec les surfaces inondables pour la crue centennale de janvier 1910, à savoir la crue moyenne au sens de la Directive inondation.

La délimitation de ces surfaces est issue de la *cartographie des surfaces inondables et des risques à l'échelle des territoires à risque important d'inondation d'Ile-de-France* approuvée le 20 décembre 2013.

La limite des PHEC est également figurée à titre d'information. Son emprise est différente de celle de la crue moyenne, car il s'agit des limites de zones effectivement inondées par la crue en janvier 1910 et non à des limites de zones qui seraient aujourd'hui inondables par la même crue (terrain remanié, mise en service des Grands Lacs de Seine…). La délimitation des zones inondables issue du TRI est donc plus appropriée car elle a été actualisée.

L'emprise « chantier » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.

L'emprise « exploitation » est inondable avec des hauteurs d'eau maximales pouvant atteindre 1 à 2 m (aléa fort) pour la crue centennale.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE Carmen)

Conformité de l'ouvrage au PPRI concerné

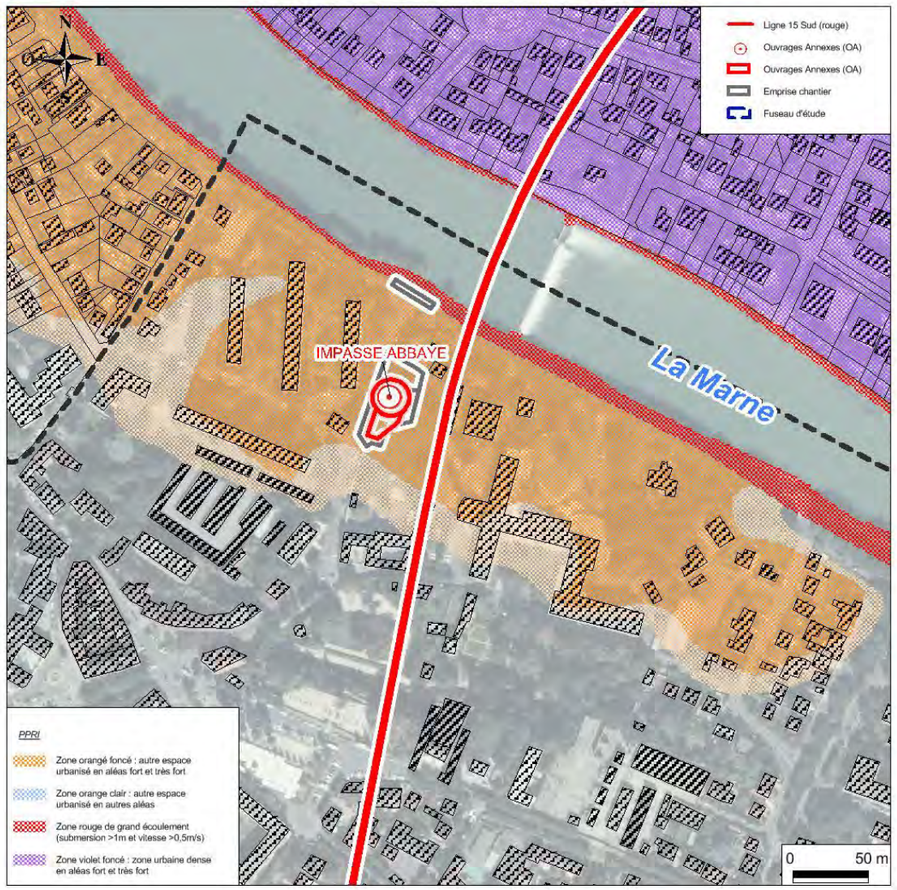
Le présent chapitre détaille :

- D'une part, les zones réglementaires concernées par l'ouvrage en phase exploitation. Il présente également à titre d'information les zones concernées par l'emprise chantier ;
- D'autre part, les principales mesures pour assurer la conformité de l'ouvrage au PPRI une fois réalisé.

Zone(s) réglementaire(s) concernée(s) :

Comme le précise la figure suivante, les emprises « chantier » et « exploitation » sont concernées par le PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne.

L'emprise « chantier », comme l'emprise « exploitation », est située dans la zone orange foncée « autre espace urbanisé ».



Emprises du projet et zonage réglementaire du PPRI 94 (source : DRIEE)

b. Analyse de la conformité de l'ouvrage au PPRI :

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les *« infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».*

A la lecture du règlement, l'aménagement de l'ouvrage annexe apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation *« sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale »*.

Le règlement précise en outre que *« tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. »* (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés à l'aménagement de l'ouvrage annexe sera compensé. Le détail des calculs de compensation est fourni au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue* dans le *« c. Phase exploitation »*. Le règlement précise en outre la nécessité d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, a été réalisée à l'échelle de l'ouvrage. Les résultats sont détaillés au chapitre *Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement* dans le *« c. Phase exploitation ».*

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les côtes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : l'ouvrage sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm, soit 38,13 m NGF. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

c. Phase chantier

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase travaux, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase travaux. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1924	50 ans	NI	NI
1910	100 ans	+ 0,015	+ 0,12

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact significatif n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Lors de la phase travaux, l'incidence sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 se traduit par un léger rehaussement très local de la ligne d'eau correspondant à un **impact faible** (de l'ordre de 1,5 cm) à proximité immédiate de l'ouvrage.

Lors de la phase travaux, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un **impact modéré** (jusqu'à 0,12 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.



d. Phase exploitation

Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis des conditions d'écoulement

Le tableau ci-dessous présente, pour les crues de période 10 à 100 ans, le bilan des variations de niveaux d'eau (ΔN) entre l'état initial (actuel) et la phase exploitation, ainsi que les variations de vitesses moyennes (Δv), toujours entre l'état initial et la phase définitive. L'ensemble de ces résultats est issu de la modélisation hydrodynamique réalisée dans le cadre du présent dossier (rapports de modélisation et cartographie associée fournis annexés).

Crue	Période de retour estimée	Delta Niveau d'eau (en m)	Delta Vitesse (en m/s)
1982	10 ans	NI	NI
1924	50 ans	NI	NI
1910	100 ans	< 0,01	< 0,05

* NI : non inondable

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

La seule crue modélisée débordante au droit des ouvrages concernés est la crue centennale.

Les deux figures ci-après présentent les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses en lit majeur, ceci pour la crue centennale.

Pour cette crue, **aucun impact significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses moyennes lié à l'ouvrage annexe n'est mesuré**.



Évaluation des impacts et mesures vis-à-vis du champ d'expansion de la crue

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[36,71 ; 37,21]	0,50	160	80
2	[37,21 ; 37,71]	0,50	160	80
3	[37,71 ; 37,93]	0,22	160	35
TOTAL	**[36,71 ; 37,93]**	**1,22**	**-**	**195**

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 195 m^3.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 195 m^3.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.

1.3.5 Moyens de surveillance et d'intervention

1.3.5.1 Diagnostics de vulnérabilité

Des diagnostics de vulnérabilité seront réalisés par la Société du Grand Paris pour l'ensemble des ouvrages, tels que les gares, les ouvrages annexes, les puits et tunnels, situés dans les zones à risque d'inondation par débordement de la Seine et de la Marne.

Conformément aux recommandations du SDAGE, ces diagnostics intègreront :

- les enjeux humains, économiques et environnementaux ;
- la prise en compte les risques liés aux impacts du changement climatique, notamment la modification du régime hydrologique, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements extrêmes, tels que définis en particulier dans les modélisations élaborées par le Groupe Intergouvernemental. d'experts sur l'Évolution du Climat (GIEC) ;
- la définition d'un programme cohérent d'actions de réduction de la vulnérabilité à la parcelle, parmi elles :
    - les actions préventives structurelles, pour la mise en sécurité de manière définitive d'une partie des enjeux,
    - les actions préventives organisationnelles, pour préparer la gestion de crise,
    - les actions à réaliser pendant la montée des eaux, pour limiter les impacts des inondations,
    - les actions à réaliser après la crue, pour faciliter le retour à la normale.

Il convient de noter que la vulnérabilité d'un site au risque inondation par les crues n'est pas uniquement liée aux débordements directs de celle-ci par-dessus les berges, mais également :

- aux remontées de nappe et aux refoulements des réseaux d'assainissement, qui touchent généralement les sites situés dans le lit majeur avant même que la Seine ne sorte de son lit,
- à la vulnérabilité des services extérieurs (en particulier des fournisseurs d'énergie et des réseaux de transport) dont son fonctionnement dépend.

1.3.5.2 VISA sur les volumes de compensation

Les volumes de compensation par décaissé du terrain naturel, destruction de bâtiments, vide sous bâtiment, bassin enterré ou parking inondable devront faire l'objet d'un examen de type VISA après travaux pour s'assurer du volume effectivement disponible, ceci pour chaque ouvrage.

L'examen devra également porter sur le bon fonctionnement du remplissage ainsi que la vidange des espaces dédiés à la compensation (ouverture suffisante dans les parkings ou les bassins, système de pompage ou vidange gravitaire pour l'évacuation des eaux de crue…).

1.3.5.3 Carnet de surveillance et d'entretien

Pour tous les ouvrages du site, un carnet de surveillance et d'entretien des interventions sur les zones dédiées à la compensation sera tenu à jour en renseignant les champs minimum suivants :

- Date et heure de la visite,
- Personne(s) présente(s) lors de la visite (nom, qualité et coordonnées),
- Motif de l'intervention (surveillance, entretien, dysfonctionnements).

1.3.6 Prise en compte de la directive « inondation »

Le présent chapitre détaille les résultats de modélisation pour les crues supérieures à l'occurrence centennale pour le secteur à enjeu le plus fort, celui de la boucle de Boulogne-Billancourt dans lequel se trouve notamment le projet de la gare de Pont de Sèvres.

En effet, le fuseau d'étude est concerné par l'un des deux Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) de la région Ile-de-France, le TRI « Métropole francilienne », l'autre étant le TRI « Agglomération de Meaux » sur la Marne. Les TRI découlent de l'application de la directive « inondation », qui fixe une méthode de travail permettant aux territoires exposés au risque d'inondation de travailler à réduire ses conséquences négatives.

Deux crues ont été modélisées :

- La crue d'occurrence d'environ 300 ans (crue R1.15) ;
- La crue d'occurrence millénale (crue extrême).

1.3.6.1 Crue R1.15 (occurrence d'environ 300 ans)

La crue R1.15, d'occurrence d'environ 300 ans, correspond à la crue de 1910 multiplié par un facteur de 1,15.

Comme l'illustrent les cartes de hauteurs d'eau et de vitesses en lit majeur pages suivantes, cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Il s'agit des résultats de modélisation en phase exploitation.

Les ouvrages inondés par cette crue sont :

- l'OA ile de Monsieur,
- la gare de Pont de Sèvres,
- l'OA ZAC SEAM,
- l'OA Place de la Résistance.

Cette crue n'atteint pas la gare d'Issy RER.

1.3.6.2 Crue extrême (crue millénale)

Comme l'illustrent les cartes de hauteurs d'eau et de vitesses en lit majeur pages suivantes, la crue millénale inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Il s'agit des résultats de modélisation en phase exploitation.

Les ouvrages inondés par cette crue sont :

- l'OA ile de Monsieur,
- la gare de Pont de Sèvres,
- l'OA ZAC SEAM,
- l'OA Place de la Résistance.

Cette crue atteint la limite de l'emprise chantier de la gare d'Issy RER.

1.3.6.3 Analyse croisée des niveaux d'eau au droit des ouvrages

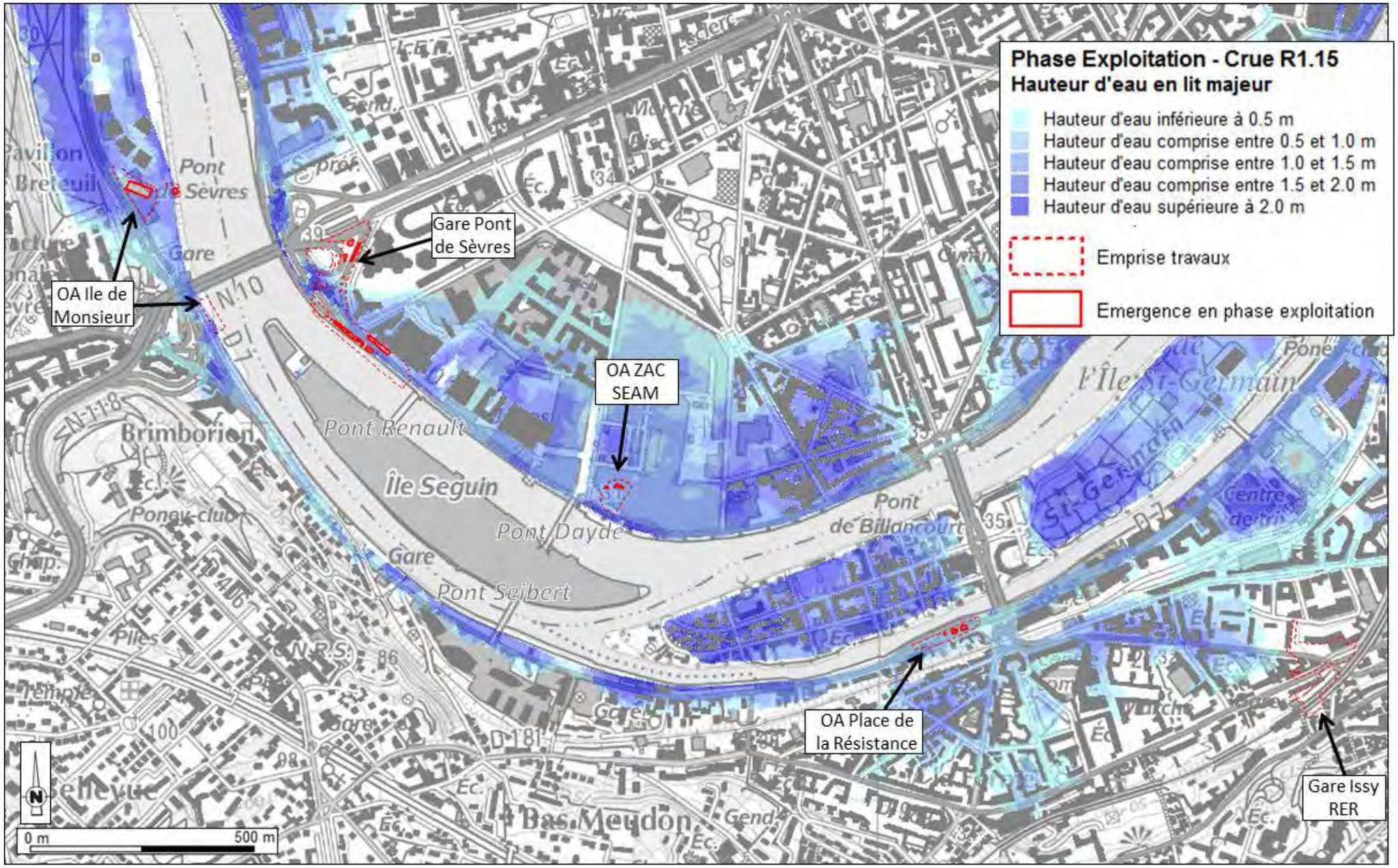
Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau modélisés pour chacune des crues au droit des ouvrages du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.

Il est constaté une augmentation des niveaux d'eau de l'ordre de 50 cm de la crue centennale à la crue R1.15 et de l'ordre de 1,40 m de la crue centennale à la crue millénale.

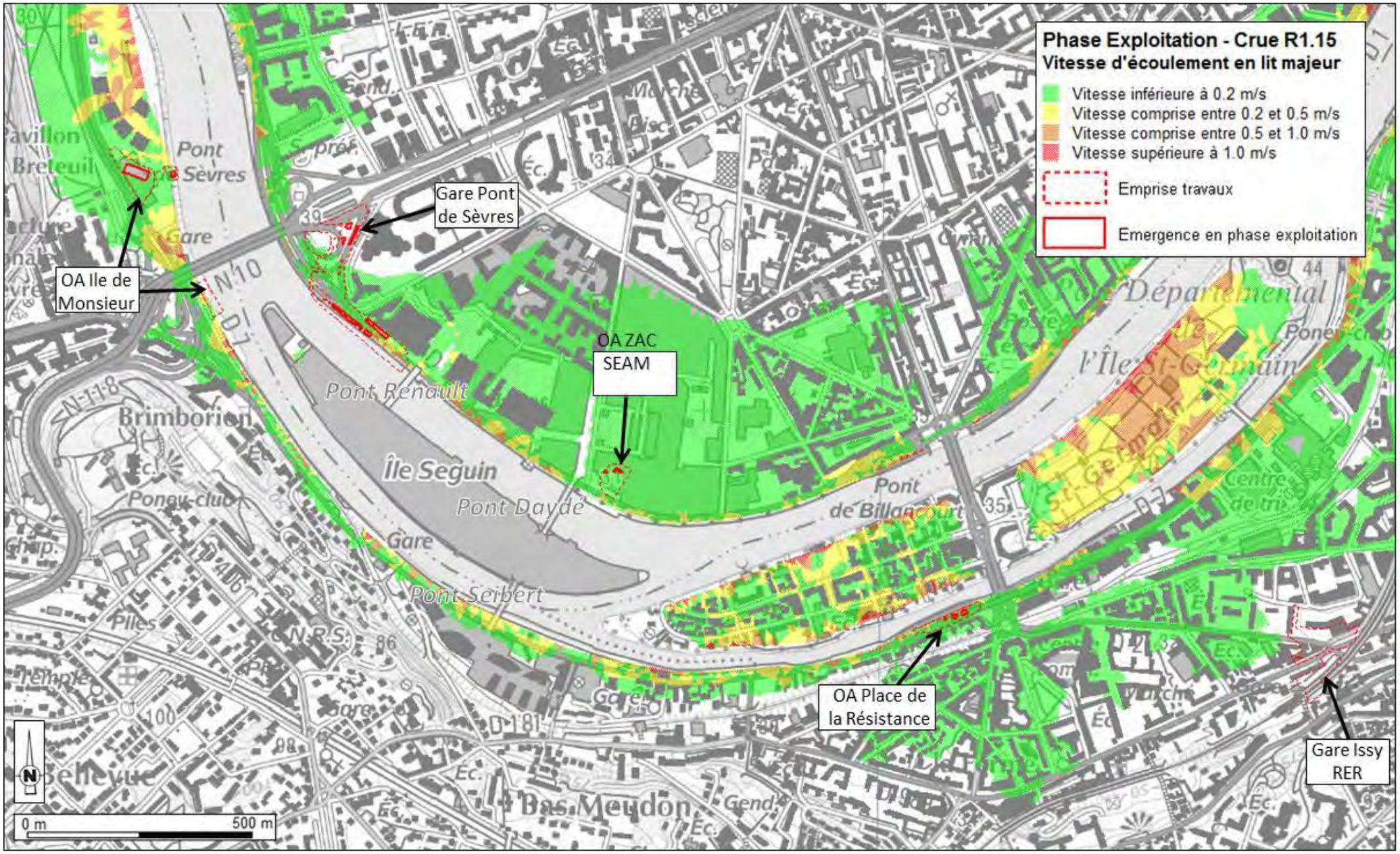
Niveaux d'eaux simulés au droit des ouvrages

Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF)					
	1982	1955	Q50	1910	R1.15	Q1000
29 OA Ile de Monsieur	*30 29.65*	31 30.47	32 30.77	33 31.40	34 31.92	35 32.83
36 Gare Pont de Sèvres	37 29.73	38 30.56	39 30.85	40 31.49	41 32.03	42 32.91
43 OA ZAC SEAM	*44 29.83*	*45 30.65*	*46 30.96*	47 31.58	48 32.13	49 33.01
50 OA Place de la Résistance	*51 29.95*	*52 30.76*	*53 31.06*	54 31.68	55 32.27	56 33.20

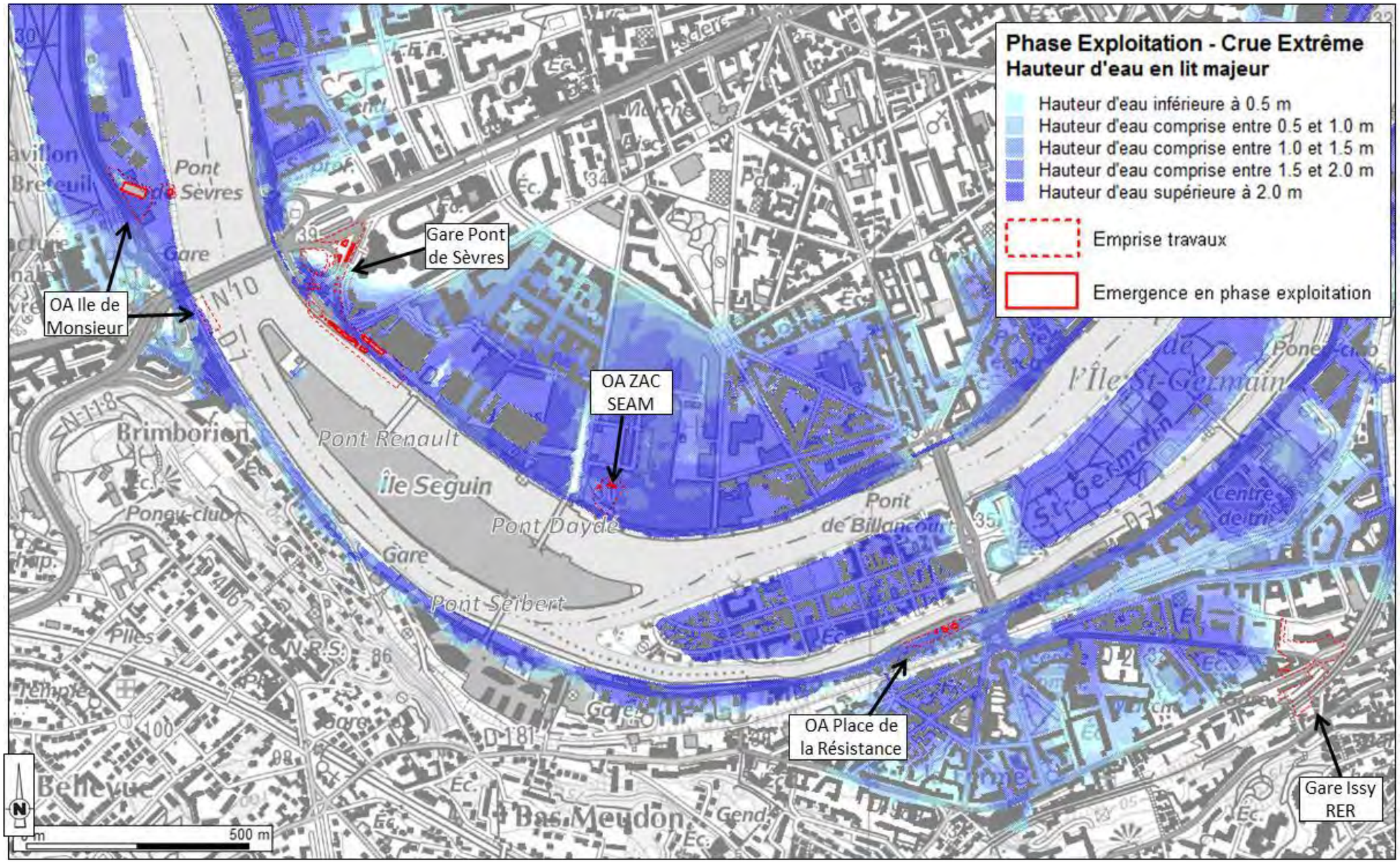
Valeur en italique : niveau d'eau simulé dans le lit mineur (ouvrage non inondé lors de la crue)



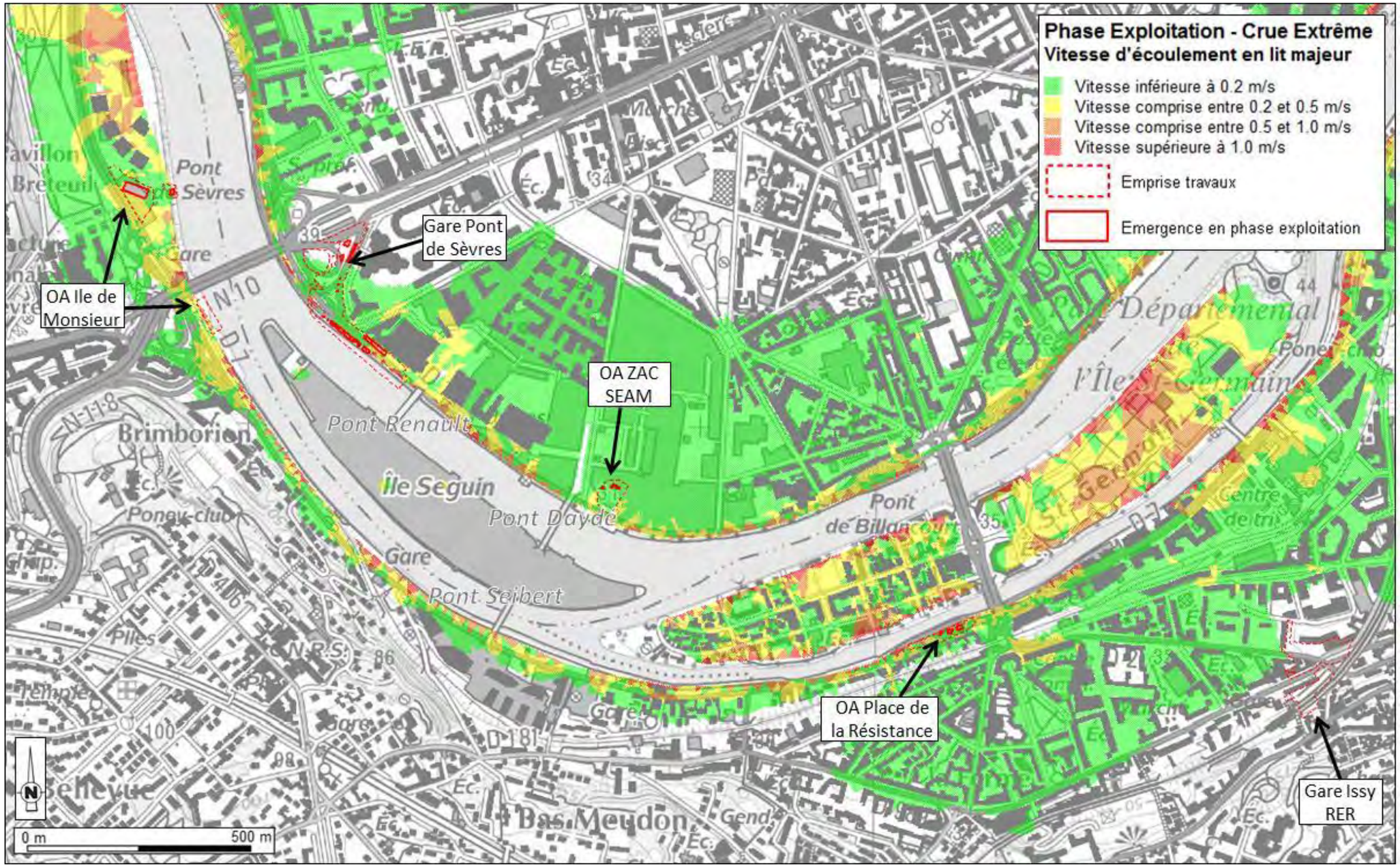
Carte des hauteurs d'eau en phase exploitation pour la crue R1.15 (source : modélisation BURGEAP)



Carte des vitesses en phase exploitation pour la crue R1.15 (source : modélisation BURGEAP)



Carte des hauteurs d'eau en phase exploitation pour la crue extrême (source : modélisation BURGEAP)



Carte des vitesses en phase exploitation pour la crue extrême (source : modélisation BURGEAP)

1.3.7 Compatibilité avec le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands rappelle que la prévention du risque d'inondation doit être cohérente à l'échelle d'un bassin versant et intégrer l'ensemble des composantes suivantes : évaluation du risque, information préventive, réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes, préservation des zones naturelles d'expansion des crues, urbanisation raisonnée, gestion adaptée des eaux de ruissellement pluviales.

La prévention du risque doit systématiquement être privilégiée à la protection qui peut aggraver la situation en amont et en aval de la zone protégée et dégrader les espaces naturels.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations :

- Orientation 29 : améliorer la sensibilisation, l'information préventive et les connaissances ;
- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues ;
- Orientation 32 : limiter les impacts des ouvrages de protection contre les inondations, qui ne doivent pas accroître le risque à l'aval ;
- Orientation 33 : limiter le ruissellement en zone rurale et en zone urbaine pour réduire les risques d'inondation.

Chacune de ces orientations sont déclinées en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- **Orientation 30, disposition 133**. **« Élaborer des diagnostics de vulnérabilité dans les zones à risque d'inondation »**

  Des diagnostics de vulnérabilité seront réalisés par la Société du Grand Paris pour l'ensemble des ouvrages, tels que les gares, les ouvrages annexes, les puits et tunnels, situés dans les zones à risque d'inondation par débordement de la Seine et de la Marne. Conformément aux recommandations du SDAGE, ces diagnostics intègreront :

  - les enjeux humains, économiques et environnementaux,
  - la prise en compte les risques liés aux impacts du changement climatique, notamment la modification du régime hydrologique, l'élévation du niveau de la mer, l'augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des événements extrêmes, tels que définis en particulier dans les modélisations élaborées par le Groupe Intergouvernemental. d'experts sur l'Évolution du Climat (GIEC),
  - la définition d'un programme cohérent d'actions de réduction de la vulnérabilité à la parcelle ;

- **Orientation 30, disposition 134.** « **Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »**

  Le présent dossier précise notamment les points suivants :

  - *l'absence de solutions alternatives dans des zones voisines non exposées ou faiblement exposées au risque inondation pour la localisation des gares et ouvrages annexes en zone inondable*. Sur ce point, rappelons que la localisation des gares a été arrêtée dans le cadre de l'approbation du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris par décret n°2011-1011 du 24 août 2011, version consolidée au 27 août 2011. Cette approbation repose en particulier sur l'acte motivé, prévu par l'article 3 de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris[2]. Ce document précise les modifications apportées au projet soumis au débat public et aux personnes consultées,
  - *les dispositions pour ne pas augmenter l'endommagement potentiel par les crues des biens et des aménagements*. Sur ce point, d'une part, l'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau jusqu'à la cote de crue centennale + 20 cm. D'autre part, chaque ouvrage a fait l'objet d'une compensation systématique des volumes soustraits à la crue et a fait l'objet d'une analyse des incidences en lit mineur et lit majeur par une modélisation hydrodynamique (voir description détaillée dans chaque fiche ouvrage) ;

- **Orientation 31, disposition 139.** « **Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »**

  Bien qu'on ne puisse pas considérer, compte tenu du caractère très urbanisé du secteur du projet, que les zones actuelles d'expansion des crues sont des zones « naturelles », le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

Révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est en cours de révision. Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

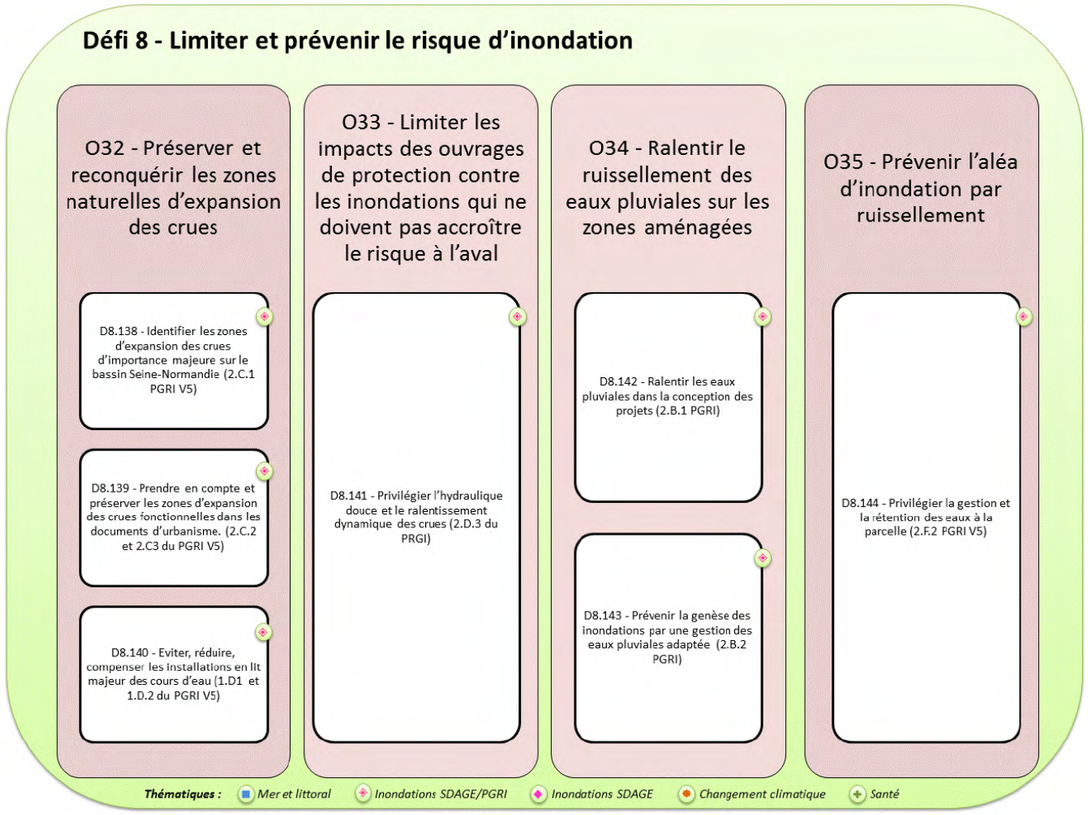
La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

Le défi 8 du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

---

[2] Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, version consolidée au 02 août 2014.

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.



Le projet d'infrastructure détaillé dans le présent dossier est compatible avec le SDAGE en vigueur et conforme à la réglementation en vigueur (PPRI notamment).

En fonction des dispositions qui seront *in fine* approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Éviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.

Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.

S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.

Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.

Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.

Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.

La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

1.3.8 Synthèse relative à la gestion du risque inondation

1.3.8.1 Synthèse des impacts en phase chantier

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, des impacts attendus pour une crue centennale. Les impacts les plus sensibles se situent en amont direct de l'estacade qui sera installée pendant la durée du chantier au droit de la gare de Pont de Sèvres. Il s'agit d'un impact faible, qui se traduit par un rehaussement de la ligne d'eau maximum de 1,2 cm. Les vitesses sont très localement en impact modéré en lit mineur et en lit majeur au droit de la gare de Pont de Sèvres et de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés à proximité directe des deux ouvrages annexes en Marne : OA rue du Port de Créteil et OA impasse Abbaye.

Ordre	Ouvrage	Conditions d'écoulements en lit mineur		Conditions d'écoulements en lit majeur	
		Delta Niveaux d'eau (en m)	Delta Vitesses (en m/s)	Delta Niveaux d'eau (en m)	Delta Vitesses (en m/s)
1	OA Ile de Monsieur	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,18*
2	Gare du Pont de Sèvres	+ 0,012	+ 0,23	+ 0,015	+ 0,14*
3	OA ZAC SAEM	+ 0,012	< 0,1	+ 0,01	< 0,05
4	OA Place de la résistance	+ 0,01	< 0,1	+ 0,01	< 0,05
5	Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
6	OA Centre technique municipal	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
7	Gare des Ardoines	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
8	OA Rue Gabriel Peri	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
9	SMI de Vitry-sur-Seine	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,025	+ 0,08
10	OA Friche Arrighi	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,05
11	OA Rue de Rome	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
12	Gare de Vert de Maisons	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
13	OA Université de Créteil	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
14	Gare de Créteil L'Echat	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
15	OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
16	OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
17	OA Rue du Port de Créteil	< 0,01	< 0,1	< 0,01	+ 0,15
18	Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
19	OA impasse Abbaye	< 0,01	< 0,1	+ 0,015	+ 0,12
20	Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les volumes soustraits à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des volumes soustraits est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

Ordre	Ouvrage	Expansion de la crue			
		Volumes soustraits	Volumes compensés	Type de compensation	Bilan
1	OA Ile de Monsieur	2 102 m^3	+ 2 118 m^3	Décaissé du terrain Optimisation de la géométrie de la gare	- 2 790 m^3
2	Gare du Pont de Sèvres	2 807 m^3	0 m^3		
3	OA ZAC SAEM	203 m^3	+ 203 m^3	Décaissé du terrain	+ 0 m^3
4	OA Place de la résistance	148 m^3	+ 152 m^3	Décaissé du terrain	+ 4 m^3
5	Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
6	OA Centre technique municipal	Sans objet			
7	Gare des Ardoines				

8	OA Rue Gabriel Peri				
9	SMI de Vitry-sur-Seine				
10	OA Friche Arrighi				
11	OA Rue de Rome				
12	Gare de Vert de Maisons				
13	OA Université de Créteil				
14	Gare de Créteil L'Echat				
15	OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
16	OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
17	OA Rue du Port Créteil				
18	Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
19	OA impasse Abbaye				
20	Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les surfaces soustraites à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des surfaces soustraites est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

Ordre	Ouvrage	Expansion de la crue			
		Surfaces soustraites	Surfaces compensés	Type de compensation	Bilan
1	OA Ile de Monsieur	1 560 m²	+ 3 590 m³	Décaissé du terrain Optimisation de la géométrie de la gare	- 962 m²
2	Gare du Pont de Sèvres	2 992 m²	+ 0 m²		
3	OA ZAC SAEM	1 450 m²	+ 993 m²	Décaissé du terrain	- 457 m²
4	OA Place de la résistance	202 m²	+ 1 898 m²	Décaissé du terrain	+ 1 696 m²
5	Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
6	OA Centre technique municipal			Volume libéré par destruction de bâtis existants	
7	Gare des Ardoines				
8	OA Rue Gabriel Peri				
9	SMI de Vitry-sur-Seine			Création d'un vide sous le bâtiment	
10	OA Friche Arrighi			Volume libéré par destruction de bâtis existants	
11	OA Rue de Rome			Volume libéré par destruction de bâtis existants	
12	Gare de Vert de Maisons			Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%) Volume de compensation en parking enterré (30%)	
13	OA Université de Créteil			Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	
14	Gare de			Volume de	

	Créteil L'Echat			compensation en parking enterré	
15	OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
16	OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
17	OA Rue du Port Créteil			Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	
18	Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
19	OA impasse Abbaye			Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	
20	Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

1.3.8.2 Synthèse des impacts en phase exploitation

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, des impacts attendus pour une crue centennale. Aucun impact significatif n'est mesuré en lit mineur sur l'ensemble des ouvrages. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés en lit majeur à proximité directe des gares Pont de Sèvres et des Ardoines, du SMI ainsi que deux ouvrages annexes, l'OA Ile de Monsieur et l'OA Place de la Résistance.

Ordre	Ouvrage	Conditions d'écoulements en lit mineur		Conditions d'écoulements en lit majeur	
		Delta Niveaux d'eau (en m)	Delta Vitesses (en m/s)	Delta Niveaux d'eau (en m)	Delta Vitesses (en m/s)
1	OA Ile de Monsieur	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,16*
2	Gare du Pont de Sèvres	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,18
3	OA ZAC SAEM	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
4	OA Place de la résistance	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,09
5	Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
6	OA Centre technique municipal	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
7	Gare des Ardoines	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,015	+ 0,07
8	OA Rue Gabriel Peri	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
9	SMI de Vitry-sur-Seine	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,025	+ 0,09
10	OA Friche Arrighi	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
11	OA Rue de Rome	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
12	Gare de Vert de Maisons	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
13	OA Université de Créteil	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
14	Gare de Créteil L'Echat	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
15	OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
16	OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
17	OA Rue du Port Créteil	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
18	Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
19	OA impasse Abbaye	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
20	Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les volumes soustraits à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des volumes soustraits est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

Ordre	Ouvrage	Expansion de la crue			
		Volumes soustraits	Volumes compensés	Type de compensation	Bilan
1	OA Ile de Monsieur	40 m³	+ 183 m³	Décaissé du terrain Optimisation de la géométrie de la gare	0 m³
2	Gare du Pont de Sèvres	143 m³	0 m³		
3	OA ZAC SAEM	15 m³	+ 23 m³	Décaissé du terrain	+ 8 m³
4	OA Place de la résistance	148 m³	+ 152 m³	Décaissé du terrain	+ 4 m³
5	Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
6	OA Centre technique municipal	10 615 m³	+ 19 714 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+0m³(9099m3 pour le SMI)
7	Gare des Ardoines				
8	OA Rue Gabriel Peri				
9	SMI de Vitry-sur-Seine	7 985 m³	+ 9 099 m³ démolitions Ardoines	Création d'un vide sous le bâtiment	+ 1 114 m³
10	OA Friche Arrighi	0 m³	+ 0 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 60 m³
11	OA Rue de Rome	425 m³	+ 510 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 85 m³
12	Gare de Vert de Maisons	7 445 m³	+ 5 355 m³ + 2 090 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%) Volume de compensation en parking enterré (30%)	0 m³
13	OA Université de Créteil	230 m³	230 m³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m³
14	Gare de Créteil L'Echat	1 930 m³	1 930 m³	Volume de compensation en parking enterré	0 m³
15	OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
16	OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
17	OA Rue du Port Créteil	205 m³	205 m³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m³
18	Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
19	OA impasse Abbaye	195 m³	195 m³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m³
20	Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les surfaces soustraites à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des surfaces soustraites est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

Ordre	Ouvrage	Expansion de la crue			
		Surfaces soustraites	Surfaces compensés	Type de compensation	Bilan
1	OA Ile de Monsieur	30 m²	+ 714 m³	Décaissé du terrain	+ 89 m²
2	Gare du Pont de Sèvres	595 m²	+ 0 m²	Optimisation de la géométrie de la gare	
3	OA ZAC SAEM	105 m²	+ 2 340 m²	Décaissé du terrain	+ 2 235 m²
4	OA Place de la résistance	202 m²	+ 1 898 m²	Décaissé du terrain	+ 1 696 m²
5	Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
6	OA Centre technique municipal	5 080 m²	-	Volume libéré par destruction de bâtis existants	- 5 080 m²
7	Gare des Ardoines				
8	OA Rue Gabriel Peri				
9	SMI de Vitry-sur-Seine	0 m²	12 500 m²	Création d'un vide sous le bâtiment	+ 12 500 m²
10	OA Friche Arrighi	-	-	Volume libéré par destruction de bâtis existants	-
11	OA Rue de Rome	130 m²	145 m²	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 15 m²
12	Gare de Vert de Maisons	2 460 m²	1 750 m²	Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%) Volume de compensation en parking enterré (30%)	- 710 m²
13	OA Université de Créteil	180 m²	180 m²	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0
14	Gare de Créteil L'Echat	2 590 m²	0	Volume de compensation en parking enterré	- 2 590 m²
15	OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
16	OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
17	OA Rue du Port Créteil	130 m²	130 m²	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0
18	Gare de Saint-Maur Créteil	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
19	OA impasse Abbaye	160 m²	160 m²	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0
20	Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Impacts et mesures d'accompagnement – Eaux superficielles et gestion du risque inondation

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur compris entre l'Ile de Monsieur et la gare d'Issy RER	OA Ile de Monsieur : inscrit en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine Impact significatif en phase chantier - Impact résiduel faible en phase d'exploitation	**<u>PHASE CHANTIER</u>** **Mesures d'évitement et de réduction** Respect des préconisations réglementaires du PPRI Mise en place d'un Plan de Secours en cas de crue de la Seine ou de la Marne **Mesures de suivi** Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant **<u>PHASE EXPLOITATION</u>** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de dispositifs étanches d'obturation en cas d'implantation des ouvrages sous les côtes d'inondation sur le secteur de Pont de Sèvres Inondabilité des excavations au niveau de Vitry et de la boucle de la Marne **Mesures de compensation** Restitution des volumes pris à la crue dans les zones d'expansion Restitution des surfaces prises à la crue dans les zones d'expansion (par tranches altimétriques) **Mesures de suivi** Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant
		Gare de Pont de Sèvres : inscrite en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine Impact significatif en phase chantier – Impact significatif en phase d'exploitation.	
		OA ZAC ZAEM : impact potentiellement modéré à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière en phase travaux (stockage de déblais en zone inondable)	
		OA Place de la Résistance : impact résiduel faible en phase exploitation à l'échelle du lit majeur de la Seine	
	Le lit mineur est impacté par le projet entre l'Ile de Monsieur et la gare de Pont de Sèvre en phase chantier	OA Ile de Monsieur : mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine - régénération des poteaux d'amarrage et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage Impact faible en phase exploitation	
		Gare de Pont de Sèvres : la gare est construite en partie dans le lit mineur de la Seine. Pour la construction de la gare, une estacade au-dessus de la Seine est prévue pour supporter une voie de déviation du trafic routier Impact modéré en phase exploitation	
Vitry Centre à Champigny Centre	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur de Vitry-sur-Seine, Alfortville, Créteil, Saint-Maur-des Fossés et Champigny-sur-Marne	OA Centre Technique Municipal : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation Gare Les Ardoines : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Rue Gabriel Péri : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation SMI Vitry : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Friche Arrighi : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Rue de Rome : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation Gare de Vert de Maisons : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Université Créteil : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
		OA Créteil L'Echat : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Rue du Port : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Impasse Abbaye : en zone Orange PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation Impact potentiellement modéré en phase travaux à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière (stockage de déblais en zone inondable)	
		Gare des Agnettes et des Grésillons Impact potentiellement modéré en phase exploitation à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière	
	Le lit mineur est impacté par le projet au niveau de la Friche Arrighi en phase chantier.	OA Friche Arrighi : Mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine : régénération des Ducs d'Albe et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage. Impact faible en phase exploitation	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

1.4 Eaux superficielles - Gestion des eaux pluviales

1.4.1 Ouvrages concernés et principes généraux

L'analyse de l'état initial a montré que, pour le territoire desservi par la Ligne 15sud, la problématique de la gestion des eaux pluviales est un enjeu significatif localisé à cause de la très forte urbanisation et de l'existence de secteurs à pentes fortes.

Les gestionnaires de réseau collectant les eaux pluviales, que ce soit du réseau unitaire ou du réseau séparatif, sont confrontés à des problèmes de fonctionnement de ces réseaux engendrant des débordements localisés et des nuisances associées.

Ils ont donc établi des prescriptions de débit et de qualité de rejet au réseau.

La Ligne 15 Sud est, en fait, composée d'une suite de 56 émergences ponctuelles réparties sur les 33 km de la ligne. Ces émergences ont des caractéristiques différentes selon la nature des ouvrages et le stade d'avancement du projet (phase travaux / phase exploitation).

La gestion des eaux pluviales du projet est donc organisée à l'échelle de l'ouvrage et de son emprise sur la base de principes généraux applicables à l'ensemble des ouvrages concernés.

Le présent chapitre donne les éléments généraux de la gestion des eaux pluviales applicables à tous les ouvrages et précise les méthodes de calcul et les types de traitement utilisés.

1.4.1.1 Ouvrages concernés

La gestion des eaux pluviales sur la Ligne 15 Sud concerne toutes les émergences du projet, à savoir celles :

- des 16 gares ;
- des 38 ouvrages annexes ;
- de 2 sites de maintenance ;
- de 8 puits d'attaque de tunnelier (les puits d'attaque de tunnelier n'existent qu'en phase travaux.et deviennent, soit des gares, soit des ouvrages annexes en phase exploitation pour laquelle ils ont intégrés aux chiffres ci-dessus).

Les ouvrages sont décrits d'ouest en est dans l'ordre suivant : gare, ouvrages annexes, sites de maintenances et puits d'attaque de tunnelier.

1.4.1.2 Rappel du cadre règlementaire

Les eaux pluviales ruisselant sur chaque site peuvent être gérées de trois manières différentes. Elles peuvent soit :

- être infiltrées dans le sous-sol : l'infiltration n'est possible que si la perméabilité du sol est suffisante et l'apport d'eau dans le sous-sol n'est pas susceptible de créer des désordres,
- rejoindre directement le milieu naturel (cours d'eau) : cette solution n'est envisageable que pour les ouvrages situés à proximité immédiate des cours d'eau,
- rejoindre le réseau public d'assainissement des eaux pluviales (séparatif ou unitaire).

Les conditions de rejet au réseau sont fixées par les départements des Hauts-de-Seine (CG 92) et du Val-de-Marne (CG 94), ou par les communes, selon les réseaux disponibles au niveau des différents sites.

Il s'agit notamment :

- des débits de fuite admissibles pour le volet quantitatif,
- et des exigences en terme de pollution en MES et hydrocarbures pour le volet qualitatif.

1.4.1.3 Stratégie générale de gestion quantitative des eaux pluviales

a. <u>Choix du mode de rejet des eaux pluviales</u>

Les modes de rejet reposant sur l'infiltration et le rejet au cours d'eau sont fortement contraints dans le territoire desservi par la Ligne 15 Sud.

Le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands, dans le cadre de la politique de lutte contre les inondations et de maîtrise des ruissellements, préconise de privilégier l'infiltration par rapport au rejet au cours d'eau ou au réseau, le but étant de favoriser l'alimentation de la ressource en eau souterraine.

Il préconise également, dans un second temps, de privilégier le rejet au cours d'eau par rapport au rejet au réseau, le but étant d'alimenter la ressource en eau superficielle et de fournir aux cours d'eau une alimentation en eau suffisante pour l'atteinte du bon état écologique.

Les éléments ci-dessous font une revue générale de chaque type de rejet en présentant les contraintes générales existant dans le territoire desservi. Ils sont complétés par une analyse au niveau de chaque ouvrage.

En ce qui concerne **l'infiltration**, le sous-sol du territoire est globalement défavorable à l'infiltration pour les raisons suivantes :

- Existence de risques liés à la géologie (voir le chapitre correspondant) :
  - **Présence de gypse** dans le sous-sol **:** la dissolution du gypse, que l'infiltration est susceptible de provoquer ou d'aggraver, peut provoquer la déstabilisation des terrains en place. Les nombreux sondages réalisés par la SGP lors des missions G11 et G12 ont montré une imprégnation significative de gypse des terrains de type Calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp, Marnes et Caillasses et Calcaire grossier sous forme de fins nodules. **La zone concernée s'étend de la gare d'Issy RER (exclue) à la gare de Saint-Maur-Créteil (exclue).**
  - **Présence d'ancienne carrières souterraines** : les parois des anciennes carrières, lorsqu'elles sont composées de calcaire ou de gypse, sont sensibles à la dissolution du gypse ou du calcaire. Cette dissolution que l'infiltration est susceptible de

provoquer ou d'aggraver, peut provoquer l'affaissement, voire l'effondrement de ces parois. Ces mêmes sondages, associés aux données de l'IGC, ont montré la présence d'anciennes carrières, remblayées ou non. Les carrières de calcaire grossier du secteur situé entre Issy RER et Vitry centre sont hors d'eau actuellement. Elles sont d'autant plus sensibles à une augmentation des circulations d'eaux souterraines. **La zone concernée s'étend de la gare d'Issy RER (exclue) à la gare de Vitry centre (exclue), autour de la gare de Créteil l'Echat et autour de la gare de Champigny Centre.**

- Existence de risques liés à la **pollution du sous-sol et/ou des nappes souterraines** (voir le chapitre correspondant) : les études réalisées par la SGP ne sont pas terminées (celles réalisées par IDDEA en particulier). Cependant, des zones polluées apparaissent déjà dans les données issues de la banque ADES et dans les données issues de porteurs de projet en contact avec la SGP. Ces zones polluées concernent principalement les premiers mètres du sous sol, qui sont aussi ceux qui sont concernés en priorité par l'infiltration. **La zone connue s'étend de la gare de Pont-de-Sèvres à la gare de Issy RER, autour des gares de Bagneux et Arcueil Cachan, et entre la gare de Vitry centre et la Friche Arrighi.**

- Existence de **remblais de nature inconnue** : les sondages précités ont également montré que, sur la quasi-totalité du tracé, les émergences sont situées dans des zones remblayées sur une épaisseur plus ou moins grande, mais dépassant en général 1,50 m. La nature et les caractéristiques géotechniques de ces remblais ne sont pas connues en dehors des analyses ponctuelles au droit des sondages faites lors des campagnes menées par la SGP. Ces remblais sont, certes, soumis à la pluviométrie locale lorsque les terrains ne sont pas imperméabilisés. **Leur comportement vis-à-vis d'un apport d'eau de type rejet, résultant de la concentration en un point (éventuellement deux ou trois) des ruissellements des surfaces collectées n'est pas connu : l'infiltration dans les remblais est susceptible de :**

    - **Créer des zones de dissolution accélérée de remblai en calcaire ou en craie, donc de créer des zones propices aux tassements différentiels,**

    - **Créer des circulations souterraines d'eau au sein de la masse de remblai n'existant pas actuellement.**

En ce qui concerne **le rejet au cours d'eau**, seuls quelques ouvrages sont situés à proximité immédiate de la Seine ou de la Marne, seuls cours d'eau du territoire traversé par la Ligne 15 Sud susceptibles de recevoir ce type de rejet. La Bièvre, au droit du fuseau de la Ligne15sud, se présente sous forme de collecteur intégré au réseau d'assainissement.

Ces ouvrages sont situés principalement entre l'OA de l'Ile-de-Monsieur (Sèvres-92) et l'OA de la Place de la Résistance (Issy les Moulineaux – 92) et au bord de la Marne.

Pour la quasi-totalité de ces ouvrages, la proximité de la Seine n'est que géographique : l'emprise chantier est séparée de la Seine par une voirie qui n'y figure pas. La mise en place d'un tel rejet supposerait la mise en place d'une conduite sous cette voirie et d'un aménagement de berge pour la sortie de la canalisation (système anti érosif). Par ailleurs, la voirie en question héberge en sous sol le réseau d'eaux pluviales ou le réseau unitaire. Ce rejet aurait donc des impacts supplémentaires sur la Seine, en particulier sur les problématiques de frayères, nettement plus significatifs que ceux liés à la qulité de l'eau.

C'est pourquoi, le rejet au réseau de collecte des eaux pluviales est le mode de rejet privilégié, l'infiltration étant utilisée selon les possibilités principalement au niveau des ouvrages annexes.

Les principes retenus concernant le rejet des eaux de ruissellement sur les aménagements de surface sont les suivants :

- lorsque la surface imperméabilisée est constituée d'espaces publics occupés temporairement, donc restitués à l'identique, les principes préexistants sont maintenus, avec rejet direct au réseau d'assainissement,

- dès lors que la surface imperméabilisée est augmentée, les exigences de l'exploitant du réseau concerné sont prises en compte.

REMARQUE IMPORTANTE : Les gestionnaires de réseau concernés ont été contactés par la Société du Grand Paris. La démarche de définition des conditions précises de rejet a été entamée. Cette démarche doit être poursuivie jusqu'à la conclusion des conventions de rejet. Les documents issus de ces démarches matérialisant le cheminement vers la convention de rejetfigureront dans la partie spécifique du dossier Loi sur l'eau en annexe du présent dossier.

b. Gestion en phase chantier

Le mode général de gestion des eaux pluviales décrit ici s'applique à tous les ouvrages. En effet, pour chaque ouvrage, une base chantier est mise en œuvre et le chantier occupe une emprise composée de sols tassés (circulation des engins), de l'excavation de l'ouvrage et d'emplacements de stockages divers.

Point important : pour les gares, compte tenu de l'importance des ouvrages à construire, l'organisation de l'emprise chantier évolue au fur et à mesure du déroulement du chantier en fonction du processus de construction spécifique à la gare. Les caractéristiques hydrologiques des sols de l'emprise sont donc susceptibles d'évoluer au cours du temps. **La situation analysée pour chaque gare est la situation la plus pénalisante du processus de construction : emprise la plus grande en termes de surface brute et coefficient moyen le plus élevé, conduisant à la surface active la plus grande.**

Lors de cette phase dédiée aux travaux, les eaux pluviales sont également gérées. Elles sont collectées en surface et rassemblées dans une bâche de rétention, ou ouvrage assurant la même fonction, permettant la régulation avant rejet au réseau.

Le plus souvent, les sols du chantier sont moins imperméables que ceux de l'état initial. Il existe donc, en phase chantier, une infiltration des eaux pluviales plus importante qu'à l'état initial. En relation avec les exigences du SDAGE, la part de l'infiltration en phase chantier est donc augmentée.

Dans certains cas, un petit réseau local est mis en place et elles sont collectées via des avaloirs et/ou bouches d'engouffrement qui seront créés pour le besoin de la phase chantier et qui pourront dans certains cas servir pour la phase exploitation.

Elles sont ensuite envoyées dans une bâche de rétention provisoire régulée sur la base des débits de fuite admissibles par le réseau dans lequel elles se rejettent (cf chapitre concernant le Cadre Règlementaire).

Dans le cas où l'organisation du chantier nécessite de déplacer des réseaux d'assainissements existants et donc de déplacer potentiellement l'exutoire des rejets des ouvrages de rétention, des plans sont établis pour permettre l'identification des réseaux provisoires et/ou des nouveaux réseaux mis en place lors de la phase chantier. Le déplacement des réseaux, donc des exutoires, est également susceptible d'engendrer le déplacement des ouvrages associés, et des ouvrages de traitement.

A l'issue de cette phase, l'ouvrage de rétention provisoire sera démonté et retiré du site lorsque l'imperméabilisation en phase exploitation est identique ou inférieure à celle de l'état initiale. Dans le cas inverse, un ouvrage de rétention définitif sera créé.

Les zones de stockage de carburant, de dépôt et d'entretien des engins seront équipées de bâches étanches pour éviter un contact direct entre les sources de pollution et le milieu naturel. Elles permettront de faciliter la récupération des pollutions accidentelles.

c. Au niveau des gares, en phase d'exploitation

Les eaux pluviales des ouvrages « gare »sont gérées de deux manières légèrement différentes.

Concernant le premier mode de gestion :

- les eaux issues des toitures sont envoyées dans des cuves spécifiques jouant le rôle d'ouvrage de rétention, elles mêmes connectées au réseau d'eaux pluviales, constituant de ce fait un point de rejet à part,

- les eaux issues des parvis publics extérieurs sont envoyées directement dans le réseau d'assainissement public si la surface imperméabilisée est rendue à l'identique.

  Dans le cas contraire, les eaux seront régulées avant rejet dans le réseau.

Concernant le deuxième mode de gestion :

Les eaux issues des toitures sont gérées de manière commune avec celles des parvis publics extérieurs. Elles sont envoyées dans le réseau public d'assainissement après régulation.

d. Au niveau des ouvrages annexes, en phase d'exploitation

De manière générale, aucune émergence au-dessus du niveau du terrain naturel n'est prévue pour les ouvrages annexes sauf cas en zone PPRI. La partie sommitale des ouvrages est positionnée en sub-surface pour ne pas être visible, à l'exception des émergences nécessaires pour leur fonctionnement, à savoir :

- la ou les grilles de ventilation,

- la ou les trappes d'accès des secours et du personnel et les trappes pour la manutention des matériels.

Les grille et trappes sont regroupées sur un espace imperméabilisé entouré, soit d'un espace vert, soit d'un espace imperméabilisé.

Les eaux pluviales sont gérées de la manière suivante :

- celles tombant sur la grille vont entrer dans l'ouvrage et suivre les eaux d'infiltration dans les ouvrages issues des eaux souterraines en phase d'exploitation,

- celles issues de la surface imperméabilisée sont infiltrées dans l'espace vert lorsqu'il y en a un, sinon elles seront envoyées vers le réseau d'eaux pluviales.

e. Présence de bassin versant en amont des emprises

Dans la très grande majorité des cas, il n'y a pas d'apport d'eaux pluviales de bassins versant amont. En effet, soit les emprises correspondent à des ilots urbains entourés de rues desservies par le réseau d'eaux pluviales, soit elles correspondent à des portions d'ilots et/ou des portions de voiries desservis par les réseaux.

La présence d'un bassin versant amont n'est avérée que sur quatre ouvrages.

1.4.1.4 Stratégie générale de gestion qualitative des eaux pluviales

La pollution des eaux pluviales concerne principalement la phase travaux, où les sols sont dénudés par les terrassements et où le stockage de produits polluants existe.

En phase d'exploitation, à l'exception des sites de maintenance, les émergences des ouvrages sont :

- des toitures de gare : ces eaux de toiture ne sont pas considérées comme polluées et ne nécessitent donc pas de traitement lorsqu'elles sont séparées.

- des espaces imperméabilisés (parvis, espaces sommitaux d'ouvrages annexes) : les espaces occupés de façon définitive par les ouvrages associés au Grand Paris Express sont exclusivement dans des zones de circulation piétonne. La pollution des eaux pluviales est donc très majoritairement composée de Matières en Suspension (MES) ou d'éléments associés au MES.

Les ouvrages de traitement décrits ci-dessous ne sont pas mis en œuvre en phase d'exploitation, sauf quand les volume de rétention sont importants. Il est alors facile de gérer la surface nécessaire à la décantation.

En phase d'exploitation, les ouvrages de rétention, quand il y en a, sont équipés de regards à cloison siphoïde munis de fosse de décantation. Ce type d'ouvrage, positionné en amont du bassin de rétention, est très performant dans la rétention des flottants et dans la décantation des particules lessivées.

a. Impacts et mesures liés aux pollutions chroniques des eaux pluviales, en phase travaux

La phase de travaux est susceptible d'engendrer des pollutions occasionnelles des ressources en eau souterraines et superficielles, d'origine mécanique ou chimique liées :

- aux installations de chantier ou aux zones de stockages des carburants, des granulats et des déchets à l'origine de fuites ;

- à la circulation des engins (huiles, hydrocarbures) et en particulier aux aires de stationnement et d'entretien ;

- aux rejets de matières en suspension (MES) entraînées par ruissellement des eaux de pluie sur les matériaux récemment mobilisés, notamment lors des travaux de terrassement.

Cette pollution chronique est principalement caractérisée par les paramètres Matières En Suspension (MES) et Hydrocarbures Totaux (HCT) ou Demande Chimique en Oxygène (DCO).

Les études récentes en matières de gestion des eaux pluviales de chantier montrent que l'élimination des MES permet d'éliminer une très grande partie des pollutions de tous types (plus de 90 %), en particulier les hydrocarbures et les métaux lourds. En effet, les pollutions de type routier sont en quasi-totalité, soit particulaires et contribuent directement à la concentration en MES, soit liées aux particules sous différentes formes, donc éliminées avec ces particules.

Ces mêmes études montrent que les concentrations en polluants présentent de fortes variations :

- lorsqu'une pluie tombe sur un sol sec ou légèrement humide, la première eau de ruissellement opère un lessivage de la surface du sol,

- cette première eau est donc très chargée en polluants car elle entraine les particules stockées pendant la période de temps sec : les études estiment le pic de concentration en polluant pour une pluie d'environ 10 minutes,

- les eaux de ruissellement suivantes coulent sur une surface nettoyée des polluants existant au début de la pluie : elles ne transportent que des polluants nouvellement arrivés (roues de camion par exemple) ou arrachés à la surface du sol, si les conditions d'écoulement le permettent. Les concentrations en polluant sont nettement inférieures à celles de la première eau.

- Ce raisonnement peut aussi s'appliquer à la période de retour des pluies : les pluies les plus fréquentes, dont la période de retour est faible, de un à cinq ans, sont celles qui lessivent le plus souvent les sols et, sont donc les plus polluées. Les pluies dont la période de retour est plus longue (dix ans ou plus) lessivent les sols moins souvent et engendrent des volumes ruisselés plus importants. Leur concentration en polluant est donc plus faible.

Le principe de traitement des eaux pluviales repose donc sur la décantation et sur les éléments suivants :

- les eaux collectées seront décantées dans des bassins de rétention/décantation lorsque le site le permet (la surface nécessaire est suffisante), le taux d'abattement facilement accessible de ces ouvrages, base de leur dimensionnement, est de l'ordre de 85 % sur les MES,

- les eaux seront décantées dans des décanteurs lamellaires, dispositifs fonctionnant sur un espace réduit, si l'abattement dans les simples bassins de rétention/décantation n'est pas suffisant, ou si la place manque pour installer un bassin de décantation. Pour obtenir un taux d'abattement de 85%, la vitesse de chute des particules (ou vitesse de Hazen – grandeur dimensionnante avec la surface des lamelles) idéale est comprise entre 0.5 m/h et 1 m/h,

- les eaux seront envoyées dans des filtres à sable si l'abattement de la pollution par les décanteurs lamellaires est insuffisant. Le taux d'abattement pour les filtres à sable est de 90 %.

Le principe de traitement des eaux pluviales repose donc sur la décantation et sur les éléments suivants :

- les eaux collectées seront décantées dans des bassins de rétention/décantation lorsque le site le permet (la surface nécessaire est suffisante), le taux d'abattement facilement accessible de ces ouvrages, base de leur dimensionnement, est de l'ordre de 85 % sur les MES,

- les eaux seront décantées dans des décanteurs lamellaires, dispositifs fonctionnant sur un espace réduit, si l'abattement dans les simples bassins de rétention/décantation n'est pas suffisant, ou si la place manque pour installer un bassin de décantation. Pour obtenir un taux d'abattement de 85%, la vitesse de chute des particules (ou vitesse de Hazen – grandeur dimensionnante avec la surface des lamelles) idéale est comprise entre 0.5 m/h et 1 m/h,

- les eaux seront envoyées dans des filtres à sable si l'abattement de la pollution par les décanteurs lamellaires est insuffisant. Le taux d'abattement pour les filtres à sable est de 90 %.

En pratique, **la concentration en MES de 100 mg/l en sortie de traitement sera recherchée avant rejet au réseau**. Cette concentration permet de répondre aux exigences des gestionnaires de réseau concernés sur le territoire desservi pas la Ligne 15 Sud.

Le tableau ci-dessous présente les exigences du Conseil départemental du Val de Marne pour les rejets au réseau.

		REJET RESEAU EP (Eaux Pluviales)	REJET RESEAU EU ou UN (Eaux Usées ou Unitaires)
		NB = eaux superficielles	NB : raccordé à une station d'épuration collective)
PARAMETRE	**SYMBOLE**	**VALEUR LIMITE (en mg/l)**	**VALEUR LIMITE (en mg/l)**
Température	T	30 °C	30 °C
Potentiel Hydrogène	pH	5,5 à 8,5 5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline	5,5 à 8,5 5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline
Matières En Suspension	MES	si flux en MES < 100 kg/j = 100 si flux en MES > 100 kg/j = 35	600
Demande Biochimique en Oxygène	DBO_5	si flux en DBO < 30 kg/j = 100 si flux en DBO > 30 kg/j = 30	800
Demande Chimique en Oxygène	DCO	si flux en DCO < 100 kg/j = 300 si flux en DCO > 100 kg/j = 125	2000
Azote Global	NGL	30	150
Phosphore Total	PT	10	50
Sulfates	SO4	400	400
Hydrocarbures Totaux	HCT	5	10
Indice phénols		0,3	0,3
Aluminium + fer et composés	Al + Fe	5	5
Cuivre et composés	Cu	0,5	0,5
Zinc et composés	Zn	2	2
Chrome hexavalent	Cr VI	0,1	0,1
Chrome total	Cr	0,5	0,5
Plomb et composés	Pb	0,5	0,5
Etain et composés	Sn	2	2
Nickel et composés	Ni	0,5	0,5
Mercure et composés	Hg	0,05	0,05
Manganèse et composés	Mn	1	1
Arsenic et composés	As	0,1	0,1
Fluor et composés	F	15	15
Cyanures aisément libérables	Cn	0,1	0,1
Cadmium et composés	Cd	0,05	0,05
Somme des métaux		15	15
PCB *	PCB *	0,2 µg/l	0,2 µg/l
HAP *	HAP *	0,5 µg/l	0,5 µg/l
Composés organiques halogénés	AOX ou EOX	1	1

Limites indicatives de qualité de rejet d'effluents (CG94)

Cette concentration est normalement accessible avec un taux d'abattement maximal de 85 % de la concentration en MES. En effet, les dernières études menées par le CERTU et le SETRA sur ce sujet montrent que les concentrations estimées des eaux pluviales de chantier atteignent les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous.

Fourchette de concentration pendant une pluie selon la densité du tissu urbain

Type d'aménagement	*Quartiers résidentiels (habitat individuel)*	*Quartiers résidentiels (habitat collectif)*	*Habitations denses : zones industrielles et commerciales*	*Quartiers très denses : centres villes, parkings*
Coefficient de ruissellement	0,2 à 0,4	0,4 à 0,6	0,6 à 0,8	0,8 à 1
MES	100-200 mg/l	200-300 mg/l	300-400 mg/l	400-500 mg/l
DCO	100-150 mg/l	150-200 mg/l	200-250 mg/l	250-300 mg/l
DBO_5	40-50 mg/l	50-60 mg/l	60-70 mg/l	70-80 mg/l

(Source : « La ville et son assainissement » - CERTU, 2003)

L'abattement **dans un bassin de décantation** est calculé à l'aide de la méthodologie proposée par le SETRA (Service d'Études Techniques des Routes et des Autoroutes) « l'eau et la route ». Ce bassin est caractérisé par **sa surface** permettant d'abattre 85 % de la pollution chronique véhiculée par les eaux de pluie (vitesse de sédimentation de 0,028 m/s).

Ce pourcentage d'abattement est jugé suffisant pour un rejet au réseau et ne pas dégrader la qualité du milieu récepteur exutoire du réseau et contribuer à l'objectif de bon état de la masse d'eau.

Pour **un décanteur lamellaire**, le taux d'abattement dépend, outre de la vitesse de Hazen, principalement des paramètres suivants :

- surface totale de décantation, dépendant de la surface du décanteur et de la surface totale des lamelles,
- espacement entre les lamelles,
- débit maximal entrant dans le décanteur lamellaire.

Le dispositif de traitement, quel que soit le principe retenu, sera positionné au droit ou en aval du dispositif de régulation du débit rejeté.

La décantation en bassin se fait par régulation du niveau d'eau dans le bassin au droit du dispositif de régulation. La décantation lamellaire ou par filtre à sable se fait en aval : les performances de ces matériels sont largement améliorées par la régulation des débits.

Il devra pouvoir faire l'objet de contrôles de qualité de l'eau entrante et de l'eau sortante.

Il est rappelé ici que le traitement mis en place, quelque soit le type des ouvrages utilisés, doit être efficace : il y a une obligation de résultat sur la qualité des effluents rejetés au réseau.

Remarque importante : la qualité de rejet exigée par les gestionnaires de réseau est compatible avec un rejet en Seine moyennant la dilution du rejet dans le cours d'eau. Outre le fait que les débits rejetés en eaux pluviales sont faibles et de durée limitée dans le temps, les concentrations obtenues par traitement ne modifient pas la concentration de la Seine pour les paramètres pris en compte car les flux des substances concernées sont négligeables par rapport à ceux de la Seine (il y a un facteur d'au moins 10000 entre les débits).

En cas de rejet effectif en Seine, les valeurs réelles de qualité seront mesurées en entrée de traitement, en sortie de traitement et dans la Seine au droit du rejet de manière à vérifier que les objectifs de qualité du cours d'eau sont respectés.

b. Impacts et mesures liés aux pollutions accidentelles des eaux pluviales, en phase travaux

Dans le contexte du projet en phase travaux, le risque de pollution accidentelle réside dans la probabilité de déversement accidentel d'une cuve d'hydrocarbures ou déversement au cours d'opérations de maintenance d'engins.

Afin de limiter tout risque de pollution le nettoyage, l'entretien, la réparation et le ravitaillement des engins de chantier se feront exclusivement sur des zones réservées à cet effet et disposant de systèmes de récupération des eaux souillées pour être évacuées et traitées.

En cas de pollution accidentelle au moment des travaux sur le chantier lui-même, les mesures devront être immédiatement prises pour confiner cette pollution :

- prélèvement et isolement des terres souillées,
- récupération des eaux de ruissellement dirigées vers des bacs de rétention spécifiques, ou dans l'ouvrage de traitement de la pollution chronique si celui-ci est atteint, sollicitation d'un bureau d'étude spécialisé.

D'autre part, le bassin de rétention, et/ou l'ouvrage de traitement, sera muni d'une vanne en sortie afin de confiner l'ouvrage en cas de déversement accidentel d'une pollution. La vanne, voire une cloison siphoïde avant rejet, permettra de contenir la pollution en phase dans le bassin en cas de crise.

1.4.1.5 Hypothèses de calcul

La gestion des eaux pluviales repose sur plusieurs hypothèses qui conditionnent les calculs de dimensionnement des dispositifs de stockage et de traitement.

a. Période de retour de la pluie de référence :

Les systèmes de régulation des eaux pluviales seront conçus pour le tamponnement jusqu'à une **pluie d'occurrence décennale**, soit un événement ayant une probabilité sur dix de se produire dans une année. Cette période de retour est celle préconisée dans les différents documents d'urbanisme (PLU, POS) et dans les règlements d'assainissement départementaux (Hauts-de-Seine et Val-de-Marne).

L'occurrence décennale est systématiquement utilisée pour la régulation des débits rejetés en phase d'exploitation avec ou sans traitement des eaux pluviales.

En phase chantier, lorsque la régulation des débits est nécessaire, l'occurrence décennale est utilisée.

Lorsque seul un traitement des eaux pluviales est nécessaire, une régulation est mise en place et dimensionnée pour une pluie d'occurrence biennale (deux ans), en application du raisonnement exposé dans la stratégie générale de gestion qualitative. Cette régulation est justifiée par le fait que le fonctionnement des ouvrages de traitement est optimal lorsque les débits entrants sont régulés.

b. Données statistiques de pluie :

Pour un certain nombre de stations de mesures, Météo France réalise une analyse statistique des pluies permettant de définir les **paramètres de Montana.**

Les méthodes classiques de calcul des débits de pointe et des volumes à retenir reposent sur ces paramètres qui permettent d'y intégrer les caractéristiques des pluies, en particulier la durée et la fréquence (ou période de retour).

Les calculs utilisent les **coefficients de Montana à la station d'Orly** (91) présentés dans le tableau ci-dessous. Il s'agit de couples de valeurs calculés pour des périodes de retour de pluie de 5 à 100 ans et estimés à l'aide de relevés statistiques de hauteurs de précipitations mesurées sur une durée de 40 ans.

Ces coefficients (a et b) sont **valables pour des pluies de durée de 6 minutes à 6 heures** et donnent une relation entre l'intensité de pluie et la durée de la pluie pour une période de retour de pluie donnée :

$$i(t) = a \times t^{-b}$$

Avec : *i(t) : l'intensité de pluie en mm/h*
t : la durée de la pluie en minutes
a et b : les coefficients de Montana

Durée de retour	Paramètre a	Paramètre b
5 ans	328	0.659
10 ans	379	0.650
20 ans	419	0.639
30 ans	439	0.633
50 ans	463	0.624
100 ans	492	0.613

La pluie de projet est déterminée indirectement à partir de ces paramètres en fonction de la méthode utilisée. Chacune des méthodes exposées ci-dessous contient des hypothèses sur la durée de la pluie et la forme de l'hydrogramme.

c. Caractérisation de l'occupation du sol :

Les débits de pluie ruisselés sur les parcelles concernées par le projet de ligne de métro dépendent des quantités de pluie précipitées pour une pluie décennale, des caractéristiques topographiques du site considéré et de l'occupation du sol, caractérisée par un **coefficient de ruissellement**.

Le coefficient de ruissellement prend des valeurs différentes selon le type de sol et la configuration du terrain (pente, géologie), et représente un pourcentage d'imperméabilisation : une valeur de 1 représente 100% d'imperméabilisation, donc toute l'eau est ruisselée ; une valeur de 0 représente 0% d'imperméabilisation, donc toute l'eau est infiltrée.

De manière générale (source CG 92), il est considéré qu'il est égal à :

- 0.95 pour les toitures,
- 0.95 pour les voiries, allées et parking,
- 0.70 pour toiture terrasse gravillonnée,
- 0.40 pour la terre végétale sur dalle,
- 0.20 pour de la pleine terre.

d. Définition des différentes surfaces d'un projet

La **superficie totale d'un projet (S)** correspond à la surface maximale exploitée par le projet et sa phase de construction. Cette surface peut avoir plusieurs usages :

- Surface occupée par le projet en phase exploitation, à la fin des travaux,

Surface occupée temporairement en phase chantier et restituée à l'identique à la fin des travaux.L'état initial est réalisé sur la totalité de l'emprise chantier.

L'état final ne prend en compte que la surface des ouvrages de la SGP. Le complément par rapport à l'état initial est constitué d'espaces publics occupés temporairement et restitués dans les mêmes caractéristiques. Ces espaces publics sont très majoritairement des voiries, quelques espaces verts éta t concernés.

La surface active (Sa) représente la surface produisant véritablement des ruissellements pluviaux. Elle est le produit de la surface totale d'un projet (S) par le coefficient de ruissellement (Cr).

La surface globale a été prise en compte dans les calculs pour caractériser l'état initial.

Cette même surface a été prise en compte pour caractériser la phase chantier. Le calcul de la surface active en phase chantier a été établi sur la situation de chantier la plus pénalisante en termes d'imperméabilisation.

En phase d'exploitation, les surfaces occupées temporairement et restituées à l'identique sont distinguées des surfaces occupées par les ouvrages de la Ligne 15 sud.

1.4.1.6 Méthodes de calcul

a. *Calcul du temps de concentration :*

Le temps de concentration d'une surface de projet considérée représente le temps maximal nécessaire aux eaux ruisselées pour atteindre le point de rejet. Il dépend de la topographie de la zone d'étude, en particulier du plus long chemin hydraulique, à savoir la distance la plus longue parcourue par les eaux ruisselées avant de sortir du domaine d'étude, et de la pente moyenne. Plusieurs formules existent pour estimer le temps de concentration.

La feuille de calcul utilisée permet de calculer le temps de concentration avec chacune des formules ci-après et de retenir la valeur moyenne : **SOGREAH / Ventura / TURRAZA/ KIRPICH / VEN TE CHOW / Passini.**

Cela permet d'éliminer des biais statistiques inhérents aux différentes méthodes.

Le temps de concentration permet de calculer l'intensité de la pluie et la hauteur de la pluie.

b. *Calcul du débit de pointe de pluie par la méthode rationnelle :*

Le débit de pointe généré par la pluie d'occurrence décennale est calculé par la méthode rationnelle, adaptée aux bassins versant urbanisés. Elle repose sur une relation reliant le débit de pointe au coefficient de ruissellement, à l'intensité d'une pluie de durée égale au temps de concentration du bassin versant et à la surface de projet. La formule est présentée ci-après :

$$Q = 2{,}78\ Cr \times i(t) \times A$$

Avec :

Q : le débit de pointe en m³/s
Cr : le coefficient de ruissellement sans unité
i : l'intensité d'une pluie en mm/h de durée égale au temps de concentration du bassin
A : la surface du projet en ha

La méthode rationnelle repose sur l'hypothèse que la durée de la pluie est égale au temps de concentration.

c. *Dimensionnement des systèmes de rétention par la méthode des pluies :*

Les volumes de rétention nécessaires au tamponnement d'une pluie sont calculés à l'aide de la méthode des pluies.

Les hypothèses propres à l'application de la méthode sont les suivantes :

- le débit de fuite de l'ouvrage doit être constant (les débits de fuite autorisés vers les réseaux sont définis dans les règlements communaux ou départementaux d'assainissement et dans les documents d'urbanisme) : la méthode ne prend donc pas en compte la phase de démarrage où le débit de fuite est en augmentation ;
- le transfert de la pluie à l'ouvrage est considéré comme instantané ;
- les évènements pluvieux qui conduisent au dimensionnement du volume sont indépendants.

Pour la durée de retour choisie (10 ans) deux courbes sont considérées :

- une courbe donnant le volume maximal précipité (en ordonnée) en fonction de la durée de la pluie considérée (en abscisse). Cette courbe donne ainsi pour différentes durées de pluies envisagées (choisies entre 6 minutes et 6 heures, intervalle de validité des coefficients de Montana), le volume maximal probable pour la durée de retour retenue, soit :

$$V_{précipité} = i(t) \times Sa \times 10$$

$$Sa = S \times Cr$$

Avec :

$V_{précipité}$: volume entrant dans l'ouvrage en m^3 ;

i(t) : intensité de pluie calculée à l'aide des coefficients de Montana pour une durée donnée comprise entre 6 minutes et 6 heures.

Sa : surface active du projet en ha ;

Cr : coefficient de ruissellement

- une courbe donnant le volume de fuite évacué (en ordonnée) en fonction de la durée de la pluie considéré (en abscisse).

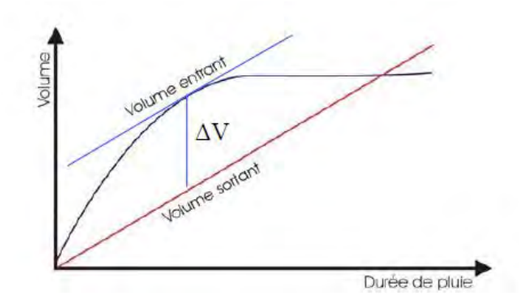
$$V_{vidangé} = 60 \times Qs \times t$$

Avec :

Qs : débit de fuite en m^3/s ;

t : durée de la pluie en min.

La méthode des pluies part du principe qu'il existe une durée de pluie pour laquelle la différence entre le volume d'eaux pluviales ruisselé et le volume (évacué ΔV) admet un maximum. Ce volume correspond alors au volume maximal à stocker pour n'observer aucun débordement du bassin de rétention, et ce pour n'importe quelle durée de pluie décennale. Cette valeur de volume est celle prise en compte pour la conception du bassin de rétention.



En cas d'orage d'intensité supérieure à la pluie décennale, les eaux pluviales transiteront vers une surverse et vers les réseaux d'assainissement public.

Le débit de fuite des ouvrages est imposé par les gestionnaires de réseau sur la base d'un débit par unité de surface, 10 l/s/ha par exemple.

Compte tenu de la surface de certaines emprises, le débit par unité de surface imposé conduit à des débits de fuite très faibles, qu'il est techniquement dificile de réaliser. Le débit minimal de fuite est fixé à 5 l/s. Ce débit est réalisable avec les techniques de régulation actuelles et limite les problèmes d'obstruction.

d. Dimensionnement des systèmes de rétention en décanteur :

Les eaux de ruissellement se chargent tout au long de leur parcours de diverses substances dans des proportions d'importance variable selon la nature de l'occupation des sols et selon le type de réseau hydrographique qui les recueille.

Cette pollution se caractérise par une place importante des matières minérales, donc des matières en suspension (MES), qui proviennent des particules les plus fines entraînées sur les sols sur lesquels se fixent les métaux lourds qui peuvent provenir des toitures (zinc, plomb), de l'érosion des matériaux de génie civil (bâtiments, routes…), des équipements de voirie ou de la circulation automobile (zinc, cuivre, cadmium, plomb), ou encore des activités industrielles ou commerciales.

Les masses polluantes annuellement rejetées à l'aval des collecteurs pluviaux sont très variables. Le tableau suivant fournit des ordres de grandeur des concentrations moyenne des principaux paramètres représentatifs de la pollution urbaine des eaux pluviales.

Les systèmes seront dimensionnés pour obtenir un taux d'abattement de 85% et une concentration maximale en MES de 100 mg/l pour un rejet au réseau.

La note de calcul sera établie par le Maître d'œuvre en fonction des matériels effectivement retenus.

1.4.2 Moyens de surveillance et d'intervention

La surveillance du fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales est primordiale pour assurer la pérennité de leur fonctionnement.

Elle permet en particulier le maintien en fonctionnement des ouvertures permettant le passage de l'eau, le maintien des volumes et des surfaces de fonctionnement.

Le bon état de fonctionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales sera vérifié périodiquement : il s'agit d'un examen visuel des ouvertures et par soulèvement de regards pour s'assurer qu'il n'y a pas d'obstacles à l'écoulement dans les canalisations et buses (branches, pierres, objets divers).

La fréquence de vérification sera annuelle en phase exploitation et bimestrielle en phase chantier. Une vérification sera effectuée après chaque pluie importante, en particulier en phase chantier.

Le curage, le nettoyage, et/ou la vidange correcte des ouvrages de rétention sera réalisée régulièrement afin assurer la pérennité du fonctionnement des bassins et d'éviter toutes nuisances visuelles (flottants) et olfactives.

Il comprend un entretien curatif, qui relève de l'élimination de la vase et autres déchets (feuilles, terre, matériaux solides…) par curage du bassin lorsque leur quantité induit une modification du volume utile de rétention (tous les cinq ans au maximum). Une attention particulière sera portée aux traces d'une éventuelle pollution accidentelle.

Le matériel sur place facilitera l'entretien des ouvrages destinés à préserver la qualité des eaux. La fréquence des opérations d'entretien sera adaptée au chantier. L'enlèvement des boues décantées au fond du bassin et des huiles stockées dans les ouvrages de dépollution sera confié à des structures agréées selon la nature des déchets.

La fréquence d'entretien de type curage-vidange est au maximum annuelle pour la phase chantier, quinquennale en phase exploitation.

Le critère déclencheur doit être le niveau de boues ou de déchets retenus. En effet, selon la pluviométrie, l'intervalle entre deux curages pourra varier fortement. Cette intervention peut intervenir tous les ans, comme tous les cinq ans.

Ce type d'intervention est particulièrement sensible en phase chantier.

Les interventions sont efficaces lorsqu'elles sont prévues et organisées :

- La conception des ouvrages doit prévoir les modalités d'intervention (entretien, contrôle),
- Les procédures d'intervention sont définies dans la phase de préparation du chantier et dans la période de préparation de l'exploitation.

Pour faciliter les interventions, les précautions suivantes devront être respectées :

- mise en place d'aires étanches de stockage de carburant, de dépôt et d'entretien des engins ;
- mise en place de fosses de récupération des eaux sales et vidange de ces fosses. Le traitement sera effectué dans une station d'épuration ;
- mise en place d'une aire de lavage avec bacs de rétention (nettoyage des outils) ;
- interdiction des rejets d'huiles, de lubrifiants, de détergents et de tout autre produit polluant dans le réseau. Les entreprises doivent prendre les dispositions nécessaires pour les récupérer et les faire traiter par une société agréée ;
- avertissement des autorités compétentes comme la DREAL, la Police de l'Eau, la gendarmerie ou les pompiers en cas de pollution accidentelle ;
- pompage et stockage dans un bassin de décantation sommaire des eaux lors d'un déversement accidentel. Suivant leur nature les eaux polluées seront ensuite évacuées par un service spécialisé.

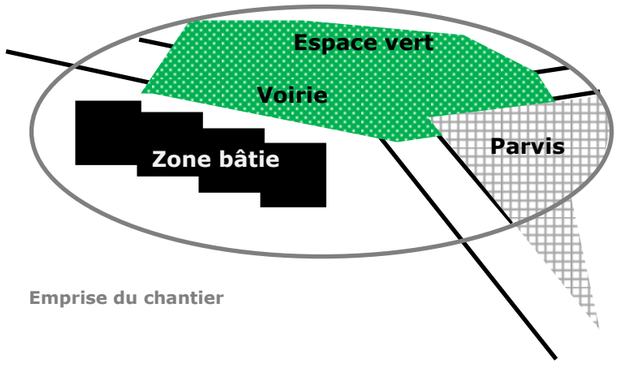
Chaque procédure d'intervention devra comporter les éléments suivants :

- La personne morale responsable chargée de l'organiser,
- Le nom des personnels qui y sont affectés,
- Le nom de la personne à contacter en cas d'urgence,
- Si la procédure nécessite l'intervention d'organismes officiels (pompiers, gendarmerie, police, administrations), le service, son adresse géographique, le nom de la personne à contacter en cas d'urgence,
- Les tâches précises à effectuer, leur ordre s'il y en a plusieurs, les personnes et moyens nécessaires,
- Les matériels et fournitures à mettre en œuvre et leur point de rangement et ou de stockage.

1.4.3 Clés de lecture des fiches descriptives

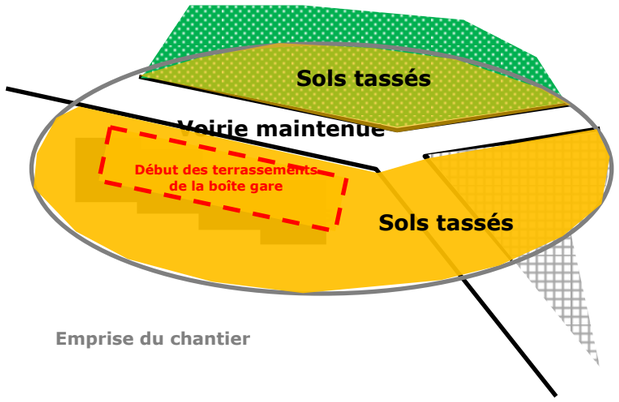
Les fiches ci-dessous reposent sur les éléments décrits au présents chapitre.

Le synoptique suivant illustre la méthodologie appliquée dans l'approche de la gestion des eaux pluviales au cours des différents projets de gares et ouvrages annexes du GPE.



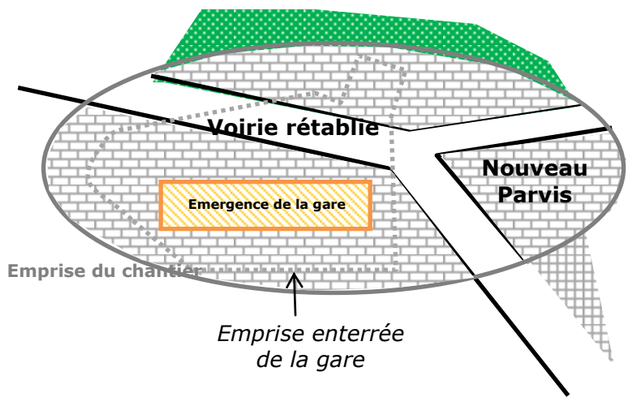
Etat initial

Bassin versant considéré
=
Emprise chantier maximale
+
bassin versant amont éventuel



Phase chantier

Bassin versant considéré
=
Emprise chantier maximale
+
bassin versant amont éventuel



Phase d'exploitation

Bassin versant considéré
=
Emprise des émergences de la gare (toiture+parvis)

=

Emprise chantier maximale
+
bassin versant amont éventuel
-
emprise des espaces restitués à l'identique

Ligne 15 Sud

La figure de présentation de l'occupation du sol du secteur de l'ouvrage pris en compte présente les réseaux de gestion des eaux pluviales existant dans l'emprise chantier ou aux abords. Les points de rejets au réseau envisagés en phase d'exploitation et en phase chantier sont également indiqués.

Les points de rejet indiqués sont les points pressentis au moment de la rédaction de ce dossier. Les études d'organisation des chantiers et de rejet d'eaux pluviales en phase d'eploitation n'ont pas été complètement réalisées. Ces points sont susceptibles d'évoluer au cours des phases finales de conception.

Le principe général retenu est le suivant : les eaux pluviales sont rejetées au réseau existant à proximité de l'emprise chantier et à proximité de la boite gare définitive. Il n'est pas prévu de connexion en dehors des emprises. Par ailleurs, les ouvrages de régulation, et/ou de traitement, sont positionnés par principe à l'amont immédiat des points de rejets.

Les calculs effectués ne considèrent qu'un seul point de rejet pour l'ensemble de l'emprise. C'est une simplification basée sur le niveau de détail actuel des éléments du projet. Lorsque plusieurs points de rejet seront mis en œuvre, le volume global de rétention sera réparti au prorata des surface des bassins versants desservis. Chaque point de rejet aura son propre système de traitement dimensionné sur le débit de point du bassin versant desservi.

Le phasage du chantier, qui n'a pas été pris en compte ici pour l'essentiel, peut amener au découpage de l'emprise chantier en plusieurs parties pouvant faire l'objet d'une gestion à part des eaux pluviales. Dans ce cas, chaque partie du chantier est dotée des ouvrages nécessaires à la gestion des eaux pluviales, le volume de l'ouvrage de régulation étant calculé au prorata de la surface de chantier desservie.

Les types d'occupation du sol et la surface active dans les 3 stades considérés (initial, chantier, exploitation) sont indiqués dans un tableau.

Le volume de l'ouvrage de régulation est alors calculé et indiqué dans un second tableau avec le débit de fuite pour lequel il a été calculé. La fiche se termine par le calcul des éléments permettant de dimensionner l'ouvrage de traitement.

1.4.4 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les gares

1.4.4.1 Gare Pont de Sèvres

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

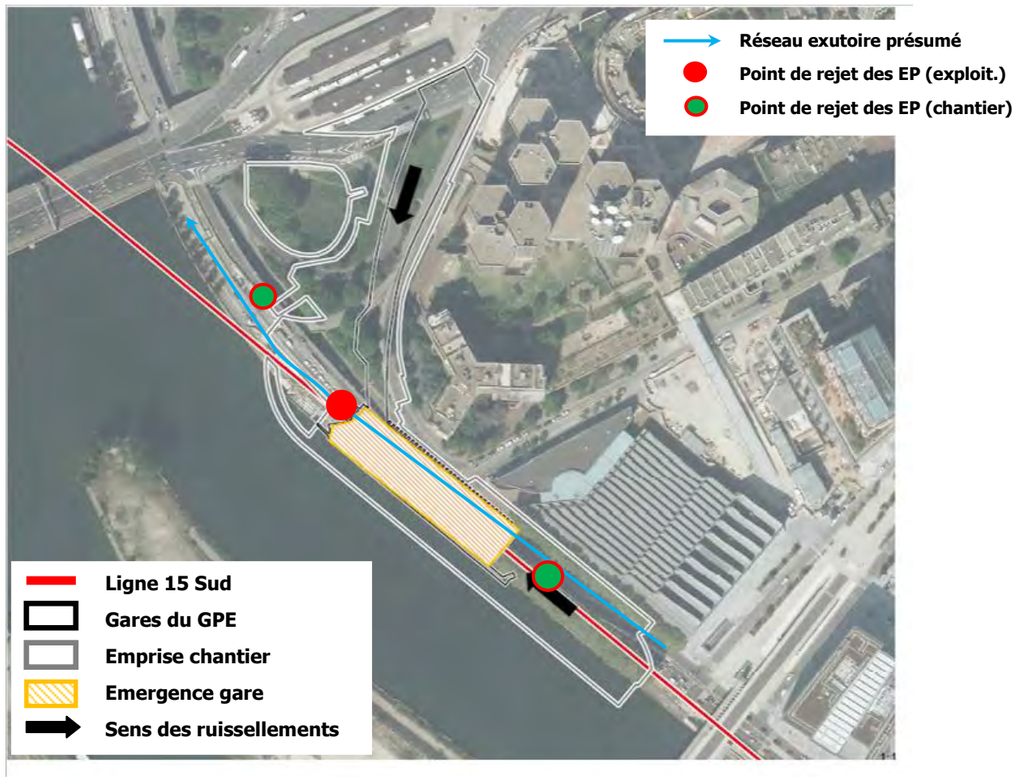
La gare est située sous le quai de la Seine, actuellement principalement occupé par la RD1 qui porte le nom de Quai de Stalingrad à cet endroit.

Cette route, à 2x2 voies, occupe la totalité du quai à l'exception de deux alignements d'arbres et d'une bande de quai imperméabilisée.

La correspondance avec la Ligne 9 du métro se trouve sous la bretelle du rond-point du Pont de Sèvres.

L'emprise chantier comprend en plus les espaces verts situés au milieu des bretelles de ce rond-point.

Le site est donc fortement imperméabilisé. Les espaces verts existant sont, soit positionnés sur des remblais constitués lors des travaux de l'échangeur du Pont de Sèvres, soit constitués d'alignements d'arbres.



Gare de Pont-de-Sèvres – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage

Gestion actuelle du réseau existant

Réseaux existants identifiés	Gestionnaires	Débit de fuite maximum autorisé (L/s)
Ovoïde unitaire 2.20x2.70 Av. G. Gorse	SEVESC pour le compte du Conseil départemental 92	2 L/s/ha

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries, trottoirs	**0,95**	1.8559	1.7631	1.08	1.026	0.00	0.00
Trottoirs (berges de Seine élargie)	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.00	0.00	0.242	0.23	0.0828	0.0787
Parvis	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1345	0.1277
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	1.428	1.1424	0.00	0.00
Espaces verts	**0,2**	0.6805	0.1361	0.00	0.00	0.00	0.00
Terre végétale sur dalle	**0,4**	0.00	0.00	0.00	0.00		
Total		**2.5364**	**1.8992**	**2.75**	**2.3983**	**0.2173**	**0.2064**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet sera augmentée lors de la phase chantier : la surface en espace vert disparaît au profit de la base chantier. Cela génère des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

Lors de la phase d'exploitation, la surface active sera identique par rapport à celle de l'état initial.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisagé pour maîtriser les risques de pollution accidentelle.

En phase d'exploitation, les espaces verts initiaux situés près du Pont-de-Sèvres sont restitués. La part initiale d'infiltration des eaux pluviale est maintenue.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
5 L/s 13 m³	**5 l/s 11 m³ (Toiture), 22 m³ (Parvis)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

Il n'est pas calculé de volume de rétention en phase exploitation pour cette gare car la surface active, le coefficient de ruissellement et les débits sont équivalents par rapport à l'état actuel.

c. *Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation*

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle (se trouvant sur l'estacade eu dessus de la Seine).
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- La construction du remblai dans la Seine, puis de l'estacade permettant de mettre en place la voirie de déviation,
- Mise en place de la déviation sur l'estacade,
- Dévoiement du collecteur SEVESC Le Ces voiries divisent l'emprise chantier en plusieurs parties. Chacune de ces parties dispose de son propre point de rejet au réseau directement relié au collecteur SEVESC. Cette opération de dévoiement nécessite la reprise de l'ensemble du réseau SEVESC situé sous la RD1 au niveau de la boîte gare. Les points de rejet existant sont supprimés ou adaptés, de nouveaux étant posés en cas d'insuffisance.

L'emprise chantier est divisée en plusieurs parties dont la gestion des eaux pluviales est identique : les eaux sont collectées au point bas, et régulées avant rejet au réseau.

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente.

Le rejet à la Seine n'est pas envisagé car les espaces proches de la Seine ne permettent pas l'installation des ouvrages nécessaires à un rejet dans les conditions réglementaires. L'emprise chantier est très fortement contrainte par la position de la gare et la configuration des lieux. Une large partie de l'emprise chantier n'est pas proche de la Seine et en est séparée par une voirie. De plus, les eaux pluviales de chantier doivent être traitées avant rejet, plus fortement en cas de rejet à la Seine. La surface de traitement, même avec un décanteur lamellaire, est un enjeu important de ce chantier. Le rejet au réseau s'impose donc.

Pour le reste, situé en bordure de Seine : La voirie située sur l'estacade et en bord de Seine aux deux extrémités de l'estacade : les eaux seront collectées et rejetées au réseau, comme dans la gestion actuelle des eaux pluviales. Cette solution permet de garantir la maîtrise de toute pollution accidentelle déversée sur la chaussée de l'estacade,

L'excavation de la gare : les eaux pluviales seront gérées avec les eaux d'exhaure.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

Cas du rejet à la Seine : L'organisation du chantier ne permet pas de positionner les ouvrages de gestion des eaux pluviales au niveau de la façade avec la Seine : l'emprise est déjà trop étroite par rapport aux besoins de circulation sur le site. De plus, les travaux comprenent le déplacement du collecteur d'eaux pluviales en place sous la voirie.

Ces éléments rendent impossible un rejet des eaux pluviales en Seine en phase chantier.

La proximité immédiate en aval du périmètre de protection de la prise d'eau de Suresnes est un argument supplémentaire au rejet au réseau. Cela permet de garantir la sécurité contre une pollution accidentelle.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, seules les eaux ruisselant sur la toiture de la gare et le parvis sont prises en compte. Les autres espaces de l'emprise chantier sont restitués à l'identique, en voirie et en espaces verts.L'exutoire des eaux pluviales de cet espace public de voirie reste le même : rejet au réseau.

Le quai hors voirie (entre la RD1 et la Seine) reste imperméabilisé en quasi-totalité. Les eaux pluviales qui y ruissellent vont directement à la Seine, comme dans la situation actuelle.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est similaire à la gestion initiale car, hormis de petites émergences, la gare se trouve sous des espaces rendus quasiment à l'identique en termes de revêtements de sol.

d. *Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation*

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

En phase d'exploitation, les flux de pollution seront équivalents à ceux générés à l'état initial. Ils ne feront pas l'objet de traitement particulier.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

Phase chantier :

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Elle nécessite donc l'installation d'un ouvrage de régulation des débits rejetés au réseau.

Cette phase nécessite également un traitement des eaux collectées par décanteur lamellaire.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total des bâches est de 460 m^3.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation :

Les espaces publics occupés temporairement sont retitués à l'identique dans la gestion initiale des eaux pluviales. La toiture de la gare et le parvis font l'objet d'une régulation avec rejet au réseau.

1.4.4.2 Gare Issy RER

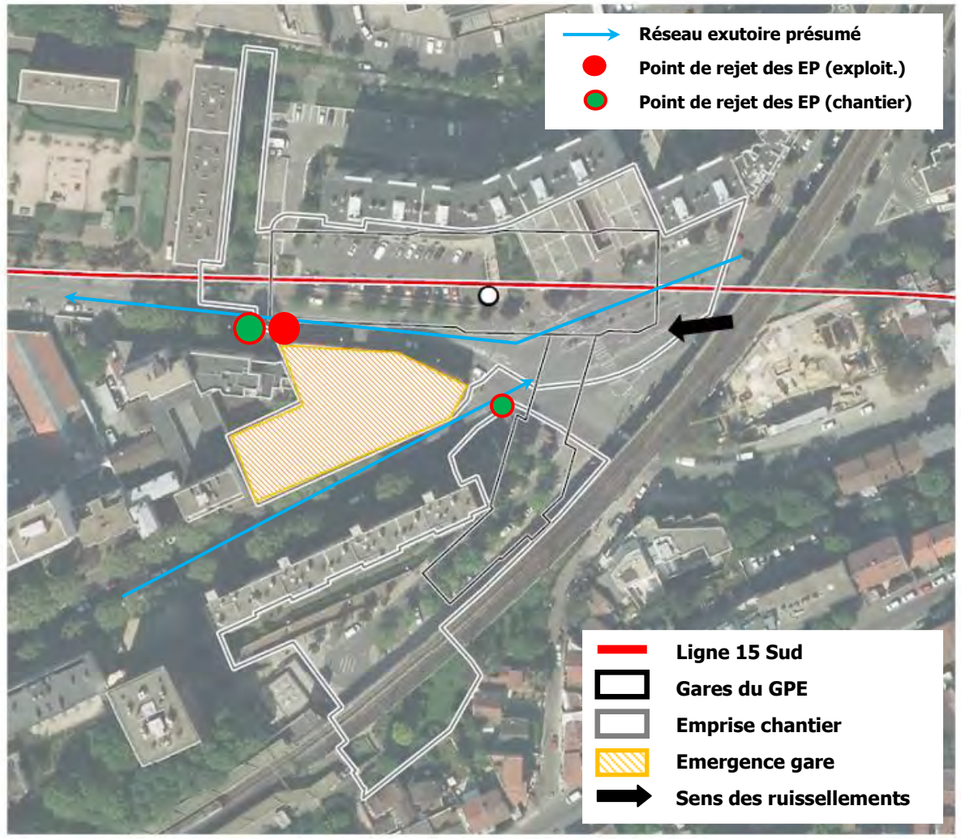
a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

La future gare ISSY RER se situe à Issy-Les-Moulineaux, dans le quartier Val de Seine / Les Arches.

La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est.

La place s'ouvre également au carrefour des avenues Victor Cresson, des boulevards Garibaldi et Pasteur, et de la rue des Arches d'Issy, accès à la gare actuelle du RER C.

Le site est fortement imperméabilisé. Les espaces verts existant sont, soit constitués d'alignements d'arbres sur les trottoirs des axes routiers, soit des espaces d'agréments très réduits.



Gare de Issy RER – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau unitaire DN2750 mm Av. A. Briand	Conseil départemental 92	10 L/s/ha
Ovoïde unitaire 2.3x1.3 Av. Verdun	Commune – Issy-les-Moulineaux	2 L/s/ha

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries	**0,95**	0.79	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
Parcelles bâties privées	**0.95**	0.21	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Surfaces aménagées	**0.95**	0.00	0.00	0.764	0.726	0.00	0.00
Toitures	**0.95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.052	0.0494
Sols tassés	**0,8**	0,00	0.00	0.241	0.19	0.00	0.00
Espaces verts sur dalle	**0,4**	0.018	0.0072	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	**-**	**1.18**	**0.9572**	**1.05**	**0.9186**	**0.052**	**0.0494**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier légèrement inférieure à celle de l'état initial, générant des débits plus faibles à ceux évalués à l'état initial. Lors de la phase d'exploitation, les espaces spécifiques à la gare sont réduits par la configuration des lieux : l'essentiel de la gare se trouve sous de la voirie qui sera restituée à l'identique.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

L'émergence de la gare est intégrée à un bâtiment. **La toiture de ce bâtiment, celle de la gare avant sa construction, fait l'objet d'une gestion des eaux pluviales spécifique** : les eaux qui en sont issues sont collectées à part en interne au bâtiment et rejetées au réseau après passage dans une cuve de 70 m^3 de volume et régulation. Ce système permet la récupération des eaux pluviales pour divers usages, dont le lavage des sols.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
Le projet n'aggrave pas les débits ruisselés Bassin de rétention non nécessaire Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise	**5 l/s 6 m^3 (Toiture)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface.

L'emprise chantier est divisée en plusieurs parties dont la gestion des eaux pluviales est identique : les eaux sont collectées au point bas, et régulées avant rejet au réseau.

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. La situation est améliorée par la gestion des eaux de toitures.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

La collecte des eaux pluviales sera organisée de manière à orienter les ruissellements vers les ouvrages de traitement, avant rejet au réseau.

En phase d'exploitation, les flux de pollution seront équivalents à ceux générés à l'état initial. Ils ne feront pas l'objet de traitement particulier.

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier conduit à une légère amélioration des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Une régulation n'est pas indispensable.

Cette phase nécessite également un traitement des eaux collectées par décanteur lamellaire.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée à l'ouvrage de traitement.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation est similaire par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. Les eaux de toiture sont régulées par une cuve de rétention.

1.4.4.3 Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart

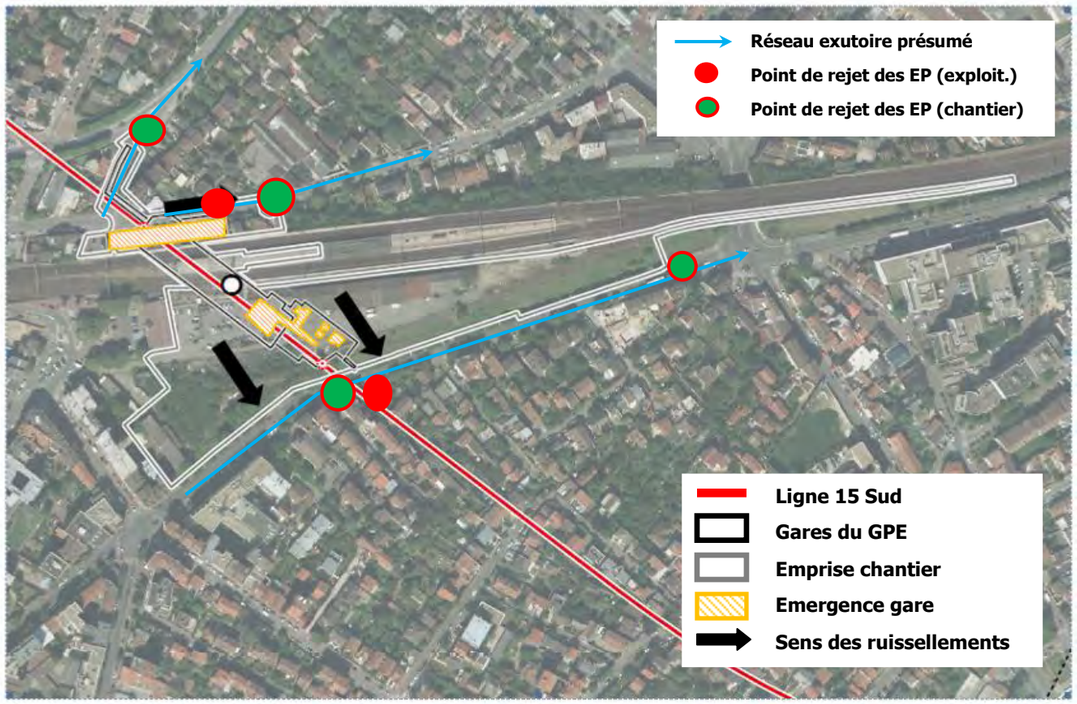
a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare de Fort-d'Issy-Vanves–Clamart est localisée principalement en la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy–les–Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare Transilien de Clamart dans un environnement proche hétérogène, autour de la place de la gare existante coté Clamart, et résidentielle coté Issy les Moulineaux. Sa position stratégique à l'intersection de quatre communes permettra de reconstruire les contours d'un nouvel espace public et retisser un lien entre ces différentes communes aujourd'hui séparées par le faisceau du RFN (Réseau ferré national).

La gare vient s'insérer sous les voies ferrées du réseau Transilien, au cœur d'une friche ferroviaire, destination du futur projet de la ville de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF.

Cette implantation sous les voies ferrées du Transilien permet de lier les villes au Nord d'Issy-les-Moulineaux, Vanves et au sud, Clamart-Malakoff.

Le site est fortement imperméabilisé côté Motholon (Accès nord). L'accès sud s'intègre au sein d'une friche en bord de réseau Transilien ; un parking et quelques anciens bâtiments industriels y sont présents.



Gare de Fort-d'Issy-Vanves–Clamart – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Ovoïde unitaire 1.9x1.0 Av. C. De Gaulle	Conseil départemental 92	10 L/s/ha
Réseau VEOLIA Rue du Clos Motholon	Commune d'Issy-les Moulineaux	2 L/s/ha
Ovoïde unitaire 1.8x1.0 Bd F. Vigouroux	Conseil départemental 92	10 L/s/ha

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Accès Nord – Rue du Clos Motholon

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries, surfaces enrobées	**0,95**	0.158	0.15	0.119	0.27	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.128	0.1216
Parcelles bâties privées	**0.4**	0.138	0.055	0.079	0.0316	0.00	0.00
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	0.198	0.09	0.00	0.00
Total	**-**	**0.296**	**0.2053**	**0.396**	**0.303**	**0.0.128**	**0.1216**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface de voirie ne verra pas sa gestion des eaux pluviales modifiée en phase d'exploitation. La surface de parvis sera également gérée comme à l'état initial.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

Il n'est donc pas prévu d'ouvrage de régulation en phase d'exploitation.

En phase chantier, le volume de régulation indiqué est nécessaire pour réaliser le traitement.

La toiture de la gare de ce côté Nord est complètement intégrée aux espaces publics restitués. Elle apparaît donc pour zéro dans la colonne phase d'exploitation.

		État phase chantier	État phase d'exploitation
		Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
		5 L/s * 15 m³	**5 L/s * 21 m³**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer -* Débit minimum techniquement garanti.

Accès Sud – Boulevard des Frères Vigouroux

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation*	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries,	**0,95**	0.078	0.074	0.00	0.00	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.404	0.3838
Parvis	**0.95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1735	0.165
Sols tassés	**0,8**	0.156	0.1248	1.09	0.872	0.00	0.00
Talus existant	**0,2**	1.323	0.2646	0.47	0.094	0.00	0.00
Total	**-**	**1.557**	**0.4635**	**1.56**	**0.966**	**0.5775**	**0.549**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

* La surface considérée ne prend pas en compte ici le projet de la Mairie de Clamart, celui-ci étant à ce jour indéterminé. Une gestion des eaux pluviales propre à ce projet devra être prévue. **Cette surface de l'emprise chantiersera restituée en son état initial, c'est-à-dire un espace vert qui fera la transition avec le projet communal. Cette surface ne fera l'objet d'aucune gestion des eaux pluviales dans le cadre de l'aménagement de la gare. Elle n'est d'ailleurs pas intégrée aux surfaces du tableau en phase d'exploitation.**

La surface active du projet en partie sud de la voie ferrée lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial (sols tassés en lieu et place d'espaces verts), générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

Le projet de cet accès sud en phase d'exploitation consistera principalement en l'aménagement d'un parvis d'une surface restreinte avec des espaces verts d'ornement, ne modifiant pas les écoulements du secteur actuellement occupé par des friches au sein desquelles s'insèrent des voiries et un vaste parking. Les débits seront diminués en phase d'exploitation par rapport à la situation actuelle.

La toiture de la gare de ce côté Sud fait l'objet d'une gestion spécifique : les eaux sont collectées à part et sont récupérées dans une cuve de 20 m3 de volume avant rejet régulé au réseau.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
5 L/s 171 m³	**5 L/s * 32 m³ (parvis), 115 m³ (toiture)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Libération des emprises,
- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Défrichement,
- Dépollution,
- Dévoiement des réseaux de surface.

L'emprise chantier est divisée en plusieurs parties dont la gestion des eaux pluviales est identique : les eaux sont collectées au point bas, et régulées avant rejet au réseau.

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées à l'identique. L'espace public voirie initial est donc le même. Les eaux de toitures nord et sud et les eaux du parvis sud seront à collecter au sein d'une rétention avec un débit de fuite régulé vers le réseau. La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Les eaux de la dalle sous voie ferrée, pour une surface de 1860 m² comptent pour un volume global de 50 m³. Pour le reste, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. 2

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

Phase exploitation

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est composée d'un parvis piétonnier et de toitures pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

La gare est configurée de telle façon que l'analyse a été divisée en deux parties qui ont des exutoires différents : une partie nord et une partie sud.

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare au niveau des deux parties. Chaque partie nécessite donc l'installation d'un ouvrage de régulation des débits rejetés au réseau.

Cette phase nécessite également un traitement des eaux collectées par bassin de décantation ou décanteur lamellaire.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation est dégradée également, un bassin de rétention devant être mis en œuvre, accompagné d'un regard à cloison siphoïde avec fosse de décantation pour le traitement.

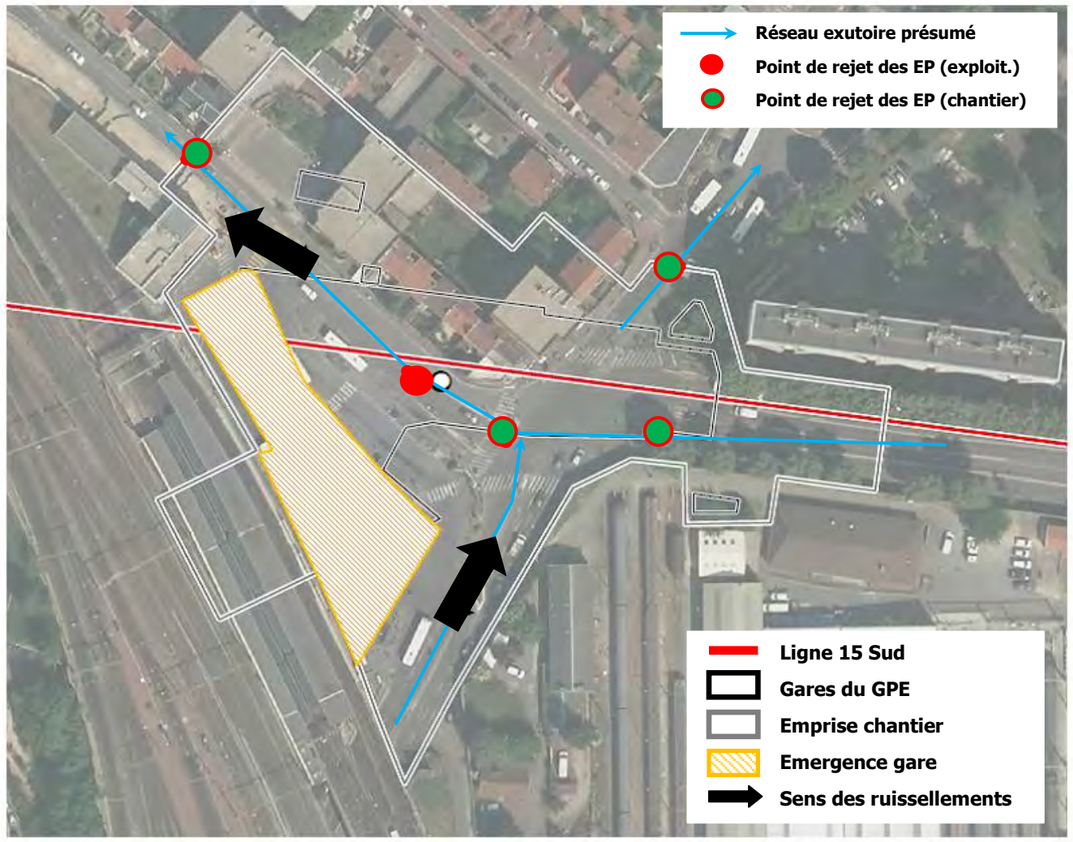
1.4.4.4 Gare Châtillon-Montrouge

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

Au sud de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine, le territoire sur lequel se situe la gare de Châtillon-Montrouge est au croisement de 4 communes : Montrouge, Bagneux, Châtillon et Malakoff. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transports : tramway T6, gare de métro M15.

L'environnement de la gare se compose côté Montrouge d'un quartier de petit habitat pavillonnaire, côté Bagneux d'un site de maintenance SNCF et côté Châtillon de zone tertiaire et d'habitat dense. Très peu d'espaces verts sont présents sur l'emprise du projet.

L'important faisceau de voies ferrées RATP/SNCF qui borde le terrain morcèle le quartier.



Gare de Châtillon-Montrouge – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Ovoïde unitaire 1.9x1.0 Av. de la République / Max Dormoy	Conseil départemental 92	10 L/s/ha

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries	**0,95**	0.695	0.66	0.596	0.566	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.25	0.2375	0.00	0.00	0.17	0.1615
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	0.398	0.32	0.00	0.00
Total	**-**	**0.945**	**0.8977**	**0.994**	**0.8846**	**0.17**	**0.1615**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera légèrement inférieure à celle de l'état initial, générant des débits équivalents voire inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

En phase exploitation, seule la toiture de la gare est concernée par une gestion spécifique. Le reste des espaces de l'emprise est reconfiguré comme à l'état intial. Il n'y a pas de parvis de la gare. Les espaces sont occupés par la voirie et la gare de bus présentes initialement.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
Le projet n'aggrave pas les débits ruisselés Bassin de rétention non nécessaire Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise	**5 L/s * 31 m³ (toiture)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,

- Gestion de la circulation routière et piétonne,

- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,

- Dévoiement des réseaux de surface,

Traitement des carrières.

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. LA situation sera améliorée par la gestion des eaux de toiture.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Le traitement le plus adapté,vue la configuration des lieux, serait la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Cependant, les eaux pluviales de la phase chantier doivent être traitées, au moins en MES.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

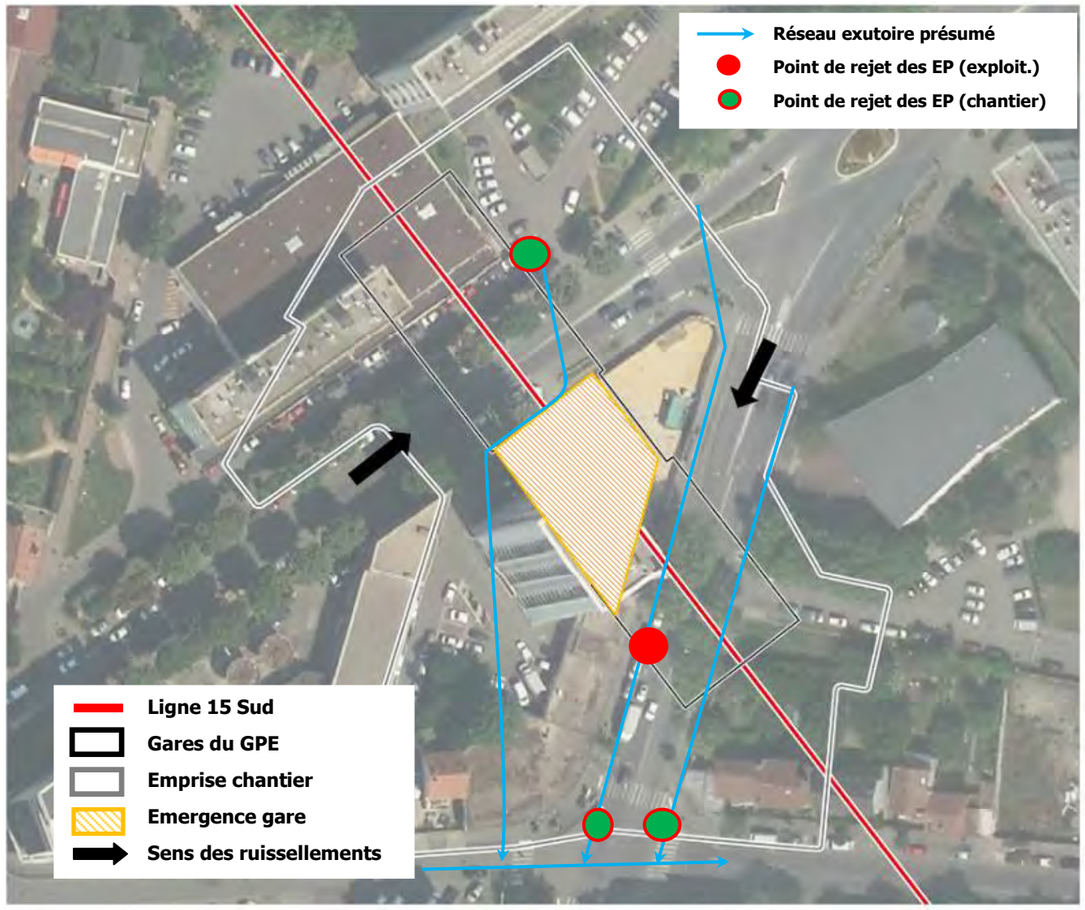
Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

1.4.4.5 Gare Bagneux

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare est implantée dans un contexte urbain dense et complexe en présence de bâti existant et de projets concomitants, notamment le projet de la station Bagneux du prolongement du métro M4. L'implantation est également contrainte par les artères urbaines de la zone, avenues Pasteur et Barbusse, et doit tenir compte des mutations futures de la zone dans le cadre du projet de la ZAC Victor Hugo porté par la SEMABA et la Ville de Bagneux.



Gare de Bagneux – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau unitaire DN 300-400 mm Av. L. Pasteur / H. Barbusse	Conseil départemental 92	10 L/s/ha

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries et toitures	**0,95**	0.774	0.7353	0.258	0.245	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.093	0.088
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	0.774	0.62	0.00	0.00
Terrain vague stabilisé	**0,5**	0.516	0.258	0.258	0.129	0.00	0.00
Total	**-**	**1.29**	**0.9933**	**1.20**	**0.9933**	**0.093**	**0.088**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera équivalente à celle de l'état initial, générant des débits équivalents à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

Lors de la phase d'exploitation, **l**'espace voirie public est quasiment restitué comme à l'initial. Un imposant bâtiment doit être démoli du côté H. Barbusse au profit du chantier RATP. Après démolition, les surfaces associées seront laissées à l'état de sols tassés.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
Le projet n'aggrave pas les ruissellements Bassin de rétention non nécessaire Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise	**5 L/s 13 m³ (Toitures)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, parfois momentanément fermée (L. Pasteur), soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,

- Gestion de la circulation routière et piétonne,

- Dévoiement des réseaux de surface,

- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,

Traitement des carrières.

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiments existant, ne modifiant pas les débits générés. Le parvis sera d'une emprise réduite. Les espaces verts existants sont restitués de manière quasiment équivalente, au moins en surface.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Cependant, les eaux pluviales de la phase chantier doivent être traitées, au moins en MES..

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et connectée au réseau après le système de traitement..

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

1.4.4.6 Gare Arcueil-Cachan

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare d'Arcueil-Cachan est édifiée sur le territoire de la ville de Cachan, commune qui se situe à 2 km au sud de Paris et de la Porte d'Orléans.

Cette gare est positionnée au nord-est de la ville, à l'angle des avenues Carnot et Eyrolles à l'extrémité sud des quais du RER B. La gare RER existante est placée en limite du quartier sud d'Arcueil, elle dessert le quartier de la gare existant et plusieurs pôles universitaires : l'École Spéciale des Travaux Publics (ESTP), l'École d'Ingénieurs des Travaux de Construction (ESITC), et l'École Normale Supérieure (ENS). Elle doit permettre l'interconnexion avec la ligne B du RER et le réseau bus, en créant alors un nouveau pôle dégageant de nouveaux potentiels de développement urbain.

En effet, le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à évoluer d'abord sur l'emprise avec une potentielle opération immobilière connexe au projet de gare visant à créer une nouvelle polarité autour du pôle de transport.

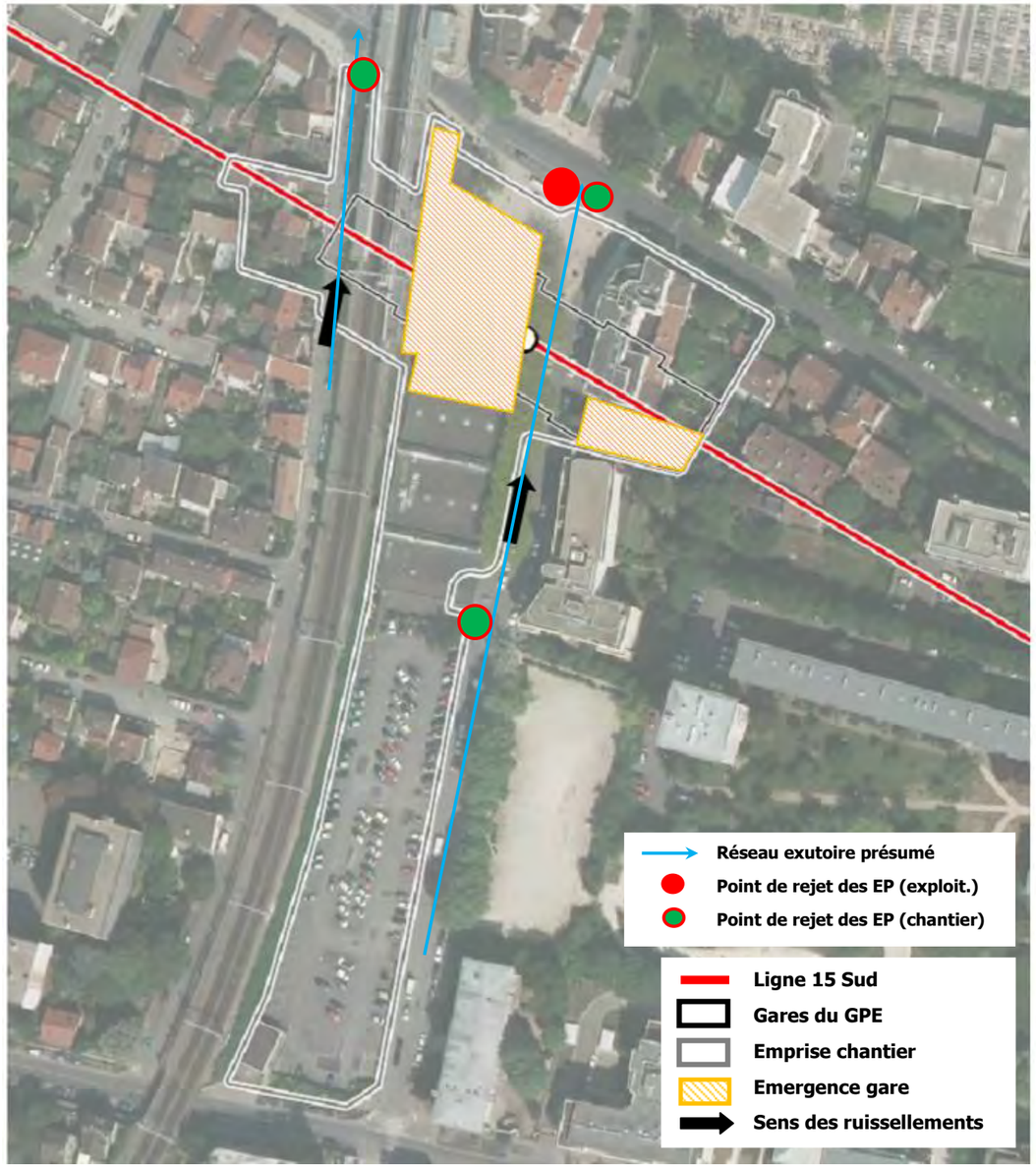
Le site est principalement marqué par la présence du viaduc du RER élément fort et structurant transversal à la grande direction de l'avenue Carnot et en limitant les perspectives au droit du pont.

Le bâtiment le plus marquant sur la place reste celui de l'Hôtel Kyriad dont l'arrondi d'angle en brique s'intercale entre deux parties en béton enduit blanc percé des fenêtres régulières des chambres. Celui-ci est destiné à être démoli dans le cadre du projet, tout comme l'ancien marché couvert qui a été reconstruit plus au sud dans l'avenue Léon Eyrolles, Côté nord du parvis à l'ouest du cimetière, quelques immeubles disparates avec des commerces en rez-de-chaussée forment l'angle de la rue du Dr Gosselin qui rejoint en remontant la gare RER existante.

Les édicules d'accès aux quais RER complètent de part et d'autre des voies le paysage bâti.

Côté est, de l'autre côté de l'avenue Carnot, se situent les franges du quartier pavillonnaire des Lumières mêlant sur l'avenue différents types de constructions (commerces, immeubles, maisons).

L'aqueduc de la Vanne est visible depuis le site, et reste un point de repère fort dans l'environnement urbain.



Gare d'Arcueil-Cachan – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau unitaire DN 500 mm Partie Ouest – Av. L. Eyrolles	Communal - Cachan	5 L/s/ha
Réseau unitaire DN 300 mm Partie Est – Rue de la Coopérative	Communal - Cachan	5 L/s/ha

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries et toitures	**0,95**	0.949	0.901	0.542	0.515	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.218	0.2071
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	0.271	0.217	0.00	0.00
Terrain vague stabilisé	**0,5**	0.00	0.00	0.542	0.271	0.00	0.00
Parcelles bâties privées	**0,4**	0.407	0.1628	0.00	0.00		
Total	**-**	**1.356**	**1.0643**	**1.355**	**1.0027**	**0.218**	**0.2071**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel (parkings, halles et parvis), la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

Les eaux de toiture de la gare sont collectées par un circuit spécifique interne à la gare et comportant une cuve de régulation de 40 m^3.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
Le projet n'aggrave pas les ruissellements Bassin de rétention non nécessaire Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise	**5 L/s 45 m^3 (Toitures)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une voie nouvelle.

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,

- Gestion de la circulation routière et piétonne,

- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,

- Dévoiement des réseaux de surface,

Traitement des carrières.

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiment existant, ne modifiant pas les débits générés.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

1.4.4.7 Gare Villejuif IGR

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

L'arrivée d'un nouveau réseau souterrain métropolitain est l'occasion de redéfinir l'urbanité des territoires identifiés comme stratégiques dans le projet du Grand Paris. Ainsi, à Villejuif, le projet de la gare est indissociable du projet d'aménagement de la ZAC Campus Grand Parc qui prévoit le développement d'un quartier mixte, organisé autour d'équipements dédiés à la recherche et à la formation médicale d'excellence, renforçant la visibilité internationale et les moyens de l'Institut Gustave Roussy.

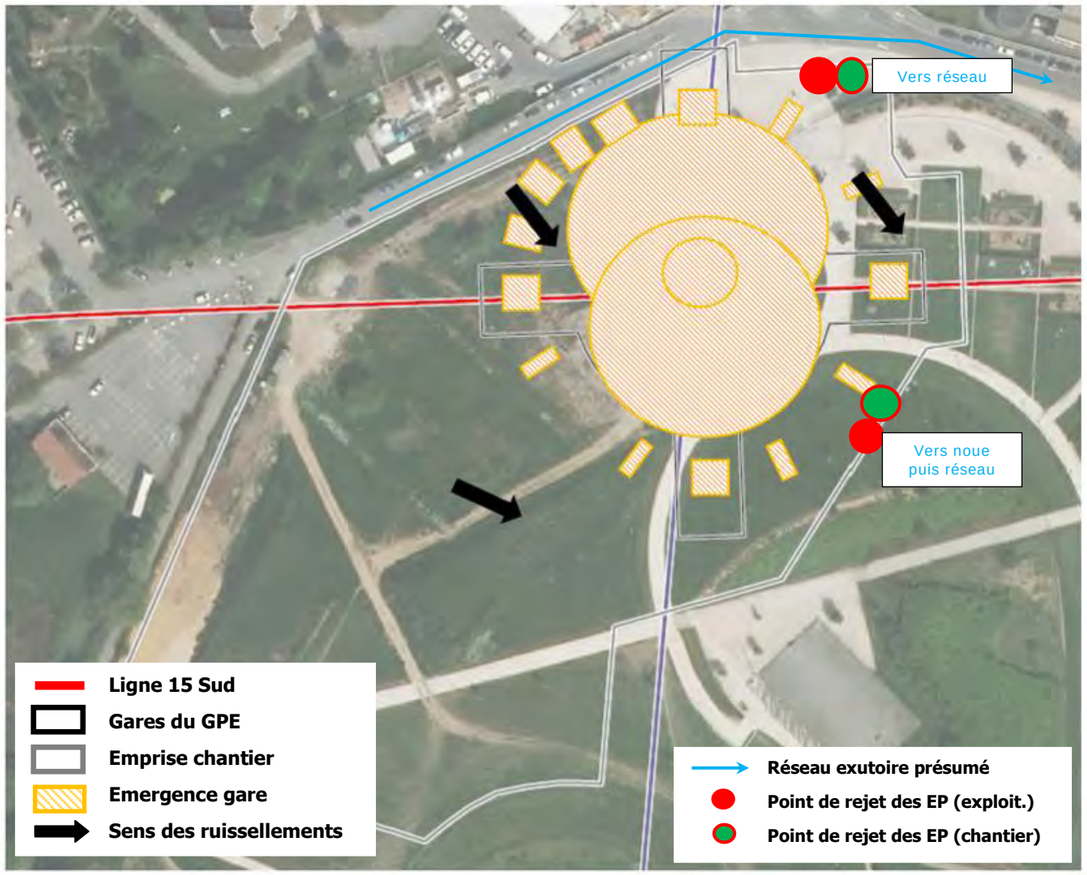
Aujourd'hui marqué par de grandes emprises foncières fermées, étanches aux mouvements de la ville, et ponctué d'éléments saillants hétérogènes qui distendent le tissu du Haut Villejuif, ce territoire va voir demain son urbanité renouvelée par l'implantation de nouveaux équipements et l'arrivée de nouvelles populations. Au cœur de ce dispositif, la future gare IGR articulera le maillage viaire, en créant le lieu de confluence d'un espace public requalifié et augmenté.

Traversée par la Coulée Verte départementale, bordée par la future promenade des Horizons, au contact du Parc des Hautes Bruyères, la future Gare et son parvis offrent de nombreux points de contact avec le paysage, dont elle constitue le barycentre.

Située entre les vallées de la Seine et de la Bièvre, sur le plateau de Longboyau, Villejuif est le point culminant du département du Val-de-Marne et l'un des points les plus hauts de la première couronne parisienne. La configuration topographique, entre coteaux et plateaux, divise la ville en deux entités géographiques, le Haut Villejuif, sur le plateau, et le Bas Villejuif, sur les versants. Le site retenu pour la construction de la Gare se développe sur la frange Ouest, il possède de nombreuses qualités. En effet la parcelle AH395 est libérée de toute construction, elle est à proximité immédiate du Parc des Hautes Bruyères, de l'IGR, et du centre-ville tout en bénéficiant d'une situation exceptionnelle en surplomb de la commune.



Gare de Villejuif IGR – Perspective visualisant l'état futur en phase d'exploitation (source : Société du Grand Paris)



Gare de Villejuif IGR – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP privé Rue E. Vaillant	SADEV	5 L/s/ha

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries, surfaces enrobées	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Toitures+parvis	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.48
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	0.769	0.6152	0.00	0.00
Terrain vague stabilisé	**0,5**	1.795	0.8975	1.282	0.641	0.567	0.5386
Espaces verts	**0,2**	0.769	0.1538	0.513	0.1026	0.00	0.00
Total	**-**	**2.564**	**1.0513**	**2.564**	**1.3588**	**0.567**	**0.5386**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera largement supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant majoritairement occupés d'espaces verts, la présence de sols tassés durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite **Volume de l'ouvrage de rétention à installer**	**Débit de fuite** **Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
5 L/s **82 m³**	**5 L/s** **192 m³ (Toiture et parvis)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend une seule catégorie de surfaces, l'axe de la rue E. Vaillant étant préservé en l'état et la circulation maintenue :

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 724 m^3 pour un rejet au réseau SADEV.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les espaces verts du Parc existant seront remplacés par un vaste parvis minéralisé, entrainant l'augmentation de l'imperméabilisation des sols et l'augmentation des débits à l'exutoire du site.

La gestion des eaux pluviales de cet espace pourra être assurée par un volume de 550 m^3, soit par un bassin de rétention enterré sous le parvis, soit par une noue paysagère implantée à la frontière du projet avec la zone de développement de la ZAC (limite sud-est du site de la gare).

À terme, le rejet au réseau EP de la rue E. Vaillant est prévu, soit en totalité, soit sous forme de trop plein.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets du parvis de la gare.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

Phase chantier

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

Phase exploitation

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un regard à cloison siphoïde muni d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare.

L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 82 m^3 pour un rejet au réseau départemental.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique à cause de l'imperméabilisation liée au parvis.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 192 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde ou une noue de même volume permettant le traitement.

La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique contribue significativement à cette gestion.

Pour autant, la constructibilité au Sud de la gare d'un ensemble immobilier donnant sur le parc aussi que la création de voiries nouvelles devraient améliorer la situation sur la plan hydraulique de ce secteur de la future ZAC Campus Grand Parc.

1.4.4.8 Gare Villejuif Louis Aragon

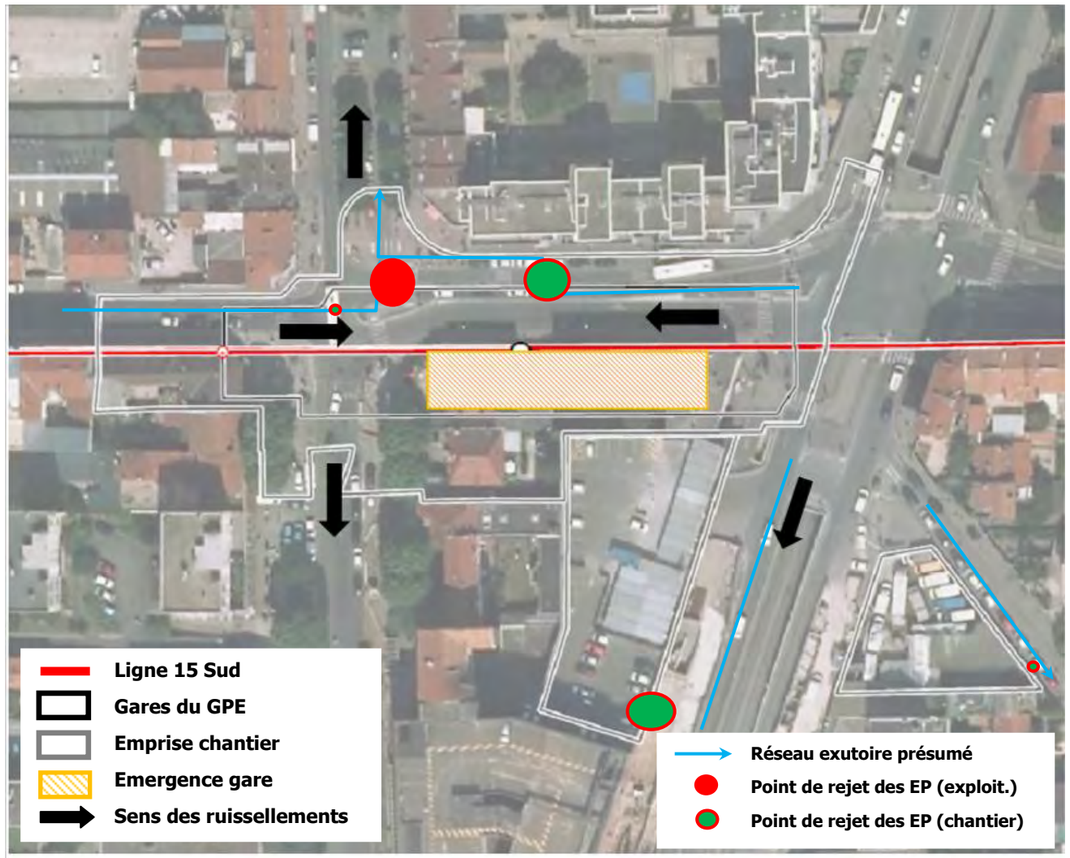
a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare de Villejuif Louis Aragon se situe au sud-est de la commune de Villejuif, dans un environnement dense, mixte et en pleine mutation. Sa proximité avec le centre-ville, un nouveau quartier (la ZAC Aragon) et l'hôpital Guiraud en fera une gare assez fréquentée (environ 7800 voyageurs/HP).

La gare vient s'insérer au nord de l'ilot dit « Aragon », à la place de plusieurs constructions en R+2 et se place ainsi en tête d'un ilot multimodal accueillant le métro terminus de la ligne 7, le tramway T7 (terminus vers Athis-Mons), une gare routière de 9 lignes de bus, ainsi qu'un parking relais de 472 places. De plus, elle s'implante en limite de deux axes routiers importants, l'avenue Louis Aragon (axe est-ouest) et le Boulevard Maxime Gorki (RD7) reliant Villejuif à Paris à la porte d'Italie (axe nord-sud).

L'environnement très urbain et les intermodalités (tramway d'un côté et gare routière de l'autre) ont amené à séparer les entrées de la gare en deux accès de part et d'autre de l'ilot, donnant sur deux carrefours opposés : Aragon/Stalingrad et Aragon/Gorki. Afin d'augmenter sa visibilité et permettre un large apport de lumière naturelle dans les niveaux inférieurs de la gare, les deux accès ont été placés dans une seule grande trémie surmontée d'une émergence vitrée.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau unitaire DN 500 mm Av. L. Aragon	Département – Conseil départemental 94 DSEA	10 L/s/ha
Ovoïde unitaire 2.2x1.3 Rue J. Jaurès	Département – Conseil départemental 94 - DSEA	10 L/s/ha



Gare de Villejuif Louis Aragon – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries+ toitures,	**0,95**	0.4	0.38	0.04	0.038	0.00	0.00
Toitures	**0,95**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.056	0.05
Sols tassés	**0,8**	0.00	0.00	0.32	0.256	0.00	0.00
Terrain vague stabilisé	**0,5**	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00
Total	**-**	**0.4**	**0.38**	**0.4**	**0.314**	**0.056**	**0.05**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant déjà fortement imperméabilisé à l'actuel (zones d'habitations denses, parkings, voiries), la présence de sols tassés durant le chantier va faire diminuer le ruissellement global du site.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite **Volume de l'ouvrage de rétention à installer**	**Débit de fuite** **Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
Le projet n'aggrave pas les ruissellements **Bassin de rétention non nécessaire** **Les eaux de ruissellement seront confinées dans l'emprise**	**5 L/s** **6 m³ (Toitures)**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées. L'avenue Aragon pourra être maintenue avec un sens unique tandis que la rue J. Jaurès sera condamnée lors de certaines phases de travaux.

- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,

- Gestion de la circulation routière et piétonne,

- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,

- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, les voiries sont restituées quasiment à l'identique. L'espace public voirie initial est donc quasiment le même.

La gestion des eaux pluviales de cet espace public reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare, réduit, sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiment existant, ne modifiant pas les débits générés.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau.

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation est améliorée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique. La récupération des eaux de toiture en circuit spécifique y contribue significativement.

1.4.4.9 Gare Vitry Centre

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

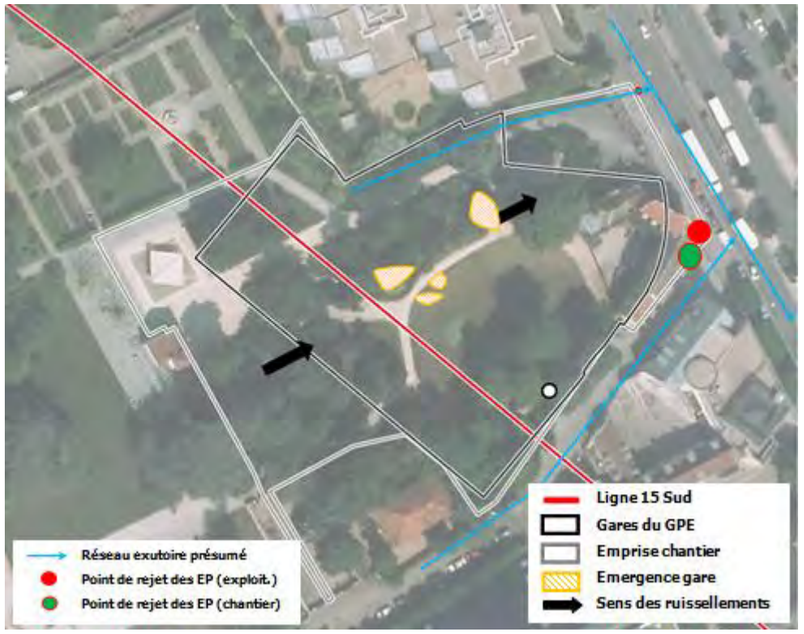
La gare de Vitry Centre est située sur le tronçon sud-est Noisy-Champs/Villejuif Louis-Aragon de la ligne rouge du métro automatique du Grand Paris Express.

Gare de « nouvelle centralité », elle s'implante dans un secteur actuellement dépourvu de réseau ferré. Le territoire qu'elle est appelée à desservir comprend des équipements administratifs (hôtel de ville), sportifs et culturels (le Musée d'Art contemporain du Val-de-Marne : MAC-VAL, le théâtre Jean-Vilar, la bibliothèque Nelson-Mandela).

Située sous le parc du Coteau, la gare s'ouvre sur la RD5 ou avenue Maximilien-Robespierre, le long de laquelle sont prévus divers programmes de ZAC, quartiers d'habitat dense particulièrement concernés par le nouvel équipement.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP Rue E. Tremblay / Av. Robespierre	Commune – Vitry sur Seine	1 L/s/ha *

* Valeur conforme au PLU de Vitry.



Gare de Vitry Centre – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que le site de la gare et son emprise chantier interceptent un bassin versant amont correspondant à la partie haute du Parc du Coteau depuis la rue E. Til, à l'ouest (espaces verts, quelques bâtiments).

La phase chantier la plus préjudiciable correspond à la réalisation de la dalle de la gare, avant le creusement de la gare sous celle-ci.

VIC	**Etat initial**		**Phase chantier**		**Phase exploitation**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.11	0.10	0.36	0.34	0.01	0.00
Toitures	0.09	0.08	0.05	0.05	0.02	0.01
Toitures végétalisées	-	-	-	-	0.48	0.33
Sols tassés	0.24	0.14	0.36	0.21	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	0.09	-	0.04	-
Espaces verts	1.70	0.34	1.26	0.25	1.26	0.25
Total	**2.13**	**0.66**	**2.13**	**0.86**	**1.80**	**0.61**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant principalement occupé par des espaces verts à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement global du site.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

VIC	**Phase chantier**	**Phase exploitation**
Débit de fuite spécifique	1 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	5 L/s	5 L/s
Volume du bassin	35 m^3	192 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, certains axes piétons seront réorganisés.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 616 m^3 pour un rejet au réseau communal.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales de la partie du parc en recouvrement de la gare reste le même : rejet au réseau.

Le parvis de la gare, en sa partie découverte, sera implanté en lieu et place des voiries et bâtiment existant, sur une surface moindre, n'entrainant pas d'aggravation des débits actuels.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. L'emprise chantier étant divisée en plusieurs parties, chaque partie sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 35 m^3 pour un rejet au réseau communal.
- D'un décanteur de type bassin de 145 m² de surface ou d'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

L'emprise concernée par la gare sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 192 m^3 pour un rejet au réseau communal.
- D'un regard à cloison siphoïde.

1.4.4.10 Gare Les Ardoines

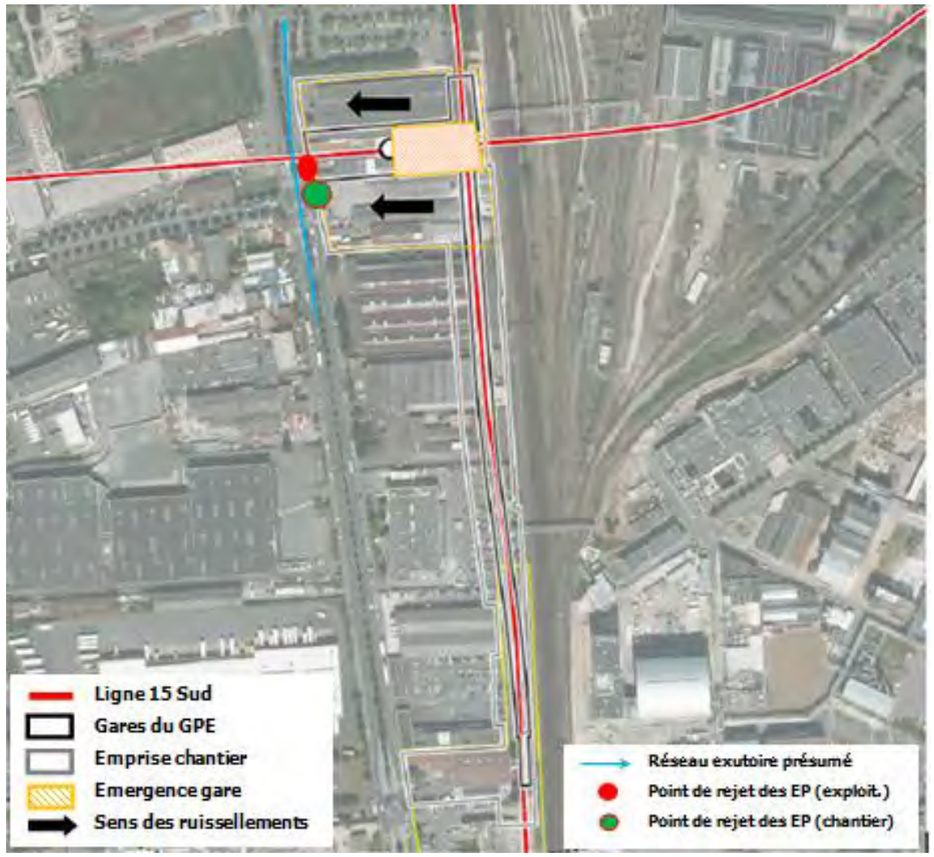
a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

Le terrain d'implantation de gare GPE se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry sur Seine. Elle dessert un tissu urbain contrasté, industriel à l'est et pavillonnaire à l'ouest, voué à se transformer en profondeur dans le cadre du projet d'intérêt national « Orly Rungis Seine Amont » dont fait partie le projet de la ZAC Gare des Ardoines. Ce projet se construira progressivement autour de la nouvelle gare.

La gare actuelle est en connexion avec un réseau de bus existants et un parking relais de plein pied.

Les parcelles où s'implante la future gare sont actuellement occupées par des hangars voués à la démolition.

Le site de la gare situé à l'ouest du réseau ferré est entièrement coupé des territoires est auxquels il n'est relié que par trois passerelles privées. Les deux premières – SNCF – permettent l'accès aux quais du RER et aux halles SNCF (pour le personnel), l'autre plus au sud permet l'accès aux emprises SANOFI.



Gare des Ardoines – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP DN 400 mm Rue L. Geffroy	Commune – Vitry sur Seine	1 L/s/ha *
Réseau EP DN 1800 mm Rue L. Geffroy	Département – Conseil départemental 94 - DSEA	10 L/s/ha

* Valeur conforme au PLU de Vitry.

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

Concernant la phase chantier de la gare des Ardoines, après plusieurs tests, la phase la plus préjudiciable en termes d'imperméabilisation des sols se situe après destruction de l'existant et décapage des sols mais avant la réalisation des terrassements, des tranchées ouvertes et de la pose de la dalle. On a alors uniquement des sols tassés et les zones de base vie (comptées en surfaces enrobées et toitures).

ARD	**Etat initial**		**Phase chantier**		**Phase exploitation**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.27	0.26	0.25	0.24	0.32	0.30
Toitures	1.08	1.03	0.05	0.05	0.55	0.52
Sols tassés	-	-	1.09	0.66	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	-	-	-	-
Espaces verts	0.05	0.01	-	-	-	-
Total	**1.40**	**1.29**	**1.40**	**0.94**	**0.87**	**0.82**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupé par des bâtiments industriels et des voiries/parkings à l'actuel, la présence de sols tassés durant le chantier va entrainer la diminution du ruissellement global du site.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

ARD	**Phase chantier**	**Phase exploitation**
Débit de fuite spécifique	10 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	Pas d'accroissement	9 L/s
Volume du bassin en phase chantier		230 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales du site reste le même : rejet au réseau de la rue L. Geffroy.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur. Les débits seront inférieurs en phase d'exploitation par rapport à l'état actuel.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau**.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 35 m^3 pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

L'emprise concernée par la gare sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 230 m^3 pour un rejet au réseau.

- D'un regard à cloison siphoïde.

1.4.4.11 Gare Le Vert de Maisons

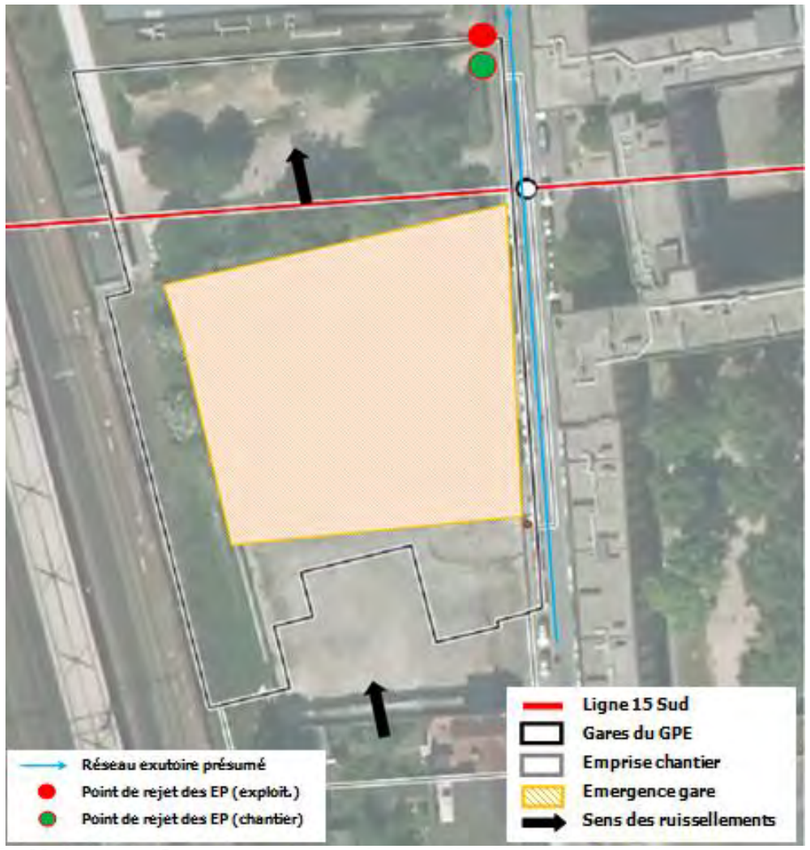
a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

Située sur le territoire des communes d'Alfortville et de Maisons-Alfort (94), le Vert de Maisons est une gare ferroviaire de la ligne Paris-Lyon à Marseille-Saint-Charles. .

Côté Alfortville, à l'ouest, le tissu urbain à proximité de la gare est divers, à la fois composé de petits pavillons à proximité immédiate, mêlés à de grands ensembles dans un périmètre plus vaste. Ces derniers font aujourd'hui l'objet de projets de rénovation urbaine. Côté Maisons-Alfort, le parvis de la gare, sur lequel sera insérée la partie émergente de la gare est entouré d'ensembles de logements collectifs, d'un immeuble de bureaux et d'une zone en friche (après démolition récente de bâtiments industriels) côté sud.

La gare est constituée comme suit :

- accès au quai central : réalisé par deux passages souterrains servant également de passages publics en extrémité nord et sud de la gare,
- accès secondaire de jour et de nuit du quai 1 (quai de secours) depuis le square de la Liberté.



Gare de Vert de Maisons – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau d'assainissement DN 300 mm Av. de la Liberté	Département – Conseil départemental 94 - DSEA	10 L/s/ha

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

VDM	**Etat initial**		**Phase chantier**		**Phase exploitation**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.13	0.12	0.12	0.11	-	-
Toitures	0.04	0.04	-	-	0.40	0.38
Sols tassés	0.26	0.16	0.53	0.32	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	-	-	-	-
Espaces verts	0.22	0.04	-	-	-	-
Total	**0.65**	**0.36**	**0.65**	**0.43**	**0.40**	**0.38**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupés par une surface représentative d'espaces verts, la présence de sols tassés en substitution durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

VDM	**Phase chantier**	**Phase exploitation**
Débit de fuite spécifique	10 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	5 L/s	5 L/s
Volume du bassin en phase chantier	7 m^3	93 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 7 m^3 pour un rejet au réseau DSEA.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, le projet entraine l'augmentation de l'imperméabilisation des sols et l'augmentation des débits à l'exutoire du site.

Il sera nécessaire de prévoir un ouvrage de rétention permettant de réguler les débits rejetés au réseau de l'Avenue de la Liberté.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets des voiries, toitures et parvis de la gare.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

Phase exploitation

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

*Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 7 m^3 pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

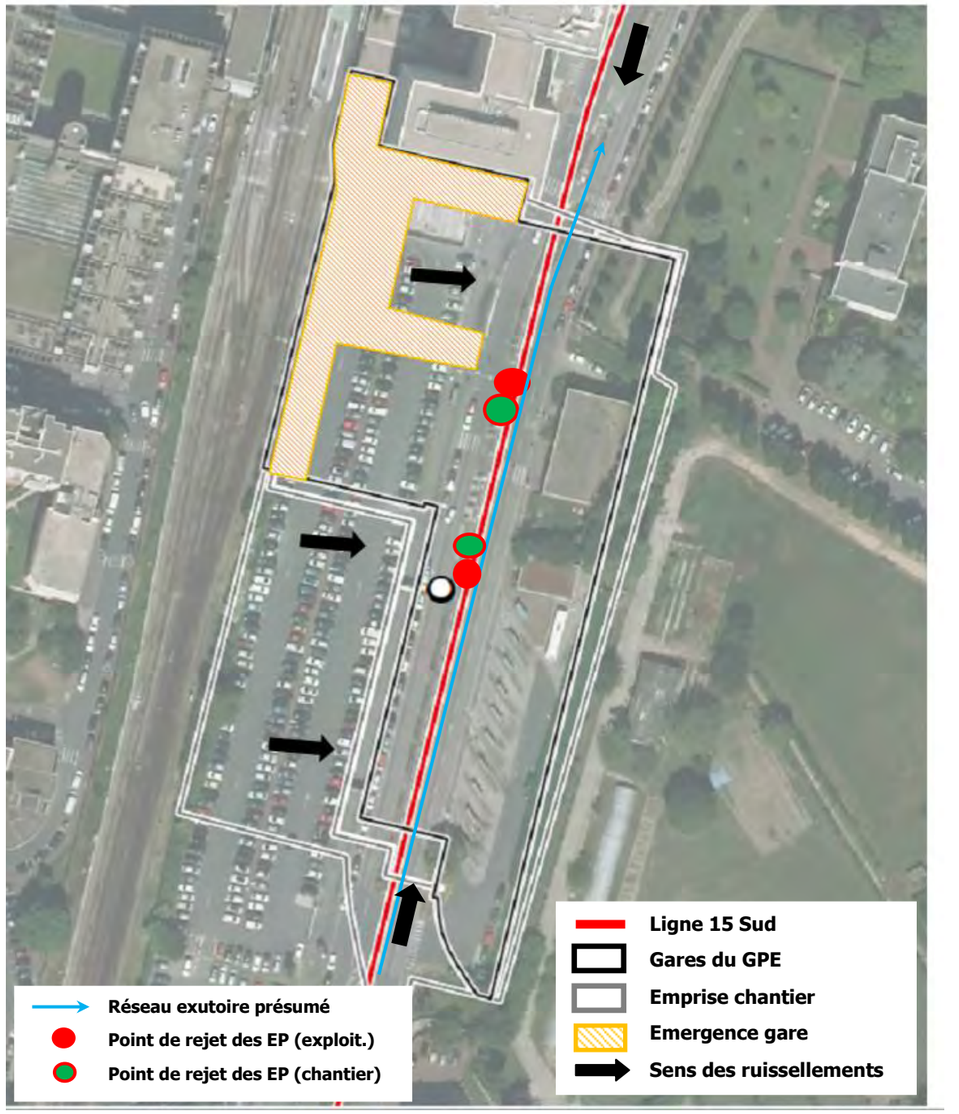
Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 93 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

1.4.4.12 Gare Créteil l'Echat

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La nouvelle gare de Créteil l'Echât est une gare de nouvelle centralité qui, telle une pièce de puzzle ou pièce d'union, unit différentes entités programmatiques éloignées dans le quartier qu'elle renvoie vers son parvis. La nouvelle place ainsi créée devant la gare connectera les usagers vers la future entrée de l'hôpital Henri Mondor et les quartiers situés à l'est de la nouvelle gare.



Gare de Créteil l'Echat – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau d'assainissement DN 400/500 mm Av. G. Eiffel	Commune de Créteil	5 L/s/ha

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

CLE	**Etat initial**		**Phase chantier**		**Phase exploitation**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	1.36	1.29	0.74	0.70	-	-
Toitures	0.07	0.07	0.03	0.03	0.34	0.32
Sols tassés	-	-	0.64	0.38	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	-	-	-	-
Espaces verts	0.16	0.03	-	-	-	-
Total	**1.58**	**1.38**	**1.41**	**1.12**	**0.34**	**0.32**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Seine n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

CLE	**Phase chantier**	**Phase exploitation**
Débit de fuite spécifique	5 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	Pas d'accroisement	5 L/s
Volume du bassin en phase chantier		73 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit nouvellement créées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pour partie pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins. Le reste de la zone chantier s'assoit sur les parkings et arrêts de bus existant.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 73 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau..

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

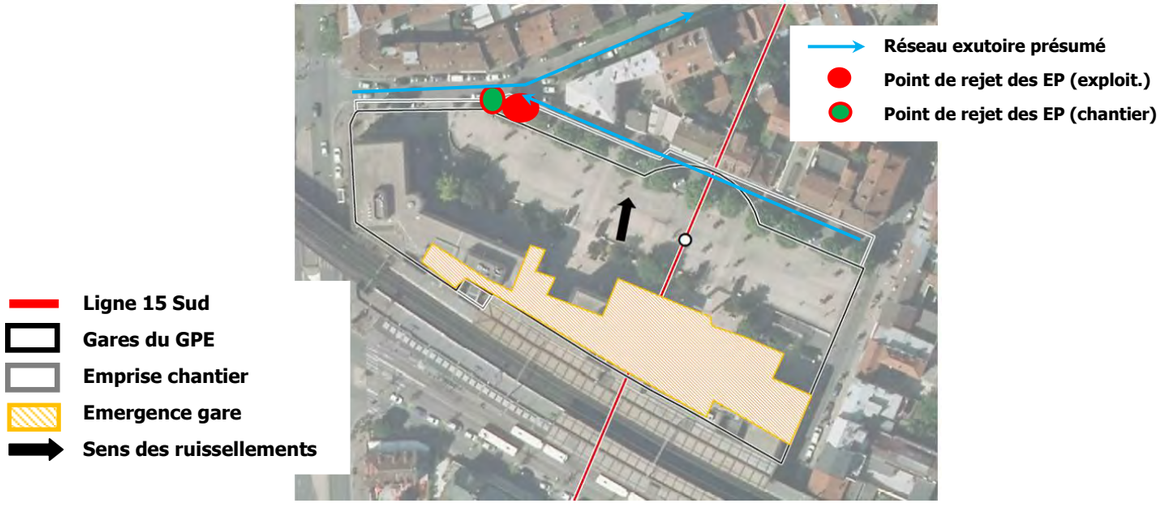
La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 73 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

1.4.4.13 Gare Saint-Maur Créteil

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

Le terrain d'implantation de gare Saint-Maur-Créteil se situe en bordure de la voie du RER A sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. Le site comprend un vaste immeuble de bureaux surplombant la place dite « Parvis de Saint-Maur. L'environnement général du site est de type zone d'habitation de centre-ville.

La gare remplacera l'immeuble de bureaux qui sera démoli pour les besoins de l'infrastructure de transport, afin de permettre l'implantation du hall voyageurs de la gare.
Par ailleurs, l'émergence gare assurera la continuité du lien existant de manière à conserver une fluidité entre gare routière et parvis. Au-delà de la fonctionnalité et d'une bonne organisation des espaces de distribution du bâtiment voyageurs, son insertion dans le quartier nécessitera la requalification du lien de ville et de la façade côté gare routière.
La gare de Saint-Maur Créteil deviendra alors une gare de proximité à l'échelle de son quartier.



Gare de Saint-Maur-Créteil – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau d'assainissement DN 400/600 mm Rue Bobillot	Commune de Saint Maur des Fossés	5 L/s/ha
Ovoïde unitaire 1.8x1.0 Av. Desgenettes	Département – Conseil départemental 94 - DSEA	10 L/s/ha

b. *Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation*

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

SMC	**Etat initial**		**Phase chantier**		**Phase exploitation**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.62	0.58	-	-	-	-
Toitures	0.24	0.23	-	-	0.13	0.12
Toitures végétalisées	-	-	-	-	0.06	0.04
Sols tassés	-	-	0.86	0.52	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	-	-	-	-
Espaces verts	-	-	-	-	-	-
Total	**0.86**	**0.81**	**0.86**	**0.52**	**0.19**	**0.17**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

SMC	**Phase chantier**	**Phase exploitation**	**Phase chantier**	**Phase exploitation**
Débit de fuite spécifique	5 L/s/ha (commune)		10 L/s/ha (département)	
Débit de l'ouvrage	Pas d'accroissement	5 L/s	Pas d'accroissement	5 L/s
Volume du bassin en phase chantier		26 m^3		26 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier est divisée en deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées.
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, la surface active et les débits seront diminués par rapport à l'état initial.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 26 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau. D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 26 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

1.4.4.14 Gare Champigny Centre

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

La gare de Champigny Centre s'implante sur un site positionné dans un territoire urbain préexistant situé à 700 m à l'Ouest du centre-ville de Champigny. Le terrain choisi était jusqu'alors dédié aux services techniques de la ville.

Caractéristique des communes de l'Est parisien, l'environnement urbain de la gare se compose d'une grande diversité de fonctions et de typologies de construction, associant immeubles de rapport d'avant-guerre (R+4), ensembles de logements de la seconde moitié du 20ème siècle (R+5/R+7), locaux de commerces et d'activités (RDC/R+1), pavillons particuliers et maisons en meulière.

Le contexte urbain de la future gare présente un caractère hétéroclite et épars, voué à être revalorisé et densifié avec l'arrivée de la gare du GPE. À l'Ouest, le projet de reconversion de l'usine de la Boulonnerie en ensembles de logements collectifs de hauteur R+5 à R+8 sera vecteur de densité à proximité immédiate de la gare. À l'Est du talus ferroviaire, la reconstruction du temple couplé à la création de nouveaux logements collectifs est à l'étude. La collectivité a également acquis un pavillon faisant face à la future gare et envisage l'acquisition du garage voisin.

Le paysage urbain est marqué par l'omniprésence des voies ferrées de fret qui traversent la commune du Nord au Sud. Elle délimite le site à l'Est par un talus ferroviaire de 10m de haut. Ses flancs sont largement végétalisés et constituent la présence végétale la plus marquante du site.

Le site est desservi par l'axe routier principal de la ville, l'avenue Roger Salengro (ex-RD4), orienté Est-Ouest. Cet axe est planté de tilleuls taillés en marquise dont la présence ponctuelle contraste avec les masses végétales qui couvrent le talus ferroviaire.

Au droit de la future gare, un pont-rail assure le franchissement de l'Avenue Roger-Salengro et fabrique une figure singulière et identitaire du site choisi ; une voûte parée de pierres meulière. Elle forme une porte monumentale à proximité de la future gare.

Le territoire de Champigny est délimité, au nord comme au sud par la Marne. La parcelle de la gare est reliée à la Marne (à 600m) par la rue de la Plage. Si le site n'est pas directement ouvert sur les paysages de bords de Marne, ces derniers marquent les esprits et l'histoire des lieux.



Gare de Champigny Centre – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Ovoïde unitaire 2.3x1.3 RD 4	Département – Conseil départemental 94 - DSEA	10 L/s/ha

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

CHC	Etat initial		Phase chantier		Phase exploitation	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.88	0.84	0.10	0.09	0.19	0.18
Toitures	0.26	0.24	0.04	0.04	0.33	0.31
Sols tassés	-	-	0.95	0.57	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	-	-	-	-
Espaces verts	0.11	0.02	-	-	-	-
Total	**1.24**	**1.10**	**1.09**	**0.70**	**0.52**	**0.49**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera légèrement inférieure à celle de l'état initial, générant des débits équivalents à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupés par une surface majoritaire de voiries/parkings et bâtiments d'une part et quelques espaces verts d'autre part, la présence de sols tassés en substitution durant le chantier va entrainer une légère diminution du ruissellement global.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

CHC	Phase chantier	Phase exploitation
Débit de fuite spécifique	10 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	Pas d'accroissement	5 L/s
Volume du bassin en phase chantier		137 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée de manière à pouvoir confiner les eaux de ruissellement dans l'emprise. Les eaux seront dirigée vers une bâche connectée au système de traitement, lui-même connecté au réseau pour un débit de 5l/s.La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 137 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Néanmoins, les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte située au point bas topographique et connectée au réseau.
- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 137 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

1.4.4.15 Gare Bry-Villiers-Champigny

f. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

Le projet de gare fait partie d'un site en devenir à la jonction des 3 communes de Champigny-sur-Marne, Bry-sur-Marne et Villiers-sur-Marne. Elles représentent une large réserve foncière initialement constituée pour la création de l'A85/VDO. Ce vaste plateau, éloigné des centres urbains, est morcelé par des infrastructures routières et ferrées :

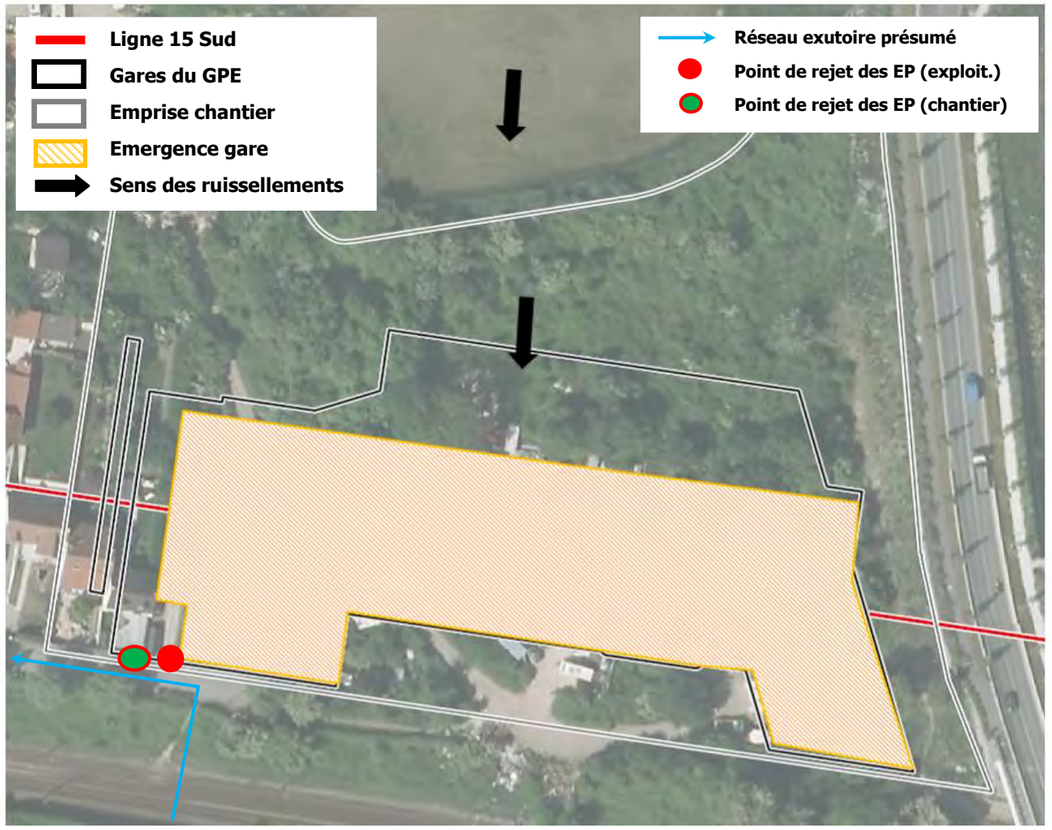
- au Sud, le faisceau ferré existant qui accueille notamment la circulation de trains de la ligne E du RER et des Transiliens,
- au Nord, l'autoroute A4,
- à l'Est, le boulevard Jean Monnet (RD10).

Le site choisi n'est pas construit. Il est jouxté au Nord par un practice de golf, à l'Est par un tissu commercial accueillant Bricorama et IKEA et à l'Ouest, le long des voies ferrées, par un tissu pavillonnaire de faible envergure. Sa desserte est actuellement très sommaire et se fait par un réseau viaire limité. Les différences altimétriques liées à la topographie du lieu et la présence des voies ferrées complexifient également l'accès. Seul le chemin des Boutareines, en passage sous l'ouvrage existant de franchissement des voies ferrées permet l'accès au terrain naturel.

La desserte du site va être accrue par la création d'une nouvelle gare sur le réseau RFF (RER E et Transiliens) au droit de l'arrêt du GPE. Ce territoire, nouvellement desservi, est promis à un développement urbain d'envergure.

Un vaste quartier, au travers de différentes ZAC, est en réflexion depuis plusieurs années. EPAMARNE, en charge des études, projette notamment la création de près de 140 000 m² de surface bâtie, mêlant espaces commerciaux et logements autour d'une nouvelle trame.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP DN > 600 mm Rue des Hautes Bonne Eau	Commune de Champigny sur Marne	5 L/s/ha



Gare de Bry-Villiers-Champigny – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

g. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que l'emprise de la gare et du chantier intercepte un bassin versant amont correspondant à une partie des terrains de golf situés au-dessus du site de projet. Ce bassin versant amont présente une surface d'environ 2.5 ha occupés par des espaces verts.

La phase chantier la plus préjudiciable correspond à la réalisation de la dalle de liaisonnement et au terrassement des plateformes et talus (terres tassées).

BVC	**Etat initial**		**Phase chantier**		**Phase exploitation**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.25	0.24	0.21	0.20	0.25	0.24
Toitures	0.05	0.05	0.04	0.04	0.79	0.75
Sols tassés	0.09	0.05	1.34	0.81	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	-	-	-	-
Espaces verts	3.74	0.75	2.53	0.51	2.50	0.50
Total	**4.13**	**1.09**	**4.13**	**1.56**	**3.54**	**1.49**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

BVC	**Phase chantier**	**Phase exploitation**
Débit de fuite spécifique	5 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	5 L/s	17.7 L/s
Volume du bassin en phase chantier	130 m^3	388 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

h. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Défrichement et abattage d'arbres,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- (Dévoiement des réseaux de surface)

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 130 m^3 pour un rejet au réseau communal.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 388 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets des voiries et parvis de la gare, ainsi que les eaux de ruissellement provenant du bassin versant amont.

i. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales :

Phase chantier

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

Phase exploitation

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau.

j. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 130 m^3 pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 388 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

1.4.4.16 Gare Noisy-Champs

a. *Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage*

La gare emblématique de Noisy Champs, sur le réseau du Grand Paris Express, prend place dans un territoire situé à la limite des communes de Noisy le Grand et de Champs sur Marne, dans un contexte urbain et paysager en pleine mutation. En correspondance avec le RER A, elle est une station d'interconnexion majeure de la métropole, offrant une grande richesse de destinations possibles.

L'arrivée du nouveau pôle multimodal est le moteur d'un ambitieux projet de restructuration du boulevard du Rû de Nesles et de ses abords, pour composer un nouveau quartier autour de la gare, et de part et d'autre du boulevard.

La gare est au centre d'une place, lieu de continuités urbaines et végétales, où se croisent les liaisons principales du site : le mail des étudiants, les promenades arborées et les cheminements piétons depuis les boulevards et les quartiers riverains.

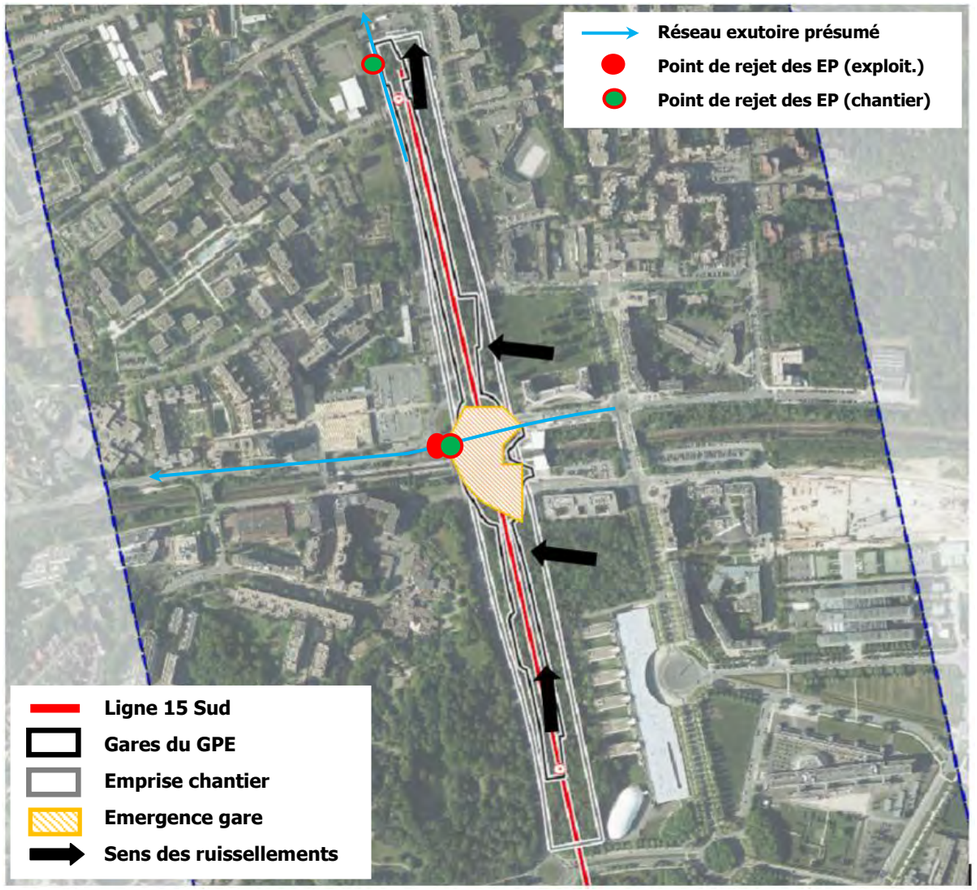
Elle est le cœur d'un système d'intermodalité forte des transports, qui organise la circulation de surface en proposant un nouveau partage de l'espace public au profit des piétons, des autobus et des circulations douces et interconnecte les modes de déplacement urbain avec les réseaux ferrés des lignes des métros 15, 16 et demain 11 et avec le RER A.

Placée dans l'axe du futur boulevard du Ru de Nesle, la gare est parfaitement repérable dans le paysage urbain.

Son émergence est formée de deux spirales coniques qui se déploient depuis deux directions opposées et se réunissent en s'élevant au sommet, au centre de la gare.

Un environnement végétal très présent marque aujourd'hui le site. Cette caractéristique est un des axes de la conception qui se traduit par l'inscription de la gare dans un écrin végétal.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP DN 300 et/ou 400 mm Rue des Hauts Chateaux / rue Archimède	Communes	5 L/s/ha



Gare de Noisy-Champs – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que la gare et l'emprise chantier associée interceptent un bassin versant amont d'une surface d'environ 2.18 ha constituée d'espaces verts et boisés localisés en bordure est de l'emprise chantier (espaces verts situés entre l'avenue Ampère et l'emprise chantier).

Concernant la gare de Noisy-Champs, la phase chantier la plus préjudiciable est en considérant :

- la gare et les avant et arrière gare en tranchée ouverte (ou avec dalle située sous le niveau du terrain naturel),
- le bassin versant "espaces verts" situé en amont,
- des zones imperméabilisées pour la base vie et les zones de stockage spécifiques (tunnelier, ferraillage, etc.),
- des terres tassées sur le reste.

NCH	Etat initial		Phase chantier		Phase exploitation	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.63	0.60	0.29	0.28	-	-
Toitures	-	-	0.15	0.15	1.09	1.04
Sols tassés	-	-	4.34	2.60	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	3.22	-	-	-
Espaces verts	9.55	1.91	2.18	0.44	-	-
Total	**10.19**	**2.51**	**10.19**	**3.46**	**1.09**	**1.04**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Le rejet à la Marne n'est pas envisageable du fait de la distance de la gare au fleuve.

NCH	Phase chantier	Phase exploitation
Débit de fuite spécifique	5 L/s/ha	
Débit de l'ouvrage	5 L/s	5.5 L/s
Volume du bassin en phase chantier	320 m^3	344 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit sur une nouvelle voie,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Défrichage et abattage d'arbres,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 320 m^3 pour un rejet au réseau communal.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, le projet entraine une légère augmentation de l'imperméabilisation due à la création du parvis de la gare. Les voiries publiques initiales seront restituées comme à l'état initial.

Toutefois, une rétention des eaux pluviales de la partie imperméabilisée de la gare doit être mise en place conformément à la méthodologie appliquée. Les eaux pluviales des espaces verts seront gérées indépendamment par infiltration et évaporation, sans mélange avec les eaux de voiries existantes ou nouvelles.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales est très proche de la gestion initiale du secteur, mais nécessite de prévoir une rétention avec régulation des rejets au réseau de Noisy-le-Grand et/ou de Champs-sur-Marne.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

Phase chantier

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

Phase exploitation

En phase d'exploitation, la situation nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention. Cet ouvrage sera équipé d'un ou plusieurs regards à cloison siphoïde munis d'une fosse de décantation.

La surface desservie est un parvis piétonnier pour l'essentiel. La charge polluante des eaux pluviales est faible par rapport aux eaux issues de chantier. Ce type de regard est habituellement mis en œuvre dans cette configuration. Il permet de retenir les flottants et la fosse de décantation a une action de décantation complémentaire à celle réalisée par le bassin ou la noue. Le rejet reste compatible avec l'exigence du gestionnaire de réseau.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 344 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau.

e. Conclusion

Phase chantier

L'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 320 m^3 pour un rejet au réseau communal.

- D'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

La gestion des eaux pluviales nécessite un ouvrage de rétention de 344 m^3 équipé de regards à cloison siphoïde permettant le traitement.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

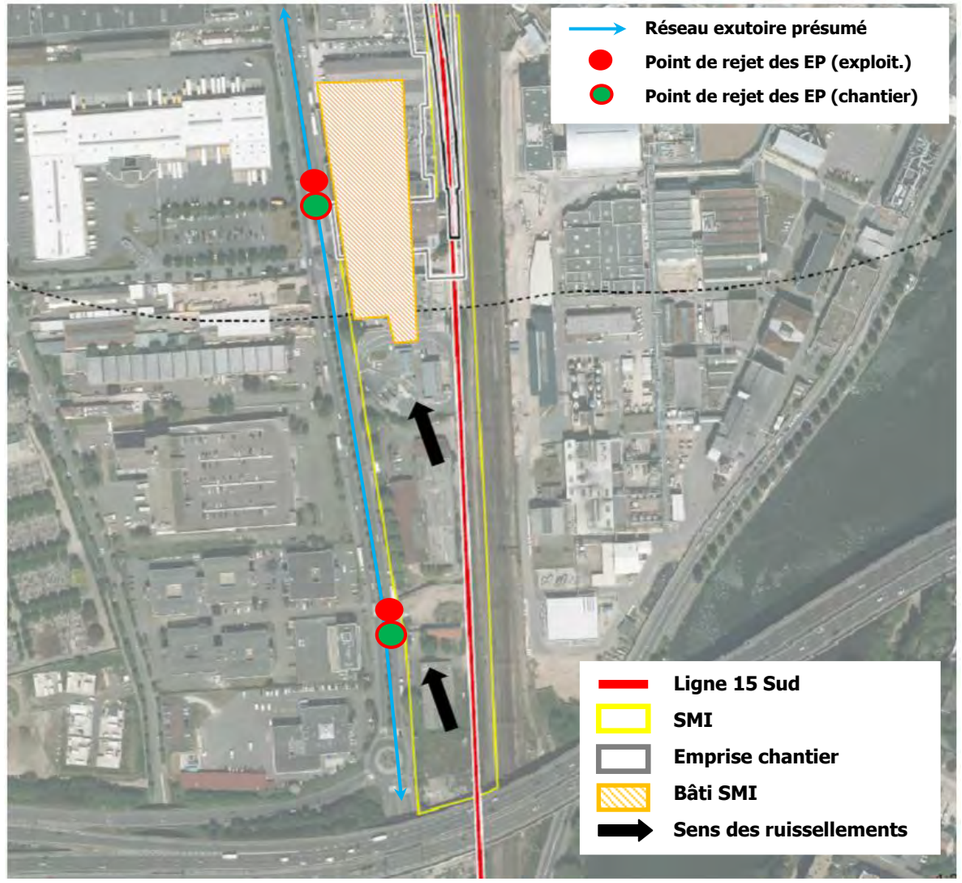
1.4.5 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les sites de maintenance

1.4.5.1 SMI de Vitry

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

Le SMI est localisé entre la rue L. Geffroy et la voie de RER à Vitry-sur-Seine, directement au sud de la gare GPE des Ardoines. Le site fait partie de la ZAC des Ardoines gérées par EPA ORSA et dont la fiche de prescriptions impose un débit de fuite maximal de 1 l/s/ha pour les entités de plus de 1 ha et un calcul avec une période de retour de 20 ans.

Le projet consiste en la démolition des bâtiments présents, la dépollution des sols, le dévoiement des réseaux, opérations préalables à la création des voiries et bâtiments du SMI.



SMI de Vitry-sur-Seine – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP DN 1800 mm Rue L. Geffroy	Département – Conseil départemental 94 - DSEA	10 L/s/ha

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que la gestion des eaux du SMI est différente de celle des gares. En effet, dans le cas des sites de maintenance, les eaux pluviales provenant des toitures sont également prises en compte.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries, surfaces enrobées	**0,95**	2.06	1.95	2.10	2.00	4.10	3.90
Toitures	**0,95**	0.84	0.80	0.00	0.00		
Sols tassés	**0,8**	0.39	0.31	2.00	1.60	0.00	0.00
Espaces verts	**0,2**	0.82	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	**-**	**4.10**	**3.23**	**4.10**	**3.60**	**4.10**	**3.90**

Données hydrologiques servant de base aux calculs. La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le site étant occupés par une surface représentative d'espaces verts/friche, la présence de sols tassés en substitution durant le chantier va entrainer l'augmentation du ruissellement.

Lors de la phase d'exploitation, la surface active sera supérieure à celle de l'état initial, augmentant les débits évalués à l'exutoire du projet.

Données d'entrée		État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite maximum autorisé	**Période de retour de la pluie retenue**	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
1L/s/ha	**20 ans**	**4,1 L/s 3760 m³**	**4,1 L/s 4120 m³**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

c. Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Défrichement et abattage d'arbres,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dépollution,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 3 760 m³ pour un rejet au réseau communal.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau.

La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

En phase d'exploitation, comme indiqué ci-dessus, le projet entraine l'augmentation de l'imperméabilisation des sols et l'augmentation des débits à l'exutoire du site.

Il sera nécessaire de prévoir un ouvrage de rétention permettant de réguler les débits rejetés au réseau de la rue L. Geffroy.

En phase d'exploitation, la gestion des eaux pluviales nécessite la mise en place d'un ouvrage de rétention pour réguler les rejets des voiries et des bâtiments du SMI.

d. *Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation*

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

Phase chantier

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

*Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

Phase exploitation

En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).

*Dans ces conditions, le rejet du projet respectera les critères de qualité pour les rejets pluviaux en réseau***.**

e. *Conclusion*

Phase chantier

La phase chantier conduit à une dégradation des caractéristiques hydrauliques de l'emprise de la gare. Les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 3 760 m^3 pour un rejet au réseau communal.

- D'un bassin de décantation de 839 m² ou d'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Une fois les travaux terminés, la situation reste dégradée par rapport à la situation initiale sur le plan hydraulique.

L'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâches est de 4 120 m^3 pour un rejet au réseau communal.

- D'un bassin de décantation de 888 m² ou d'un décanteur lamellaire permettant d'abattre 85 % du taux de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

1.4.5.2 SMR de Champigny

a. Occupation du sol actuelle et caractéristiques de l'ouvrage

Le SMR est localisé à 300 m au sud de la gare GPE de Bry-Villiers-Champigny. Le site est limité au sud par la rue de Bernaü, à l'ouest par les avenue A. Croizat et B. Frachon.
Le site empiète sur un tronçon de la rue A. Fourny.

Le projet est organisé en six grands secteurs, positionnés essentiellement sur le niveau rez-de-voie:

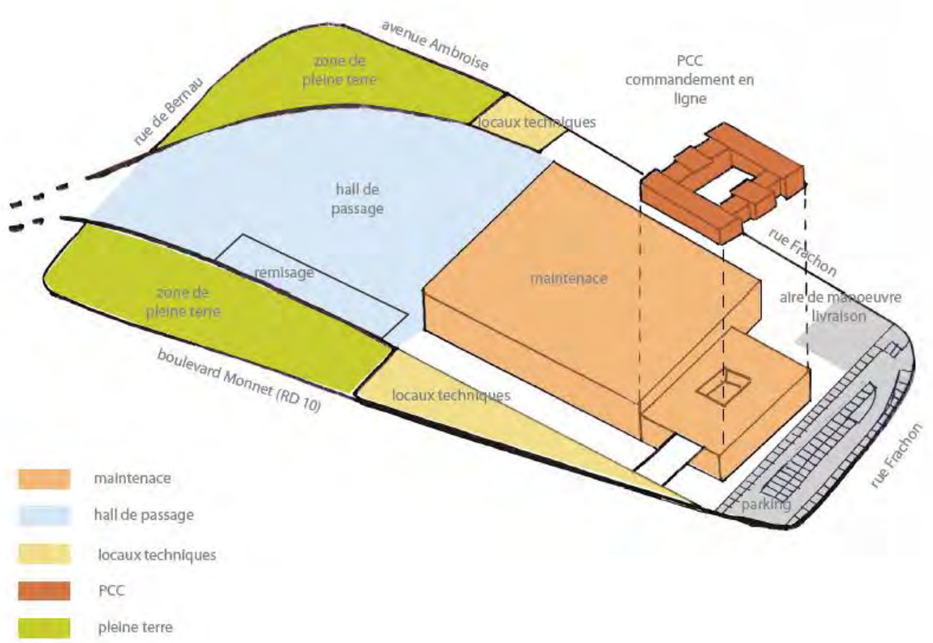
- les positions d'échange, position de passage et hall de remisage,
- les ateliers de maintenance,
- le socle de maintenance,
- le bâtiment d'accueil, bureaux opérationnels, locaux d'accompagnement et espaces du commandement,
- les locaux techniques,
- les espaces extérieurs.

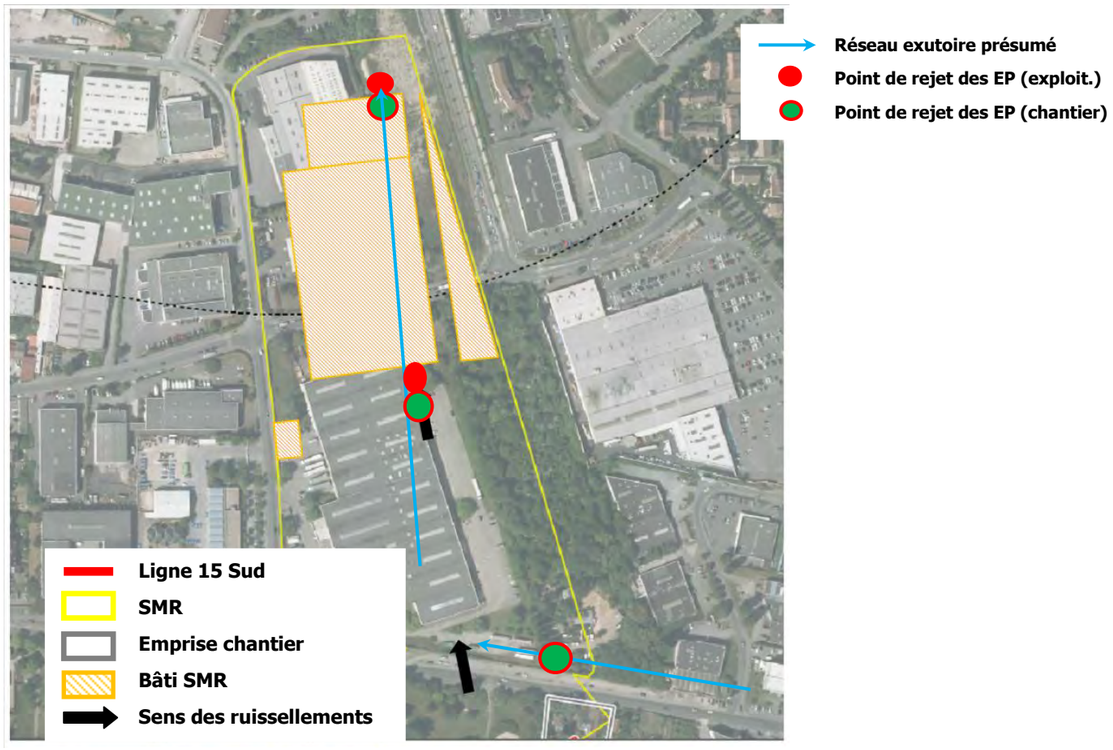
Le Conseil départemental du Val de Marne prévoit de réaliser d'importants travaux de gestion des eaux pluviales dans le secteur du SMR Champigny.

Il prévoit notamment des ouvrages sur le secteur du Ru de la Lande, en particulier un bassin de rétention au lieu-dit « La Bonne Eau ». Cet ouvrage est situé à environ 300 m au nord du SMR.

La conception de cet ouvrage intègre le projet de SMR : les eaux pluviales pourront y être rejetée sous certaines conditions, la principale étant une diminution de la surface active du site concerné.

SMR de Champigny-sur-Marne – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.





Gestion actuelle du réseau existant		
Réseaux existants identifiés	**Gestionnaires**	**Débit de fuite maximum autorisé (L/s)**
Réseau EP Av. A. Croizat Rue B. Frachon	Commune de Champigny sur Marne	5 L/s/ha

b. Calcul des volumes de rétention à prévoir pour la gestion des eaux pluviales en phase chantier et en phase d'exploitation

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que la gestion des eaux du SMR est différente de celle des gares. En effet, dans le cas des sites de maintenance, les eaux pluviales provenant des toitures sont également prises en compte.

Dans le cas du SMR, un bassin versant amont est intercepté. Il correspond à 3,4 ha du Parc du Plateau au sud du SMR.

En outre, le projet d'aménagement prévoit la création de toitures végétalisées et un traitement végétal des surfaces (hall de passage). A ce stade de l'étude, le projet n'étant pas complètement définitif, ces aménagements qui ont pour avantage de limiter les ruissellements à la base et les débits rejetés à l'exutoire ne sont pas pris en compte.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries, surfaces enrobées	**0,95**	0,14	0.13	0.50	0.48	1.08	1.03
Toitures	**0,95**	5.08	4.83	0.00	0.00	2.80	2.66
Toitures végétalisées	**0.43**	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	0.86
Sols tassés	**0,6**	0.00	0.00	9.01	5.41	0.00	0.00
Surfaces béton poreux	**0.6**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.10
Espaces verts - Bois	**0,1**	1.21	0.12	0.15	0.01	0.15	0.01
Espaces verts - Prairie	**0,2**	1,94	0.39	0.00	0.00	2.19	0.44
Bassin versant amont - Voirie	**0,95**	0.36	0.34	0.00	0.00	0.36	0.34
Bassin versant amont - Parc	**0,2**	3.04	0.61	2.11	0.42	3.04	0.61
Total	**-**	**11.77**	**6.42**	**11.77**	**6.32**	**11.77**	**6.05**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieureà celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. Lors de la phase d'exploitation, la surface active sera inférieure à celle de l'état initial, diminuant les débits évalués à l'exutoire du projet.

Le projet respecte donc bien la demande du Conseil départemental.

Le tableau ci-dessous est théorique, au moins en phase exploitation, car le volume sera intégré au bassin de La Bonne Eau du Conseil départemental.

Données d'entrée		État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite maximum autorisé	**Période de retour de la pluie retenue**	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
5 L/s/ha	**10 ans**	**48,3 L/s1 880 m³**	**19,4 L/s1 493 m³**
5 l/s/ha	**2 ans**	**48,3 L/s 1 130 m³**	**19,41L/s 896 m³**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

À noter qu'en fonction du projet définitif de traitement des surfaces et des toitures et de la mise en œuvre de la récupération des eaux pluviales, les volumes de rétention pourront être réajustés significativement.

Le volume global pourra être « dispatché » sur des toitures stockantes, des noues paysagères, etc., dont apparaître comme significativement plus faible, l'idée étant de respecter le débit de fuite de rejet au réseau et un volume de rétention adapté pour une pluie de période de retour 10 ans.

c. *Présentation des ouvrages de rétention prévus pour la phase chantier et la phase d'exploitation*

La gestion des eaux pluviales pendant la phase chantier :

L'emprise chantier comprend deux catégories de surfaces :

- Les voiries : la circulation est maintenue, soit sur des voies identiques ou légèrement déplacées, soit une nouvelle voie,
- Les zones de chantier proprement dites : ces zones ne sont pas revêtues et présentent des sols tassés par la circulation des engins,
- Des espaces verts résiduels et la partie du bassin versant amont non impactée par l'emprise chantier.

Le chantier démarre par les opérations préparatoires successives suivantes :

- Mise en place des installations nécessaires au fonctionnement du chantier au niveau des espaces verts de l'échangeur : base vie, zones de stockage,
- Gestion de la circulation routière et piétonne,
- Déconstruction des bâtiments situés dans l'emprise chantier,
- Dévoiement des réseaux de surface,

Chaque partie de l'emprise sera équipée d'un ouvrage de collecte et de gestion des eaux pluviales qui sera une bâche temporaire de volume calculé au prorata de la surface desservie, située au point bas et connectée à l'un des points de rejet identifié sur la figure précédente. La

somme des volumes unitaires est égale au volume de phase chantier indiqué ci-dessus, soit 2 765 m^3 pour un rejet au réseau communal.

La gestion des eaux pluviales en phase chantier repose donc sur un rejet global régulé au réseau. La surface à prendre en compte est de 9,66 ha. .La gestion des eaux pluviales pendant la phase d'exploitation :

Le bassin versant amont n'est pas intégré au calcul car il est restitué à l'identique en phase d'exploitation.

En phase d'exploitation, le projet entraine une diminution de l'imperméabilisation des sols. Cette amélioration est klargement due à l'utilisation de surfaces perméables en béton poreux et des toitures végétalisées sur une surface importante.

La régulation nécessaire porte sur les eaux de voirie et de toiture non végétalisée qu'il est prévu de rejeter au réseau. La surface concernée est de 3,88 ha.

d. Évaluation des impacts et mesures de réduction de la pollution chronique en phase chantier et en phase d'exploitation

Le principe général de l'évaluation des impacts a été présenté dans la stratégie générale de la gestion qualitative des eaux pluviales.

Phase chantier

L'objectif étant d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique en phase chantier, l'ouvrage de décantation doit disposer d'une surface de 1385 m² en phase chantier. Au vu de la surface nécessaire, il semble plus opportun de recourir à la mise en place d'un ou plusieurs décanteurs lamellaires.

État initial				État phase chantier (2 ans)			
Surface active (ha)	Tc (min)	i (mm/h)	Q_{10} (L/s)	Surface active (ha)	Tc (min)	I (mm/h)	Q2 (L/s)
6.4	15,6	63,8	1128	5.9	13,5	65,2	400

Cr : Coefficient ruissellement ; Tc : Temps de concentration en minutes ; i : intensité de la pluie en mm/min ; Q_{10} : débit de pointe décennal

Phase exploitation

L'objectif est d'atteindre un rejet compatible avec les conditions d'acceptaion édictées par le gestionnaire de réseau.

Le traitement mis en place doit donc permettre d'atteindre 100 mg/l de MES pour un rejet dans un réseau d'eaux pluviales. Ce sera, soit un décanteur classique, soit un décanteur lamellaire, soit un filtre à sable, soit une combinaison des solutions précédentes.

Si ce traitement est un décanteur, il sera dimensionné sur la base d'un débit entrant figurant dans le tableau ci-dessous.

État initial				État phase exploitation (10 ans)			
Surface active (ha)	Tc (min)	i (mm/h)	Q_{10} (L/s)	Surface active (ha)	Tc (min)	I (mm/h)	Q_{10} (L/s)
6.4	15,6	63,8	1128	3,69	11,4	65,22	670

Cr : Coefficient ruissellement ; Tc : Temps de concentration en minutes ; i : intensité de la pluie en mm/min ; Q_{10} : débit de pointe décennal

e. Conclusion

Phase chantier

La phase chantier ne conduit pas à une dégradation générales des caractéristiques hydrauliques de l'emprise du SMR. Les eaux pluviales de chantier devant être traitées et le rejet régulé, l'emprise chantier sera équipée :

- D'une bâche de collecte et de régulation du débit rejeté située au point bas topographique et connectée au réseau. Le volume total de la bâche est de 1 130 m^3 pour un rejet au réseau communal (période de retour 2 ans et débit de fuite de 5 l/s/ha).

- D'un traitement permettant d'atteindre un rejet contenant 100mg/l de MES.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

Phase exploitation

Le projet intègre des éléments permettant une amélioration forte de la situation : béton poreux et toitures végétalisées.

Seules les surfaces de voirie et de toitures non végétalisées restent à gérer de façon classique.

Avec ces équipements, le rejet au réseau est conforme aux exigences du gestionnaire.

1.4.6 Analyse de la gestion des eaux pluviales pour les ouvrages annexes

Rappel : La gestion générale des eaux pluviales au niveau des ouvrages annexes a été exposée dans la partie relative à la stratégie générale. Les ouvrages concernés se trouvent listés dans le tableau du chapitre 5.5.22.2.

Les ouvrages pris en compte dans le chapitre 5.5.22.1 ci-dessous ont une gestion particulière, d'abord liée au fait que ces ouvrages ont un statut temporaire de puits d'attaque de tunnelier. L'analyse est faite sur le même principe que pour les gares.

Les débits de fuite retenus dans cette partie sont les plus pénalisants, correspondant aux débits de fuite de rejet aux réseaux communaux, à savoir 2 l/s/ha en Hauts-de-Seine et 5 l/s/ha en Val-de-Marne.

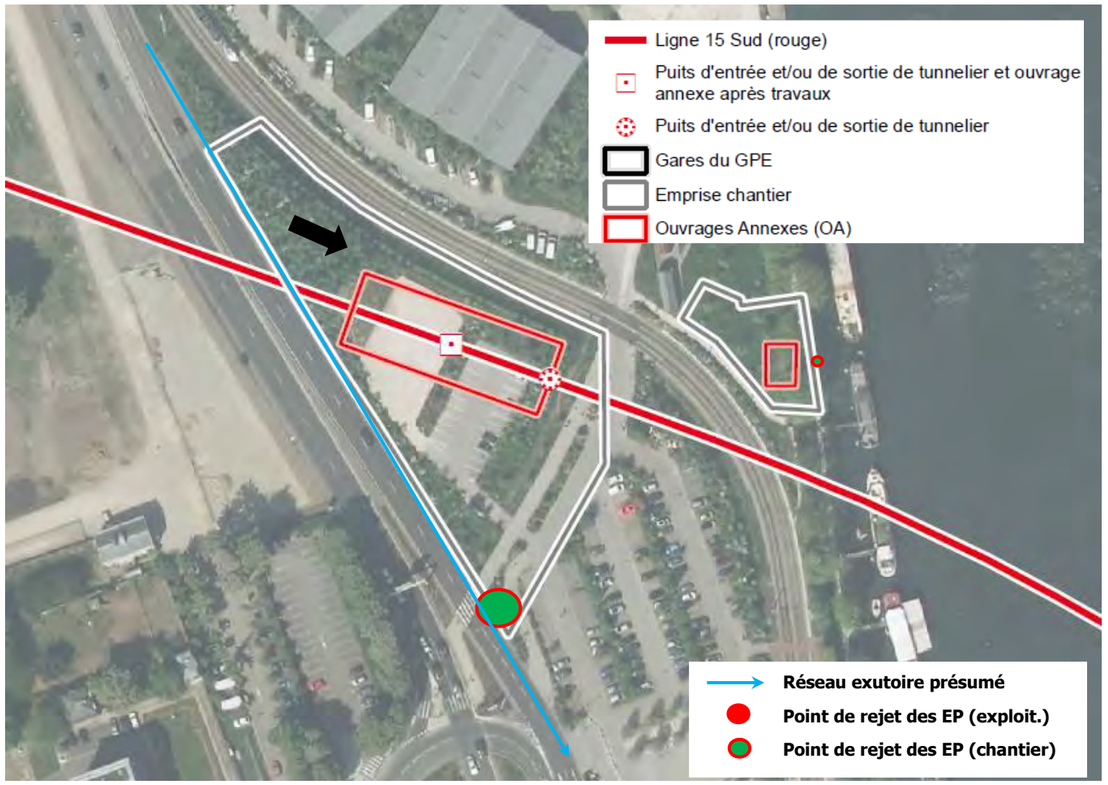
1.4.6.1 Ouvrages annexes à gestion spécifique des eaux pluviales

a. *OA 2301P - Ile de Monsieur*

L'ouvrage annexe consiste en la réalisation d'un puits pour descendre un tunnelier (attaque des tronçons de lignes T4 et T3).

L'ouvrage est localisé sur la commune de Sèvres, Hauts-de-Seine, entre la rue de Saint-Cloud et la Seine, au droit d'un parking et d'une friche boisée.

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelée en introduction de ce chapitre.



OA Ile-de-Monsieur – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Type d'occupation du sol	Coefficient de ruissellement	État initial		État phase chantier		État phase d'exploitation	
		Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)	Surface (ha)	Surface active (ha)
Voiries, surfaces enrobées	**0,95**	0.18	0.171	0.06	0.057	0.176	0.1672
Toitures	**0,95**	0	0	0	0	0	0
Sols tassés	**0,8**	0	0	0.5065	0.4052	0	0
Espaces verts	**0,2**	0.4	0.08	0.0135	0.0027	0.404	0.0808
Total	**-**	**0.58**	**0.251**	**0.58**	**0.465**	**0.58**	**0.248**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera largement supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

La surface active du projet lors de la phase d'exploitation sera légèrement inférieure à celle de l'état initial, en raison l'équivalence entre les surfaces imperméables (couverture du puits d'attaque sur une emprise de 1 080 m²).

Données d'entrée		État phase chantier	État phase d'exploitation
Débit de fuite maximum autorisé	**Période de retour de la pluie retenue**	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**	**Débit de fuite Volume de l'ouvrage de rétention à installer**
2 L/s/ha	**10 ans**	**1.2 L/s 277 m³**	**Le projet réduit les débits ruisselés Bassin de rétention non nécessaire**

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

À noter que ces débits ont des valeurs très faibles permettant d'extrapoler les mêmes volumes de rétention si rejet vers la Seine, dans la limite d'un rejet permettant de respecter l'objectif de bon état de la masse d'eau.

En phase chantier, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet.

Il est rappelé ici que ces installations sont situées dans la périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine de Suresnes.

Pour cette raison, le rejet direct en Seine n'a pas été retenu.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau et ne déclassera pas la qualité du milieu naturel récepteur.

b. OA 1302P_- Friche Arrighi

L'ouvrage annexe est localisé entre la Gare des Ardoines et la gare le Vert de Maisons du GPE. La friche est localisée en bord de Seine, rive gauche. L'ouvrage consiste en la réalisation d'un puits pour descendre un tunnelier pour le passage de la Seine.

L'ouvrage est localisé sur la commune de Vitry-sur-Seine, Hauts-de-Seine, entre la rue Tortue et le quai J. Guesde, au droit d'une zone de bâtiments industriels entourée par une friche boisée à l'état de sols tassés.



OA Friche Arrighi Vitry – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

La phase chantier la plus préjudiciable de la réalisation de l'ouvrage annexe sur la friche Arrighi correspond à la réalisation de l'ouvrage sous dalle. Elle a ainsi été retenue pour mener les calculs en phase chantier.

La phase exploitation n'a pas été considérée compte tenu du fait que le site de la friche Arrighi sera remis en état après les travaux.

OA1302P	**Etat initial**		**Phase chantier**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.34	0.33	1.10	1.04
Toitures	0.43	0.40	0.06	0.06
Sols tassés	-	-	2.98	1.79
Tranchées ouvertes	-	-	0.16	-
Espaces verts	3.53	0.71	-	-
Total	**4.30**	**1.40**	**4.30**	**2.89**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

La surface active du projet lors de la phase chantier sera largement supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial.

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration. Il est donc proposé de prévoir une bâche de reprise des eaux pluviales en phase chantier.

OA1302P	**Phase chantier**
Débit de fuite spécifique	1 L/s/ha
Débit de l'ouvrage	5 L/s
Volume du bassin en phase chantier	539 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

* débit de fuite indiqué au PLU de Vitry-sur-Seine.

À noter que ces débits ont des valeurs très faibles permettant d'extrapoler les mêmes volumes de rétention si rejet vers la Seine, dans la limite d'un rejet permettant de respecter l'objectif de bon état de la masse d'eau.

En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).

Le rejet en Seine n'a pas été retenu du fait de la présence de la voirie à grande circulation entre l'emprise et la Seine, et entre les ouvrages définitifs et la Seine.

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau et ne déclassera pas la qualité du milieu naturel récepteur.

c. OA 1103P - Stade F. Desmont

L'ouvrage annexe est localisé sur la commune de Créteil, Val-de-Marne, le long de l'avenue Laferrière, à proximité du cimetière communal et du collège Plaisance. Le projet prend place au niveau d'un terrain de sport en dur.



OA Stade. F. Desmond – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

La surface active du projet lors de la phase chantier sera inférieure à celle de l'état initial, générant des débits inférieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, les surfaces de voiries actuelles seront remplacées par des sols tassés au cours du chantier.

La surface active du projet lors de la phase d'exploitation sera largement inférieure à celle de l'état initial. L'ouvrage annexe consistera en effet en la couverture en dur de la fosse réalisée dans le cadre de la construction de l'ouvrage, d'une surface au sol d'environ 495 m² . Le reste du site sera laissé en espaces verts ou remis en état, n'augmentant pas l'imperméabilisation initiale du site.

OA1103P	Etat initial		Phase chantier	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.28	0.27	0.24	0.23
Toitures	-	-	0.01	0.01
Sols tassés	-	-	-	-
Tranchées ouvertes	-	-	0.03	-
Espaces verts	-	-	-	-
Total	**0.28**	**0.27**	**0.28**	**0.24**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

L'objectif étant d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique

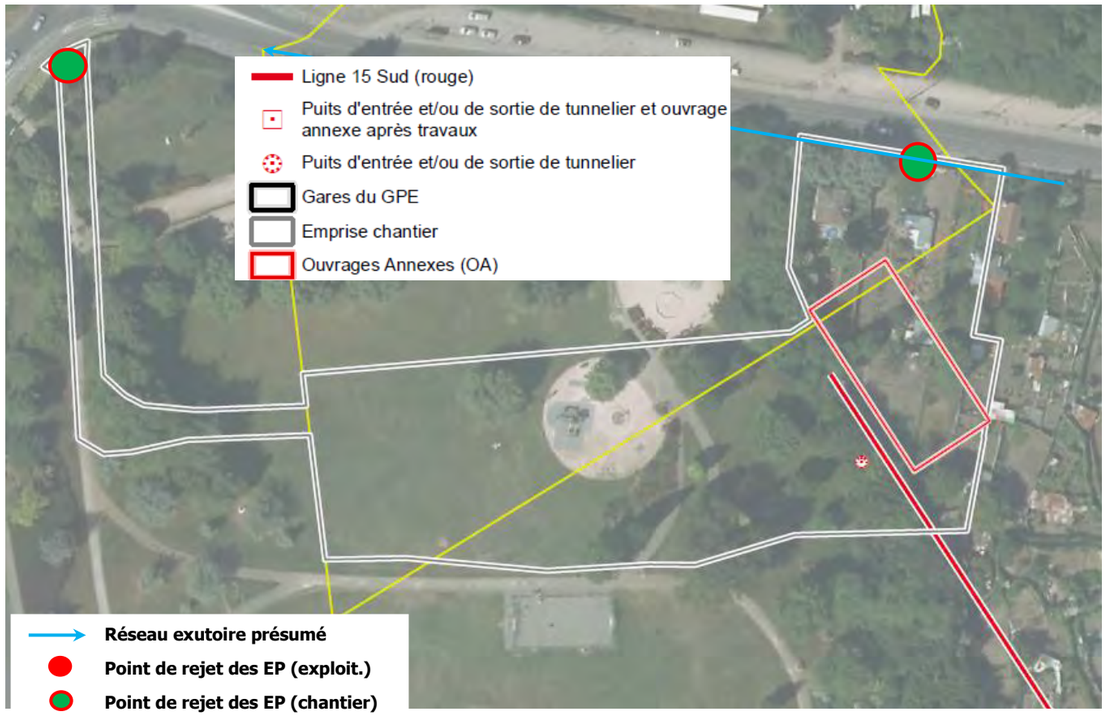
En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau.

d. OA 0813P – Puits d'entrée de tunnelier

L'ouvrage annexe consiste en la réalisation d'un puits pour descendre un tunnelier (attaque de la ligne de débranchement SMR de Champigny). Le point de débranchement SMR sera localisé au KM 2140 à Villiers-sur-Marne.

L'ouvrage est localisé sur la commune de Champigny, Val-de-Marne, directement au sud du SMR de Champigny, au sein du Parc des Plateau.



OA Puits d'entrée du tunnelier – Occupation du sol actuelle de l'emprise chantier et parties de l'ouvrage.

Pour rappel, les résultats présentés ci-dessous s'appuient sur la méthodologie de calcul rappelé en introduction de ce chapitre.

À noter que l'emprise de chantier interceptera les ruissellements provenant de la partie haute du Parc du Plateau à hauteur d'environ 2,6 ha (espaces verts).

La phase chantier la plus préjudiciable de la réalisation de l'ouvrage annexe sur le puits d'entrée de tunnelier correspond aux travaux de terrassement pour la réalisation de l'ouvrage annexe. Elle a ainsi été retenue pour mener les calculs en phase chantier.

La phase exploitation n'a pas été considérée compte tenu du fait que le site du puits d'entrée de tunnelier sera remis en état après les travaux.

OA0813P	**Etat initial**		**Phase chantier**	
Type de sol	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**	**Surface (ha)**	**Surface active (ha)**
Voiries, surfaces enrobées	0.13	0.12	0.38	0.37
Toitures	0.02	0.02	0.01	0.01
Sols tassés	-	-	0.73	0.44
Tranchées ouvertes	-	-	-	-
Espaces verts	3.61	0.72	2.62	0.52
Total	**3.75**	**0.90**	**3.75**	**1.34**

Données hydrologiques servant de base aux calculs

Le tableau ci-dessus montre que les surfaces en sols tassés sont importantes en phase chantier. Une part des eaux pluviales est donc infiltrée. La surface en espaces verts reste significative tout au long du chantier, ce qui facilite l'infiltration.

La surface active du projet lors de la phase chantier sera supérieure à celle de l'état initial, générant des débits supérieurs à ceux évalués à l'état initial. En effet, le chantier va générer des sols tassés en lieu et place des espaces verts majoritaires sur l'emprise du chantier.

La surface active du projet lors de la phase d'exploitation sera inférieure à celle de l'état initial, en raison l'équivalence entre les surfaces imperméables (couverture du puits d'attaque sur une emprise de 1 000 m²). Les terrains environnant le puits d'attaque sont supposés remis à l'état d'espaces verts (Parc du Plateau). Le fonctionnement général des écoulements du secteur à l'état actuel ne seront pas significativement perturbés en phase d'exploitation.

OA0813P	**Phase chantier**
Débit de fuite spécifique	5 L/s/ha
Débit de l'ouvrage	5 L/s

Volume du bassin en phase chantier	117 m^3

Volume de l'ouvrage de régulation à installer

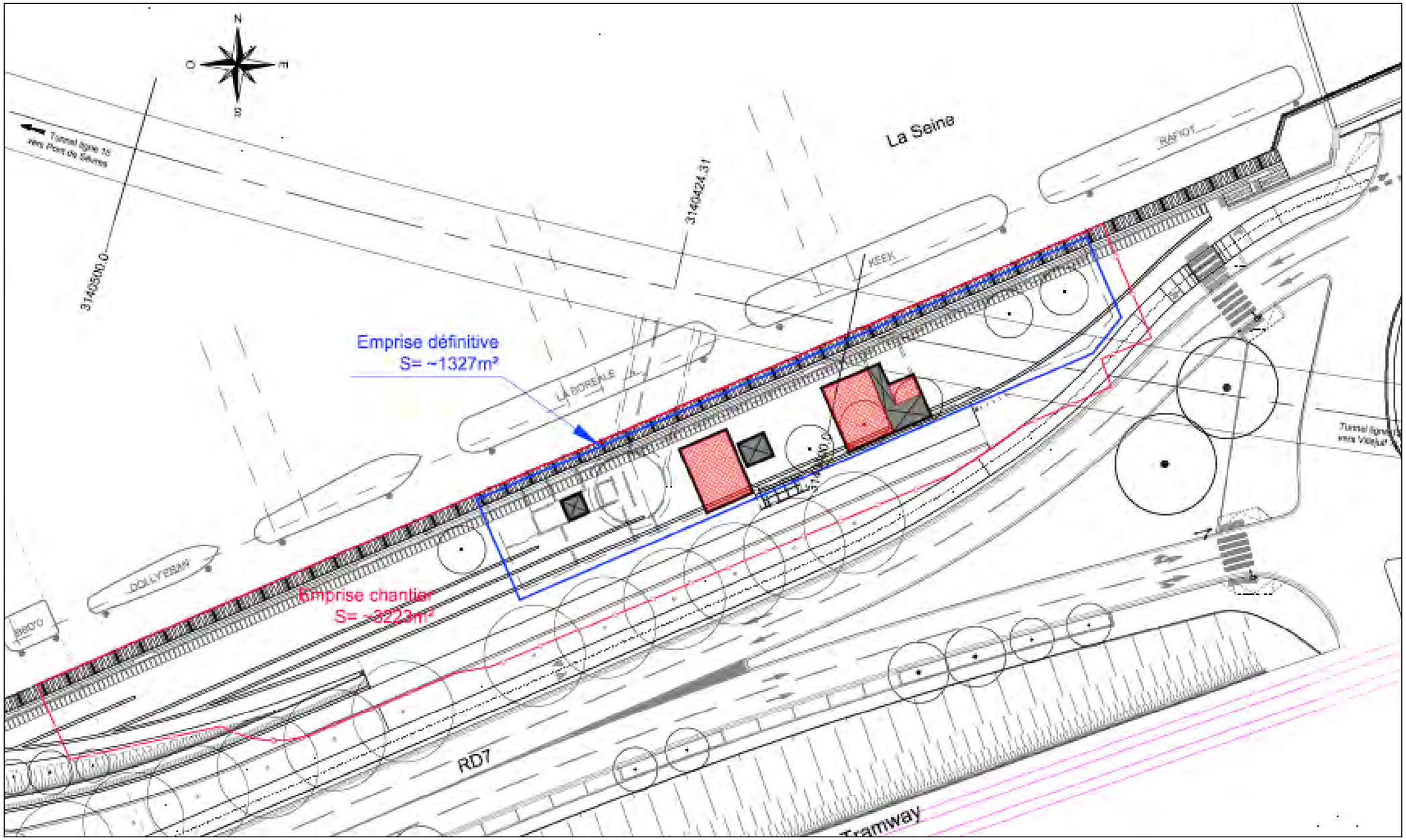
En phase exploitation, l'obligation de résultats en termes de qualité de rejet est d'atteindre un taux d'abattement par décantation de 85 % de la pollution chronique et une teneur de 100 mg/l de MES dans le rejet, quelque soit le système de traitement mis en œuvre (voir le chapitre sur la stratégie générale de gestion qualitative).

Dans ces conditions, le rejet du chantier respectera les normes de rejet en réseau.

1.4.6.2 Gestion des eaux pluviales en phase travaux et phase d'exploitation – éléments généraux

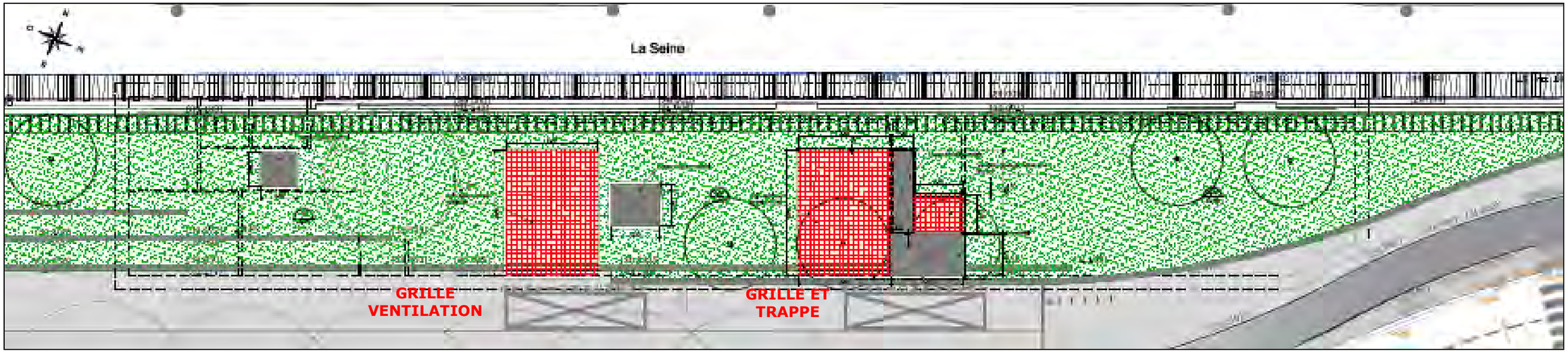
Les figures ci-dessous permettent de comprendre les données du tableau de présentation des ouvrages annexes ci-dessous.

La première figure présente les différentes emprises : l'emprise chantier, surface occupée par les travaux, en rouge et l'emprise définitive, surface en plan occupée par l'ouvrage, en bleu.



Vue en plan des différentes emprises – Source Avant-projet – Société du Grand Paris

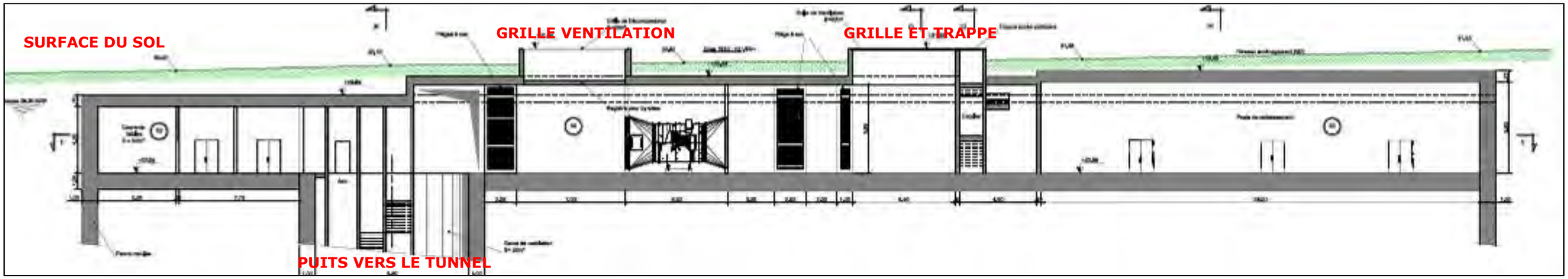
La seconde figure ci-dessous présente le projet de future surface du sol en phase d'exploitation : la grande majorité de l'emprise définitive est composée d'un espace vert, les seules parties visibles de l'ouvrage étant les trappes et grilles en rouge.



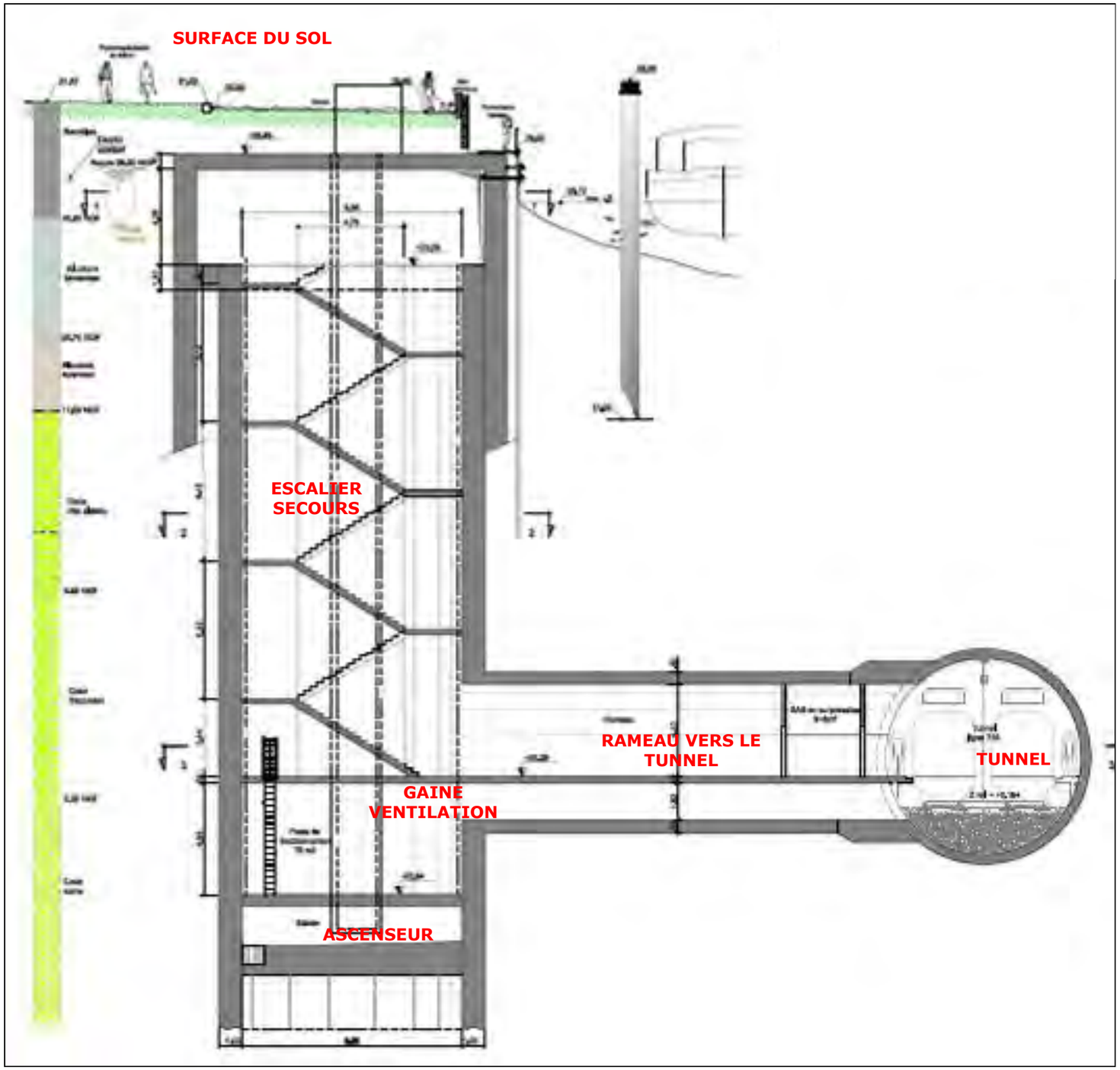
Vue en plan du projet de future surface du sol – Source Avant-projet – Société du Grand Paris

Les figures ci-dessous présentent des vues en coupe de l'ouvrage en phase d'exploitation. La première, la coupe longitudinale (en longueur) présente la position des grilles et du reste de l'ouvrage par rapport à la surface du sol. L'essentiel de la partie supérieure de l'ouvrage est souterraine et se trouve entre 1 et 2 m sous la surface du sol qui est occupée par un espace vert.

La seconde, la coupe transversale (en largeur) présente le puits dans toute sa hauteur et la liaison au tunnel. Elle permet également d'appréhender la position de l'ouvrage par rapport à la surface du sol.



Vue en coupe longitudinale de l'ouvrage – Source Avant-projet – Société du Grand Paris



Vue en coupe transversale de l'ouvrage – Source Avant-projet – Société du Grand Paris

1.4.6.3 Gestion des eaux pluviales en phase travaux et phase d'exploitation – données des ouvrages annexes

À l'exception des ouvrages mentionnés dans les chapitres ci-dessus relatifs aux ouvrages à gestion spécifique, la stratégie générale de gestion quantitative et qualitative des eaux pluviales définie ci-dessus est appliquée.

Le tableau suivant synthétise les hypothèses et grandeurs propres à la gestion des eaux pluviales.

Explicitation de l'intitulé des colonnes :

- Surface totale en m² : cette surface est celle de l'emprise chantier, surface de référence prise en compte,
- Surface définitive de l'OA (phase exploitation) : cette surface est la surface de l'OA en phase exploitation. Elle intègre la surface des grilles et ouvertures.
- État des surfaces : pour chaque stade, indique la nature de la surface du sol pour justifier le coefficient de ruissellement,
- Coefficient de ruissellement : valeur moyenne retenue pour l'ensemble de la surface sur la base des éléments de la colonne voisine.
- Qfuite : débit de fuite réglementaire retenu pour calculer le volume des ouvrage exprimé en litre par seconde.
- Volume 10 (m3) : Volume à retenir pour le stade considéré. Pour la quasi-totalité des ouvrages, le volume est nul en phase exploitation (voir stratégie générale).
- Volume L/m² : volume de rétention spécifique par unité de surface.

Pour tous ces ouvrages, une dépollution est mise en place en phase chantier sur le même principe que pour les ouvrages étudiés ci-dessus. Compte tenu de la faiblesse de la surface des emprises, cette dépollution sera basée sur un décanteur lamellaire et ou un filtre à sable.

En ce qui concerne les points de rejets, la phase d'exploitation ne nécessite pas, sauf exception de point de rejet.

Les points de rejet en phase chantier sont situés, comme pour les ouvrages étudiés ci-dessus, en limite d'emprise chantier.

Compte tenu de l'urbanisation de la zone traversée par la Ligne 15 Sud, il existe toujours un réseau en limite ou à proximité de la limite de l'emprise chantier de chaque ouvrage.

Ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud – Données de gestion des eaux pluviales

	Surface totale (chantier) en m²	Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques	État initial		État chantier					État exploitation					Commentaire
			État des surfaces	Coeff de ruisselement	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10 (m3)	Volume L/m²	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10	Volume /m²	
2203P ZAC SAEM	3300	1140	Voiries, bâtiment	0.95	Sols tassés	0.8	5	104	39.4	**Espace vert de recouvrement**	0.27	0	0		Diminution du ruissellement
2201P PLACE DE LA RÉSISTANCE	3223	1327	Voiries, espaces verts	0.9	Sols tassés	0.8	5	100	38.8	Espaces verts, grilles techniques, trappe technique 5 m²	0.28	0	0		Diminution du ruissellement
2101P PARC HENRI BARBUSSE	4370250	680	Voiries, espaces verts	0.26	Sols tassés	0.8	5	13	3	Remise en état des surfaces existantes, remplacement de 775 m² d'espaces verts par de la toiture OA	0.55	5	13	19	Stockage sur toiture conseillé si possible ou fosse de récupération / réutilisation des eaux
2002P SQUARE MALLERET JOINVILLE	1300	550	Voiries, espaces paysagers/ verts	0.45	Sols tassés	0.8	5	24	23.1	33 m² de trappes techniques, Espace vert de recouvrement	0.36	0	0		Diminution du ruissellement
2001P FORT DE VANVES/J. MERMOZ	2370	604.5	Voiries, espaces verts	0.5	Sols tassés	0.8	5	62	32.5	Espaces verts, grilles techniques, trappe technique 21 m²	0.25	0	0		Diminution du ruissellement
1902P CIMETIÈRE PARISIEN	1700	590	Voiries, espaces paysagers/ verts	0.9	Sols tassés	0.8	5	37	27.1	Remise en état, trappes techniques 24 m²	0.9	0	0		Pas de modification des écoulements
1901P PIERRE-PLATE	1600	350	Espaces verts, voiries	0.3	Sols tassés	0.8	5	35	26.3	Espaces verts, Trappes technique 25 m²	0.24	0	0		Diminution du ruissellement
1801P PARC ROBESPIERRE	7600	820	Espaces boisés, friche	0.57	Sols tassés	0.8	5	310	47.5	Espace vert de recouvrement, trappes techniques	0.25	0	0		Diminution du ruissellement
1702P SQUARE GENERAL DE GAULLE	1700	370	Voiries	0.9	Sols tassés	0.8	5	37	27.1	Remise en état et recouvrement de la zone définitive	0.8	0	0		Diminution du ruissellement
1701P JARDIN PANORAMIQUE	1765	550	Espaces verts, voiries	0.3	Sols tassés	0.8	5	39	27.2	Remise en état espaces verts et trappes techniques 25 m²	0.26	0	0		Diminution du ruissellement

	Surface totale (chantier) en m²	Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques	État initial		État chantier					État exploitation					Commentaire
			État des surfaces	Coeff de ruisselement	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10 (m3)	Volume L/m²	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10	Volume /m²	
1601P RUE JULES JOFFRIN	1700	910	Voiries, bâti et qq espaces verts	0.95	Sols tassés	0.8	5	1	0.6	Implantation en surface de bâtiments techniques	0.95	5	8	8.8	Pas de modification de l'imperméabilisation au pire des cas. Traitement possible des toitures des futures bâtiments techniques.
1501P RUE DU GENIE	1535	491	Voiries, bâti et qq espaces verts	0.95	Sols tassés	0.8	5	31	20	Recouvrement de dalle et espaces verts	0.27	0	0		Diminution du ruissellement
1402P RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY	2270	491	Voiries espaces verts	0.8	Sols tassés	0.8	5	53	12.8	Recouvrement de dalle et espaces verts	0.24	0	0		Diminution du ruissellement
1401P CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR	7530	1730	Voirie, partie de bâtiment et espaces verts	0.6	Sols tassés	0.8	5	202	27.5	Recouvrement et remise en état	0.6	0	0		Pas de modification des écoulements
1404P RUE GABRIEL PERI	1670	105	Voiries , espaces verts	0.6	Sols tassés	0.8	5	36	21.5	Remise en état, recouvrement voiries, espaces verts	0.6	0	0		Pas de modification des écoulements
1301P RUE DE ROME	1690	505	Voiries, habitation	0.75	Sols tassés	0.8	5	36	21.5	Restitution des voiries, recouvrement espaces verts de l'OA	0.65	0	0		Diminution du ruissellement
1201P UNIVERSITE CRETEIL	2115	550	Voiries, espaces verts	0.67	Sols tassés	0.8	5	51	24.1	Remise en état, recouvrement	max 0.67	0	0		Pas de modification des écoulements
1102P AVE CEINTURE	1866	288	Habitation, jardin	0.5	Sols tassés	0.8	5	42	22.5	Recouvrement dalle et espaces verts	0.23	0	0		Diminution du ruissellement
1101P RUE DU PORT CRETEIL	1703	491	Voiries	0.95	Sols tassés	0.8	5	37	21.7	Remise en état	0.95	0	0		Pas de modification des écoulements
1003P IMPASSE ABBAYE	1455	700	Espaces verts, voiries	0.37	Sols tassés	0.8	5	29	20	Remise en état, recouvrement espaces verts de l'OA	max 0.37	0	0		Pas de modification des écoulements

	Surface totale (chantier) en m²	Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques	État initial		État chantier					État exploitation					Commentaire
			État des surfaces	Coeff de ruisselement	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10 (m3)	Volume L/m²	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10	Volume /m²	
1002P AVE CHARLES FLOQUET	1536	345	Voiries, espace vert	0.78	Sols tassés	0.8	5	31	20.2	Remise en état et recouvrement de l'OA	0.78	0	0		Pas de modification des écoulements
1001P AV ROGER SALENGRO CHAMPIGNY	16120	5100	Quartier d'habitations dense	0.8	Sols tassés	0.8	8.1	465	28.8	Restitution des voiries, trappes techniques en lieu et place de zone imperméabilisée	0.8	0	0		Pas de modification des écoulements
0902P RP DU COLONEL GRANCEY CHAMPIGNY	1290	788	Voiries, terre-plein enherbé	0.66	Sols tassés	0.8	5	24	18.6	Restitution des voiries, recouvrement dalle OA espace vert	0.75	5	2		Seule la dalle recouverte est génératrice d'un écoulement légèrement plus important qu'à l'état initial, donc seule la dalle recouverte (hors voirie restituée) est tamponnée
0901P CLOS DU PRE DE L ETANG	1830	280	Voiries, parking, espace vert	0.6	Sols tassés	0.8	5	41	22.4	Restitution en l'état des surfaces, OA sous espaces déjà imperméabilisé	max 0.6	0	0		Pas de modification des écoulements
0811P AVE MAURICE THOREZ	2204	990	Voiries, bâti	0.95	Sols tassés	0.8	5	51	26.8	Remise en état t du site déjà imperméabilisé	max 0.95	0	0		Pas de modification des écoulements
0810P RUE DU GENERAL LECLERC	1900	105	Voiries, toitures et un espaces verts	0.63	Sols tassés	0.8	5	45	23.7	Dalle de l'OA au droit d'une voirie à l'état actuel	max 0.63	0	0		Pas de modification des écoulements
0808P AVE HENRI DUNANT VILLIERS	1570	145	Voiries, parking, espace vert	0.67	Sols tassés	0.8	5	33	21	Restitution et remise en état des sols, recouvrement de dalle espace vert	0.64	0	0		Diminution du ruissellement
0807P SENTIER DES MARINS	5415	2193	Friche et espaces verts	0.7	Sols tassés	0.8	5	141	26	Recouvrement de la dalle espace vert	0.58	0	0		Diminution du ruissellement
0806P RUE MOZART	1001	366	Quartier d'habitation dense	0.8	Sols tassés	0.8	5	16	16	Dalle de recouvrement au droit d'un bâtiment actuel, recouvrement espace vert	0.65	0	0		Diminution du ruissellement
0805P AVE MEDERIC NOISY LE GRAND	2280	410	Parking	0.95	Sols tassés	0.8	5	52	22.8	OA en lieu et place d'une zone entièrement imperméabilisée	max. 0.95	0	0		Pas de modification des écoulements

	Surface totale (chantier) en m²	Surface définitive OA en m² dont émergences et trappes techniques	État initial		État chantier					État exploitation					Commentaire	
			État des surfaces	Coeff de ruisselement	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10 (m3)	Volume L/m²	État des surfaces	Coeff de ruisselement	Qfuite l/s	Volume 10	Volume /m²		
0804P PLACE DES YVRIS	3280	815	Espace vert et cheminements piétons	0.3	Sols tassés	0.8	5	78	23.8	Dalle de recouvrement et remise en état du site	0.32	5	19 m3 si recouvrement imperméable de l'OA 5 m3 si recouvrement enherbé			
0803P RUE DU BALLON	1515	105	Espaces verts	0.2	Sols tassés	0.8	5	40	26.4	Dalle de recouvrement et remise en état du site	0.3	5	1 m3 si recouvrement imperméable de l'OA		0	Pas de rétention significative car modification non significative de la surface active
0802P BD DU RU DE NESLES NOISY LE GRAND	Pris en compte dans l'étude spécifique de la gare GPE Noisy-Champs															
0801P BD DE CHAMPS NESLES CHAMPS SUR MARNE	Pris en compte dans l'étude spécifique de la gare GPE Noisy-Champs															

Ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud – Données de gestion des eaux pluviales

1.4.7 Synthèse sur la gestion des eaux pluviales

La problématique de la gestion des eaux pluviales est particulière dans le sens où elle concerne une successions d'entités unitaires dont la gestion est indépendante des autres.

La gestion des eaux pluviales repose sur la même base pour tous les ouvrages :

- **Lorsque la situation en phase d'exploitation est similaire ou meilleure** que la situation initiale, il n'y a pas d'impact permanent sur les eaux pluviales donc pas de mesures de réduction des impacts.

- Pas de régulation des débits pour **les très faibles surfaces en phase exploitation** (ouvrages annexes). Il n'y a pas non plus d'impact permanent.

- **Lorsque la situation en phase d'exploitation est dégradée** (débits de ruissellement supérieurs aux débits initiaux), il y a un impact brut permanent.

    - La mesure de réduction consiste à réguler les débits selon les prescriptions du gestionnaire de réseau.

    - Le débit exigé par les gestionnaires est très faible par rapport au débit de ruissellement initial, de sorte que l'impact résiduel est nul.

- **En phase chantier,** il y a systématiquement un impact brut négatif temporaire portant sur le débit et ou la qualité de l'eau ruisselée.

    - Les mesures de réduction consistent à réguler les débits et à traiter les eaux pluviales rejetées au réseau.

    - Le débit exigé par les gestionnaires est très faible par rapport au débit de ruissellement initial.

    - La qualité des eaux rejetées est également faible par rapport à la qualité initiale (environ 5 fois plus faible).

    - L'impact résiduel est nul.

À l'échelle de la ligne 15sud, tous les ouvrages se voient appliquer le même principe de base. Les variations sont apportées par des exigences différentes des gestionnaires de réseaux en fonction de problématiques locales de lutte contre les nuisances liées aux ruissellements (inondations, coulées de boue).

Une synthèse sous forme de tableau se trouve à la page suivante pour les ouvrages annexes et dans le tableau suivant pour les gares et sites de maintenance.

Il convient de rappeler que d'une manière générale, les surfaces « projet » prises en considération pour le calcul des surfaces actives (conditionnant in fine le volume global des ouvrages de régulation des eaux pluviales) ont été maximisées.

En effet, dans le cadre d'aménagements urbains associés au développement des gares de la SGP, le devenir des parcelles considérées à l'échelle globale de l'aménagement pourrait être amené à évoluer (ex : restitution d'une partie du parvis au domaine public, donc de la Maîtrise d'Ouvrage associée).

En ce sens, les études complémentaires à venir (phase PRO des missions de Maîtrise d'œuvre notamment) permettront potentiellement d'optimiser les caractéristiques des ouvrages de rétention des eaux pluviales et pourront donc aboutir à des ouvrages moins capacitaires qu'en l'état actuel, notamment pour certaines gares (Vitry Centre, Ardoines, Saint-Maur Créteil, Champigny Centre).

Synthèse de la gestion des eaux pluviales pour les gares, les sites de maintenance, les ouvrages annexes spécifiques

Codification SGP	Nom officiel SGP	Stotale (ha)	Réseau exutoire pressenti	Débit de fuite en l/s/ha	Volume de rétention phase chantier en m3	Volume de rétention exploitation en m3
PDS	Pont de Sèvres	2.53	Départ. - ovoïde 2,2x2,7 (Quai G. Gorse)	2	13	33
ISS	Issy RER	1.02	Communal - ovoïde 2,3x1,3 (Av. Verdun)	2	0	6
FIC (Nord)	Fort d'Issy/Vanves/Clamart	0.296	Communal/VEOLIA (Rue du Clos Motholon)	2	15	21
FIC (Sud)		1.557	Départ. - Ovoïde 1,8x1,0	2	171	137
CHM	Châtillon-Montrouge	0.94	Départ. - Ovoïde 1,9x1,0 (Av. Résistance et Max Dormoy)	2	0	31
BAG	Bagneux	1.29	Départ. - DN0,4 (Av. L. Pasteur et/ou H. Barbusse)	2	0	31
ACA	Arcueil-Cachan	1.36	Communal/CAVB - DN0,5 (partie Est L. Eyrolles) et DN0,3 (partie Ouest Coopérative)	2	0	13
IGR	Villejuif IGR	2.564	EP Privé ZAC SADEV (Rue E. Vaillant)	5	82	192
VLA	Villejuif Louis Aragon	0.4	Départ. - DN0,5 (Aragon) ou ovoïde 2,2x1,3 (J. Jaurès)	8	1	6
VIC	Vitry Centre	2.13	Communal - Réseau EP (E. Trembaly, avenue Robespierre) Dimensions à Préciser	10	35	192
ARD	Les Ardoines	1.40	Communal - DN0,4 (Rue L. Geffroy) ou Départ. EP DN1,8 (Rue L. Geffroy)	10	0	230
VDM	Le Vert de Maisons	0.65	Départ. DN3 (Av. de la Liberté)	10	7	93

Codification SGP	Nom officiel SGP	Stotale (ha)	Réseau exutoire pressenti	Débit de fuite en l/s/ha	Volume de rétention phase chantier en m3	Volume de rétention exploitation en m3
CLE	Créteil l'Echat	1.58	Communal - DN0,4-0,5 (Av. G. Eiffel)	5	0	73
SMC	Saint-Maur-Créteil	0.86	Communal - DN0,4-0,6 (Rue Bobillot)	5	0	26
			Départ. - Ovoïde 1,8x1,0 (Av. Desgenettes)	10	0	26
CHC	Champigny Centre	1.24	Départ. - Ovoïde 1,9x1,0 et/ou 2,3x1,3 (RD4)	10	0	137
BVC	Bry-Villiers-Champigny	4.13	Communal - Réseau EP (Rue des Hauts Bonne Eau) Dimensions à Préciser	5	130	388
NCH	Noisy-Champs	10.19	Communal - DN0,3-0,4 (Rue des Hauts Châteaux côté Noisy) et/ou DN0,3 (rue Archimède côté Champs sur Marne)	5	320	344
SMR	SMR de Champigny	11.77	Communal (Av. A. croizat et B. Frachon)	5	1880	1495
SMI	SMI de Vitry-sur-Seine	4.10	Départ. - EP DN1,8 (Rue Léon Geffroy)	10	3760	4120
OA 2301P	Ile Monsieur	0.58	Départemental	2	277	0
OA 1302P	Friche Arrighi	4.30	Départemental	1	539	0
OA 1103P	Stade F. Desmond	0.28	Départemental	5	0	0
OA 0813P	Puits Tunnelier SMR	3.75	Départemental	5	117	0

1.5 Géologie et risques associés

La Ligne 15 Sud étant implantée dans le milieu souterrain pour la quasi-intégralité de son linéaire, elle est soumise à des contraintes spécifiques principalement liées à la nature des formations géologiques traversées. Les études préliminaires et les sondages entrepris dans ce cadre ont mis en évidence les principales contraintes géologiques, qui sont les suivantes :

- la présence d'**anciennes carrières** souterraines et à ciel ouvert. Cet enjeu représente l'une des priorités auxquelles les études de conception se sont attachées à répondre ;
- la présence d'horizons contenant du **gypse**, et dans lesquels des phénomènes de dissolution peuvent avoir lieu ;
- la présence d'**argiles en surface** pouvant être sujets à des phénomènes de retrait-gonflement. Cet enjeu se révèle toutefois assez mineur et très localisé à l'échelle du projet ;
- la présence de **couches lithologiques argileuses** profondes pouvant également être sujettes à des phénomènes de retrait-gonflement.

Des dispositions constructives spécifiques ont été adoptées de sorte à limiter les d'impacts aussi bien en phase travaux qu'en phase d'exploitation. Ces deux phases ne sont pas distinguées systématiquement dans les chapitres qui suivent.

Dans une première partie, est présentée la méthodologie mise en place afin de caractériser et maitriser les risques géologiques dès la conception du projet. Sont également détaillées les dispositions constructives du projet de métro souterrain qui ont été retenues.

La seconde partie concerne, la méthodologie d'évaluation des impacts associés à chacune des contraintes précitées. La démarche qui a été suivie pour chacune d'elle consiste à :

- rappeler le contexte spécifique de la problématique ;
- caractériser le risque au droit du projet ;
- présentation de la démarche de prise en compte des risques dans la conception du projet et des mesures de traitement ;
- présentation des mesures de suivi et prise en compte des règles applicables.

1.5.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques géologiques

La méthodologie mise en place dans le cadre de la définition de l'état initial est succinctement rappelée ci-après, et complétée afin de montrer le lien entre les études de conception et les mesures mises en place. Cette partie sera également amendée des principes qui seront mis en place en phase travaux quant à la maîtrise des risques et la maîtrise des impacts environnementaux.

1.5.1.1 Investigations géotechniques réalisées et à venir au démarrage de la phase travaux

Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires permettent :

- d'établir le modèle géologique du projet : Les investigations permettent tout au long du tracé de fournir la coupe géologique au droit de chaque sondage ; le travail de l'ingénieur géologue/géotechnicien a consisté à établir une coupe linéaire par corrélation entre ces points de sondages tout au long du tracé ;
- d'établir un modèle hydrogéologique : Les investigations doivent permettre de caractériser le ou les aquifères en présence, tant d'un point de vue piézométrique (niveau de la ou des nappes) que d'un point de vue perméabilité (paramètre permettant d'estimer les venues d'eau) ;
- de caractériser les couches rencontrées tant d'un point de vue mécanique (paramètres permettant de dimensionner les ouvrages de génie civil) qu'environnemental (paramètres permettant de déterminer la destination d'évacuation des déblais).

Chaque nouvelle phase d'études est l'objet de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et donc permettre de fiabiliser les hypothèses prises à la phase précédente.

Le but final est de localiser et caractériser des zones dites « homogènes» afin d'adapter les méthodes constructives à chacune d'entre elles. Des zones singulières peuvent également être identifiées, qui feront l'objet de reconnaissances spécifiques au regard de la singularité rencontrée, permettant ainsi de mettre en place les méthodes constructives et les confortements adaptés.

Pour la phase de conception, le Maitre d'œuvre mène les missions G2 phase avant-projet et G2 phase projet, qui permettront d'établir les documents précités. La Société du Grand Paris s'est également adjoint les conseils d'un assistant à Maitrise d'Ouvrage en géotechnique pour la réalisation de ces deux phases d'études. Le but de cette organisation est d'avoir un double regard partagé sur les modèles géologiques, hydrogéologiques et géotechniques. Ce double regard est l'un des axes de la maitrise des risques mise en place par la Société du Grand Paris.

1.5.1.2 Les dispositions mises en place en phase travaux

La norme NF P 94-500 régit également la phase de réalisation, et impose la réalisation de deux missions G3 et G4 :

- la mission G3 est une mission d'études et de suivi géotechnique des travaux portée par l'entreprise qui réalise les travaux ;
- la mission G4 est une mission de supervision géotechnique d'exécution portée par le maître d'ouvrage, et déléguée à son maître d'œuvre.

Ces deux missions se décomposent en deux phases :

- la première est une phase d'études lors de laquelle l'entrepreneur actualise la note d'hypothèses géotechniques suite aux éventuelles reconnaissances complémentaires, dimensionne les ouvrages géotechniques, et fournit les notices d'exécution détaillées des ouvrages. Le maître d'œuvre en assure la supervision en fournissant un avis sur ces études d'exécution ;
- la deuxième est une phase de suivi qui permet à l'entrepreneur de vérifier que les hypothèses établies pendant les études correspondent bien à ce qui est effectivement rencontré sur site. Le maître d'œuvre organise des validations ponctuelles sur le chantier dans le même but.

La confrontation de ces deux missions G3 et G4 est un gage de sécurité, et entre dans le cadre de la maîtrise des risques.

La Société du Grand Paris, toujours dans la recherche de la Maitrise des risques, a prévu de poursuivre sa collaboration avec son assistant à maitrise d'ouvrage en géotechnique, qui aura, pour la phase travaux, un rôle de second regard sur les grandes thématiques et points sensibles en analysant les documents produits par les entreprises qui sont en outre également visés par le Maitre d'œuvre. Ce second regard est réalisé par des experts reconnus de la profession.

L'ensemble des regards croisés sur chacune des phases de conception et de réalisation de l'infrastructure constitue l'un des axes forts de la Maitrise des risques mise en place par la SGP. La Société du Grand Paris a également mis en place un conseil d'expertise et de conseil indépendant du projet, constitués d'experts reconnus dans les domaines de la géologie et de l'hydrogéologie, de la géotechnique, des travaux souterrains, des travaux de confortements et traitements des terrains. Le but de ce comité est d'expertiser les études fournies par le Maitre d'œuvre avec un œil tout à fait indépendant.

Le rôle d'expertise et de conseil indépendant du « Comité des Travaux Souterrains »

Que ce soit dans le domaine du bâti ou de la géologie au sens large, la Société du Grand Paris a mis en place un système de double regard constitué de deux partenaires essentiels : les Assistants à Maitrise d'ouvrage (bâti et géotechnique) et le Maitre d'œuvre.

Le but de cette méthode est de partager les dossiers de données d'entrée définissant les paramètres techniques à retenir dans le cadre des études de Maitrise d'œuvre. Ce double regard est la première étape dans la maitrise des risques

La Société du Grand Paris dans un souci de transparence et de volonté de maitriser les risques a également choisi de s'adjoindre les conseils d'un « Comité des Travaux Souterrains ».

Ce comité est constitué d'experts en travaux souterrains (tant en conception que réalisation), mais également d'experts géologues et géotechniciens, totalement indépendants du projet, et ayant eu une grande expérience dans le domaine tout au long de leur carrière.

Ce comité a pour rôle de donner un avis sur les études de conception du maitre d'œuvre, tant d'un point de vue qualité des études que contenu (méthodes constructives retenues). Leur avis sera sollicité à la demande du Maitre d'ouvrage ou du Maitre d'œuvre en cas de besoin. Le Maitre d'œuvre présentera l'ensemble des données à disposition, l'interprétation qui en est faite, et les conclusions aboutissant aux méthodes constructives retenues.

Ce « troisième regard » indépendant, est un gage de la volonté de la Société du Grand Paris de maitriser les risques.

1.5.1.3 Rappel du contexte géologique au droit du projet

Une coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud est présentée sur les deux figures suivantes.

La coupe présente la géologie au droit de la Ligne 15 Sud et permet de visualiser les variations stratigraphiques le long de celle-ci.

Pour rappel, d'un point de vue géologique, le tracé de la Ligne 15 Sud a été découpé en 5 grands secteurs, qui sont de l'ouest vers l'est :

- le secteur de la **boutonnière de Boulogne**, caractérisé par les Alluvions de la Seine reposant sur la Craie ;
- le secteur du **plateau d'Issy à Cachan**, situé entre la boutonnière de Boulogne et la vallée de la Bièvre, caractérisé par la succession lithologique allant des Calcaires de Saint-Ouen jusqu'aux formations de l'Yprésien ;
- le **plateau de Villejuif**, constitué par les formations du haut de la série géologique du Bassin Parisien allant des Sables de Fontainebleau aux Masses et Marnes du Gypse ;
- le secteur des **Vallées de la Seine et de la Marne** où les Alluvions reposent tantôt sur les Calcaires de Saint-Ouen, les Marnes et Caillasses ou les Calcaires Grossiers.

  Au niveau des bras de la Marne, sur les communes de Créteil et Saint-Maur-des-Fossés, les argiles de l'Yprésien sont rencontrées directement sous les Alluvions. Cette zone constitue un point particulier de l'aire d'étude ;
- le **plateau de la Brie**, Cette zone se caractérise par la présence du Calcaires de Champigny, faciès latéral remplaçant les Masses et Marnes du Gypse.

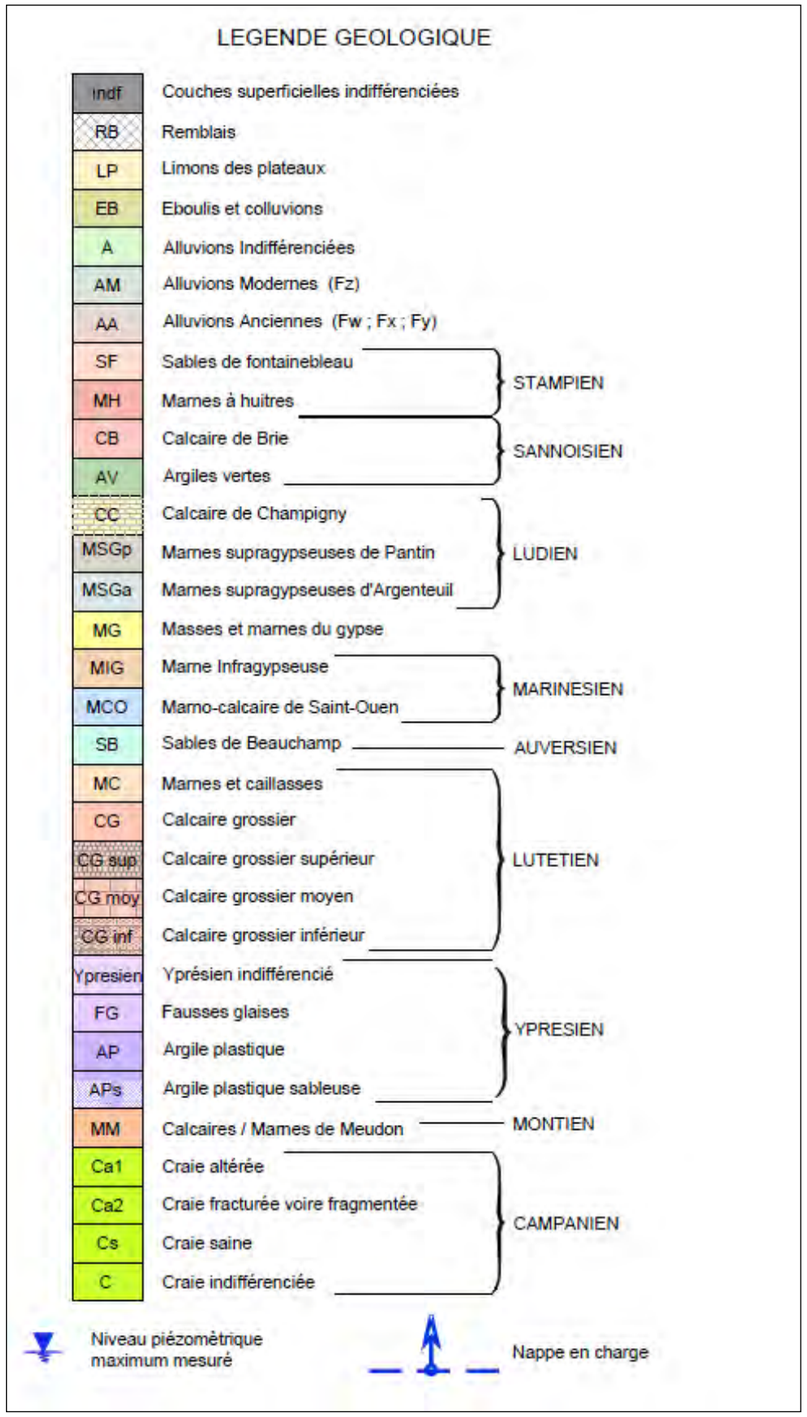
1.5.1.4 Justification de la position du tunnel

Le tracé du tunnel en plan et son profil en long a été dicté par les contraintes superficielles et souterraines d'origine naturelle ou anthropique. Les principales contraintes sont les suivantes :

- la géologie : la présence de carrières souterraines, de zones gypseuses ;
- la présence de structures enterrées : réseaux (assainissement eau potable, gaz, hydrocarbures), sous-sols et fondations ;
- la localisation des gares, ouvrages annexes en surface dont le droit d'accès et l'implantation ont été discutés et validés avec les communes ;

Le tracé du tunnel a été calé de manière à éviter le plus possible les interactions avec l'existant.

1.5.1.5 Légende des coupes géologiques présentées



1.5.1.6 Insertion du tunnel de la Ligne 15 Sud dans les couches géologiques

Pour rappel, les différents secteurs identifiés de l'aire d'étude la Ligne 15 Sud sont décrits ci-dessous. La figure suivante permet de visualiser, en plan, l'intersection du tunnel de la Ligne 15 avec les couches géologiques.

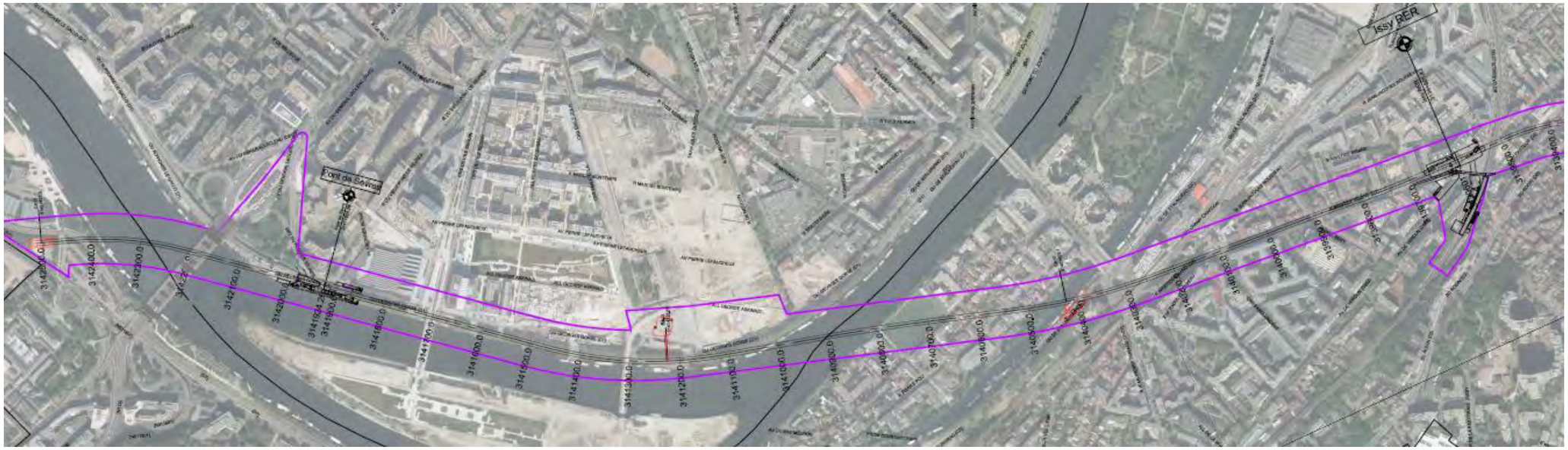
a. <u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u>

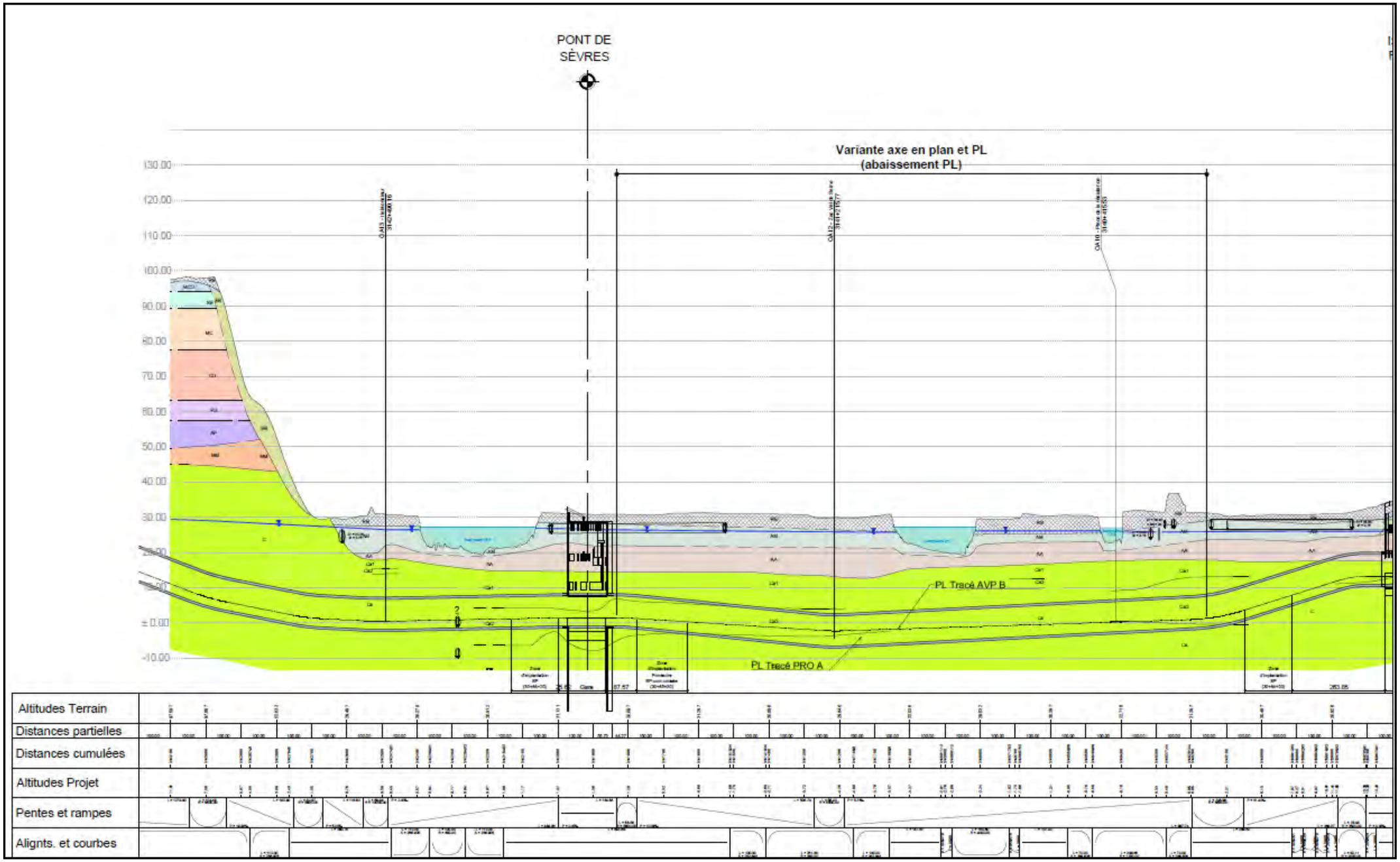
La boutonnière de Boulogne est localisée à l'extrémité ouest de la Ligne 15 Sud. Ce secteur couvre la zone située entre les gares d'Issy RER et Pont de Sèvres, ainsi que la traversée de la Seine jusqu'à l'île Monsieur (extrémité ouest de la Ligne 15 Sud).

Cette zone est caractérisée par l'affleurement, dans le méandre de la Seine, de la Craie sous les Alluvions Anciennes et récentes du fleuve. La coupe géologique rencontrée au droit du secteur est de haut en bas :

- Remblais sur une épaisseur pouvant atteindre 5 mètres ;
- Alluvions récentes ou modernes (Quaternaire), sur une épaisseur de 3 à 8 m environ ;
- Alluvions anciennes (Quaternaire), sur une épaisseur pouvant atteindre une dizaine de mètres ;
- Craie blanche à silex (Crétacé), dont l'épaisseur totale est d'environ 500 mètres. La Craie se distingue en trois faciès différents : la partie supérieure de la Craie est généralement pâteuse (5 à 10 m d'épaisseur), la partie médiane est fracturée (4 à 15 m d'épaisseur), puis la Craie devient ensuite saine l'épaisseur de chacun de ces faciès variant selon la position par rapport à la Seine.

Au niveau de ce secteur, le tunnel se trouve à environ 10 mètres sous le toit de la Craie du Crétacé. Il passe à environ 14 mètres sous le lit de la Seine.


Pont de Sèvres
Issy RER

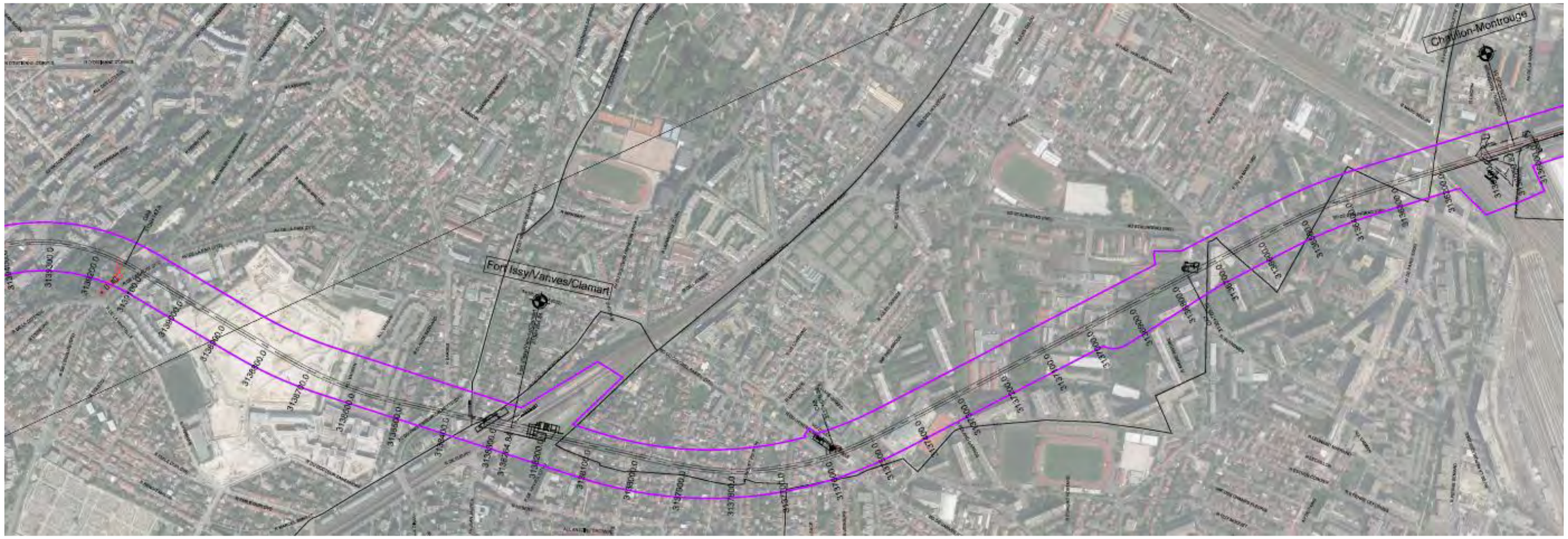

PONT DE SÈVRES
Variante axe en plan et PL
(abaissement PL)
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
± 0.00
-10.00
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
Altitudes Terrain
Distances partielles
Distances cumulées
Altitudes Projet
Pentes et rampes
Alignts. et courbes

b. Secteur du plateau d'Issy à Cachan

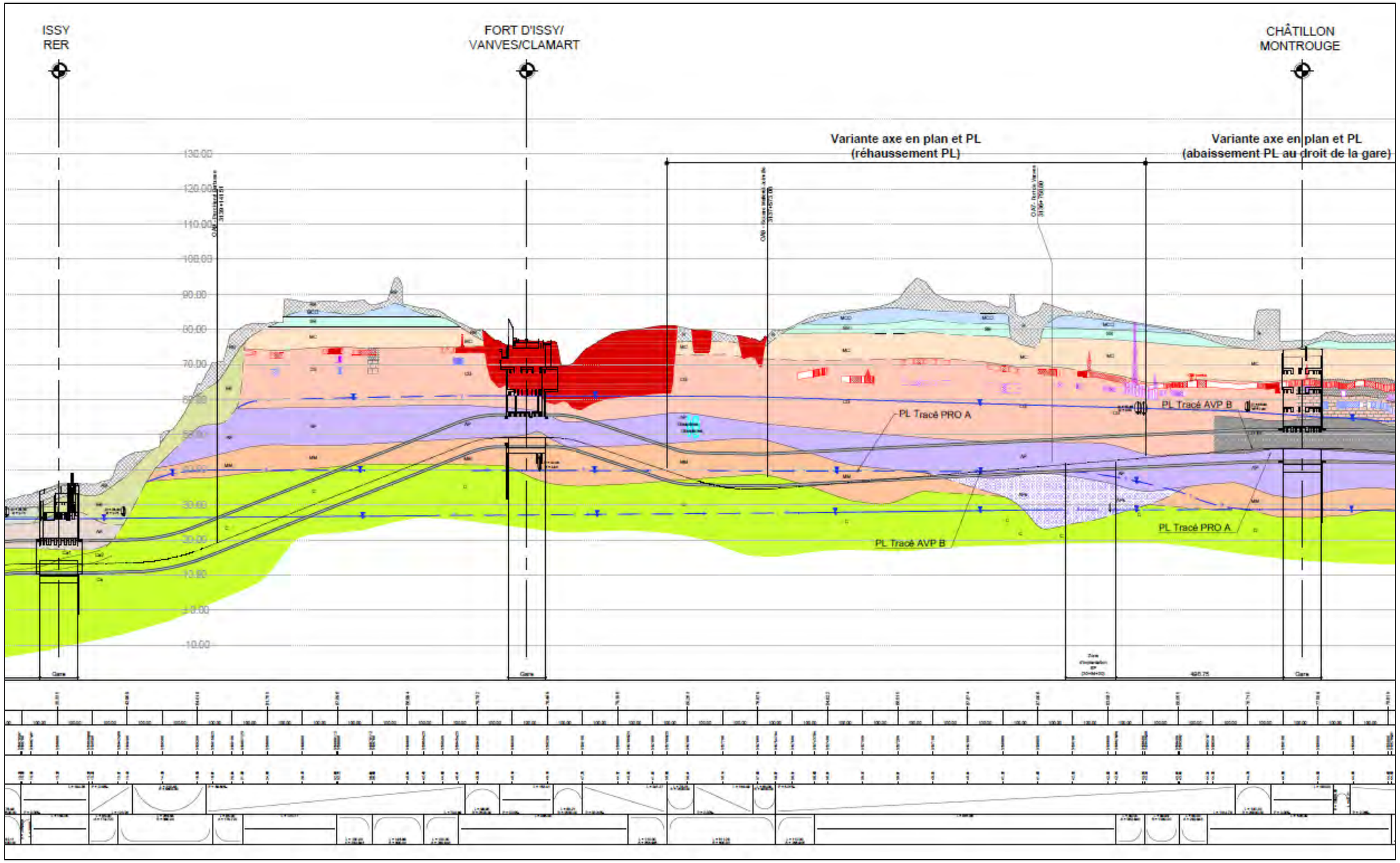
Ce secteur couvre la zone entre le Fort d'Issy et la vallée de la Bièvre, intégrant les gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, Chatillon–Montrouge, Bagneux et Arcueil–Cachan. Ce secteur est caractérisé par la succession lithologique suivante :

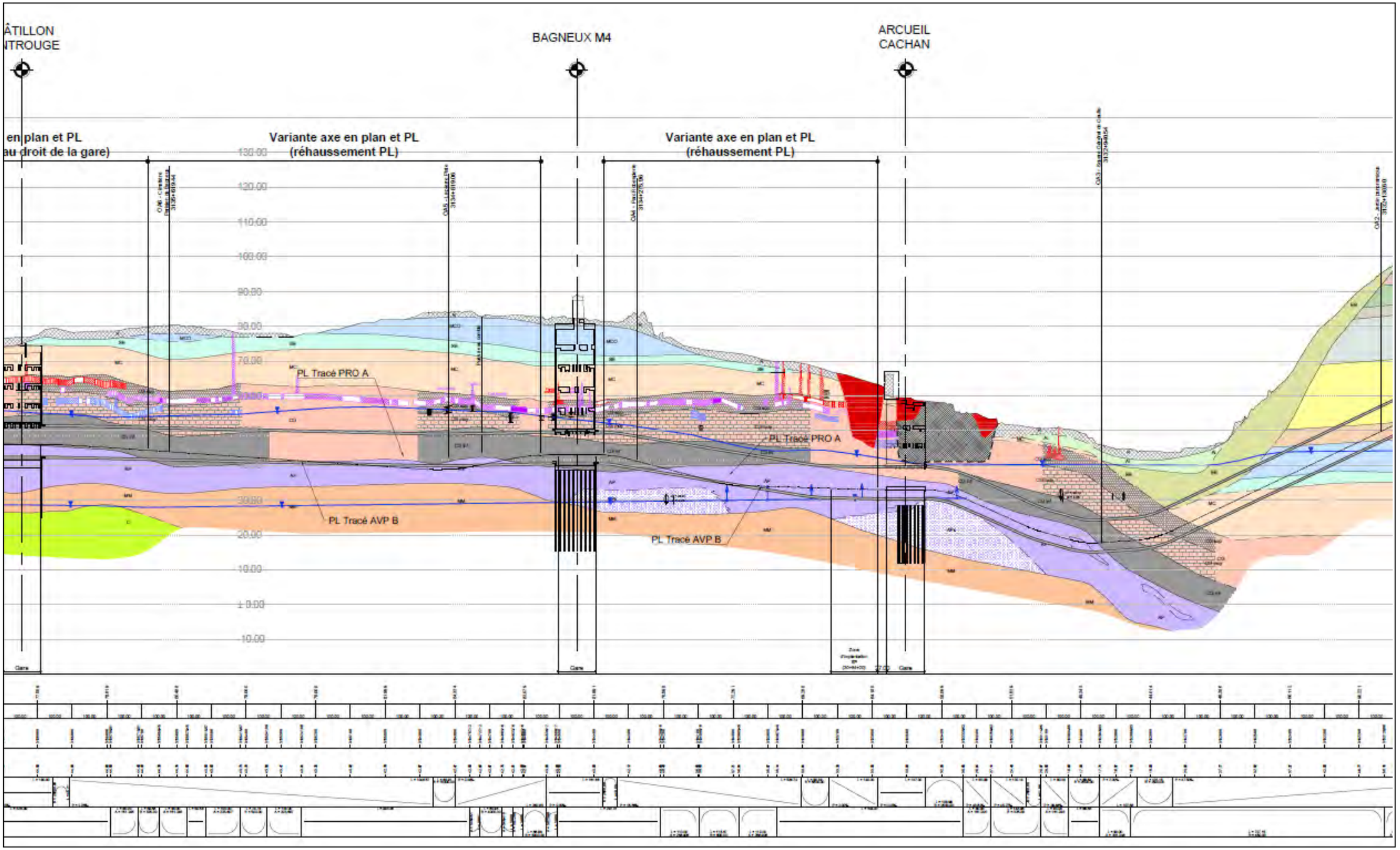
- Remblais d'une épaisseur variable, pouvant atteindre localement près de 20 mètres dans les zones d'exploitation à ciel ouvert de Calcaire Grossier (gares de Fort d'Issy Vanves Clamart, Arcueil Cachan) ;
- Calcaires de Saint-Ouen : Cette formation est absente dans la zone allant de la gare de Chatillon-Montrouge au cimetière de Bagneux, laissant affleurer les sables de Beauchamp. On le trouve sous forme de lambeaux résiduels sur ce tronçon excepté dans la zone de la gare de Bagneux où son épaisseur atteint 8 m ;
- Sables de Beauchamp d'une épaisseur de 2 à 5 mètres, la partie argileuse médiane est absente dans ce secteur ;
- Marnes et Caillasses de 4 à 13 mètres d'épaisseur ;
- Calcaires Grossiers dont l'épaisseur et relativement constante, aux alentours de 20 mètres. Cette formation a largement été exploitée dans ce secteur. Des zones de carrières souterraines et de carrières à ciel ouvert, pour certaines remblayées ont été traversées de nombreuses fois lors des différentes reconnaissances effectuées. Ce point est détaillé dans le paragraphe suivant traitant des carrières.
- Fausses Glaises et Argiles Plastiques de l'Yprésien dont l'épaisseur atteint parfois 20 mètres sur certains sondages. Cette formation plonge légèrement sous la vallée de la Bièvre. Certaines zones sableuses au sein des Argiles Plastiques ont été identifiées lors de la mission géotechnique G1, notamment au droit des gares de Bagneux et d'Arcueil-Cachan.

Au niveau de ce secteur, le tracé du tunnel s'insère essentiellement dans les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien et des Argiles Plastiques de l'Yprésien. Le tunnel traverse localement et partiellement les Marnes de Meudon et la Craie sous-jacente au droit des communes de Vanves Clamart et Malakoff.




Chatillon-Montrouge
Bagneux M4
Arcueil Cachan


ISSY
RER
FORT D'ISSY/
VANVES/CLAMART
CHÂTILLON
MONTROUGE
Variante axe en plan et PL
(réhaussement PL)
Variante axe en plan et PL
(abaissement PL au droit de la gare)
PL Tracé PRO A
PL Tracé AVP B
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
30.00
20.00
10.00
±0.00
Gare
Gare
Gare


ÂTILLON
NTROUGE
BAGNEUX M4
ARCUEIL
CACHAN
en plan et PL
au droit de la gare)
Variante axe en plan et PL
(réhaussement PL)
Variante axe en plan et PL
(réhaussement PL)
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00
PL Tracé PRO A
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
PL Tracé AVP B
Gare
Gare
Gare

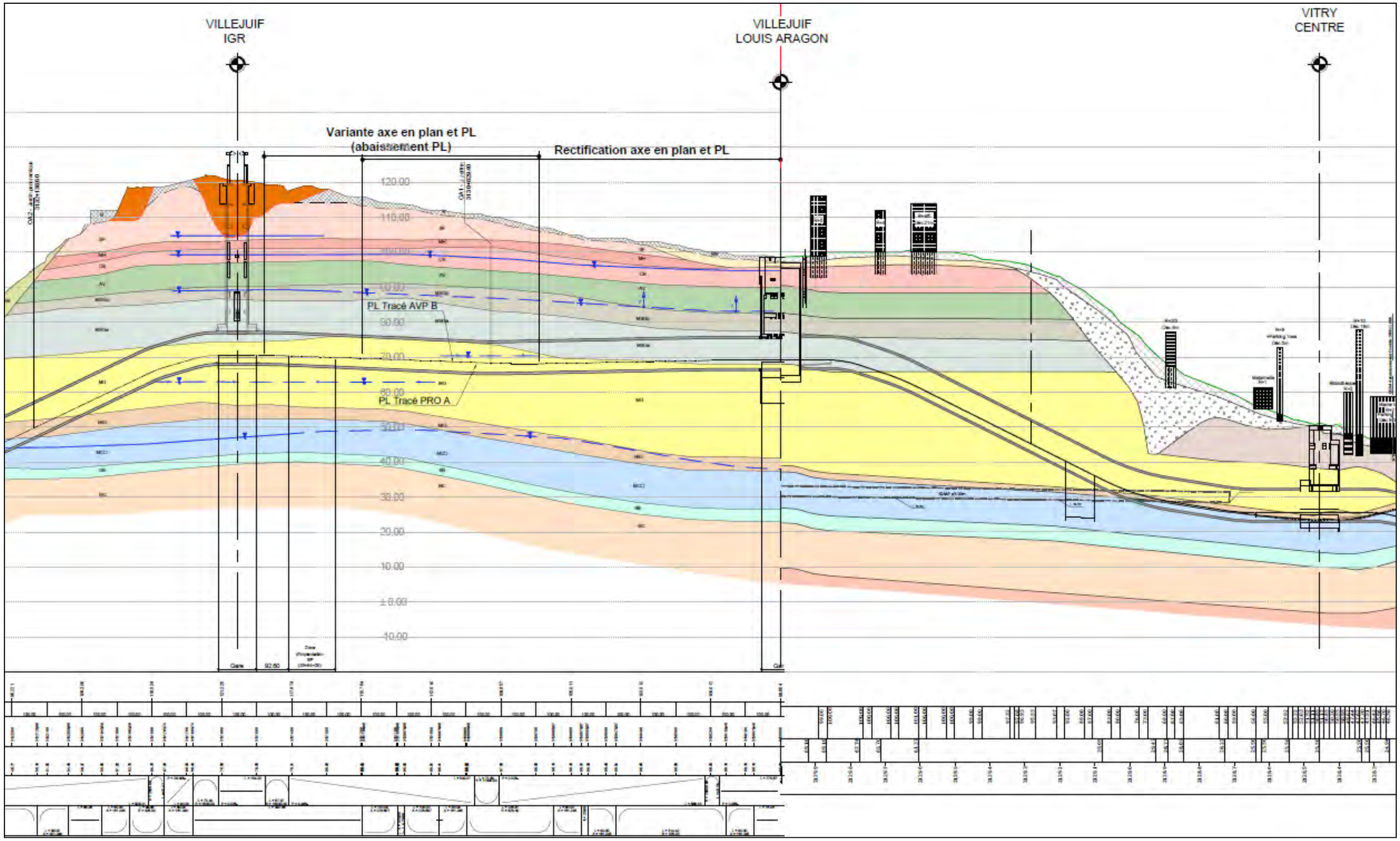
c. *Secteur du plateau de Villejuif*

Ce secteur occupe la partie centrale du tracé, entre la vallée de la Bièvre et la gare de Vitry Centre. Il intègre les gares de Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon. Au niveau du plateau, la stratigraphie rencontrée est, depuis la surface, la suivante :

- Des remblais d'une épaisseur de 3 à 5 m pouvant atteindre une quinzaine de mètres au niveau de la gare de Villejuif IGR dans la zone d'exploitation des Sables de Fontainebleau à ciel ouvert,
- Des éboulis de coteaux en bordure du plateau d'une épaisseur de 5 à 15 m,
- Limons des plateaux, en plaquage résiduels, sur quelques mètres d'épaisseur entre les gares de Villejuif Louis Aragon et Vitry-Centre;
- Sables de Fontainebleau dont l'épaisseur peut atteindre 15 mètres par endroit ;
- Marnes à huîtres, sur une épaisseur d'environ 3 mètres ;
- Calcaires de Brie, dont l'épaisseur, relativement constante, atteint 5 mètres ;
- Argiles Vertes, de 5 à 8 mètres d'épaisseur ;
- Marnes supra gypseuses, constituées par les Marnes de Pantin puis les Marnes d'Argenteuil sur environ 11 à 16 m d'épaisseur. Ces formations contiennent de petits niveaux de gypse dans la base des Marnes d'Argenteuil ;
- Masses et Marnes du Gypse, d'une épaisseur de 15 à 30 m comportant des niveaux de gypse sans trace de dissolution ;
- Marnes à Pholadomies de 3 m d'épaisseur moyenne comportant également quelques niveaux gypseux ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 10 à 15 m d'épaisseur ;
- Sables de Beauchamp de 3-4 mètres d'épaisseur ;
- Marnes et Caillasses de plusieurs mètres d'épaisseur, qui comportent des niveaux de gypse d'épaisseur variable ;

Après avoir traversé la vallée de la Bièvre, le tunnel grimpe progressivement au droit du plateau jusqu'à la gare de Villejuif IGR, traversant les formations des Marnes et Caillasses du Lutétien, les Sables de Beauchamp, les Calcaires de Saint-Ouen et les Marnes infra-gypseuses. Ensuite, le tunnel s'insère dans les formations des Masses et Marnes du Gypse et les Marnes d'Argenteuil. Arrivé en bordure orientale du plateau de Villejuif, le tunnel plonge progressivement, pour atteindre la gare de Vitry-Centre, traversant les Masses et Marnes du Gypse et les Calcaires de Saint-Ouen.




VILLEJUIF IGR
VILLEJUIF LOUIS ARAGON
VITRY CENTRE
Variante axe en plan et PL (abaissement PL)
Rectification axe en plan et PL
PL Tracé AVP B
PL Tracé PRO A
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00
Gare
92.50

d. Secteur Vallées de La Seine et de la Marne

Pour la Vallée de la Seine, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil voir des reliquats de Marnes Infragypseuses, la succession lithologique rencontrée est la suivante:

- Alluvions modernes aux abords immédiats de la Seine sur une épaisseur de l'ordre de 3-4 m ;
- Alluvions anciennes sur une épaisseur de 10-12 m ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 2 à 15 m selon le secteur. L'épaisseur est de l'ordre de 10-15 m de Vitry-Centre à Vert de Maisons pour s'amoindrir vers l'est jusqu'à une épaisseur résiduelle de 2 m au niveau de la gare de Créteil Echât. Des niveaux gypseux et des traces de dissolution ont été repérés dans les sondages de la zone de la gare des Ardoines;
- Sables de Beauchamp sur une épaisseur d'environ 5 mètres contenant des passages gypsifères et des traces de dissolutions au niveau du secteur des Ardoines;
- Marnes et Caillasses du Lutétien sur une épaisseur de 12 à 15 mètres contenant des passages gypsifères et des traces de dissolutions au niveau du secteur des Ardoines ;
- Le Calcaire Grossier du Lutétien.

Le tunnel oscille dans les formations des Marnes et Caillasses, des Sables de Beauchamp et les Calcaires de Saint-Ouen les gares de Vitry-Centre et la Seine, pour ensuite s'inscrire dans les formations du Lutétien (Marnes et Caillasses et Calcaire Grossier)

L'isthme de la Marne – commune de Saint-Maur des Fossés : entre les deux passages sous-fluviaux sous la Marne entourant la commune de Saint-Maur des Fossés s'est développé un contexte géologique particulier, les formations ont été majoritairement érodées. Pour cette partie du projet s'étalant sur 2 km, la succession géologique est la suivante :

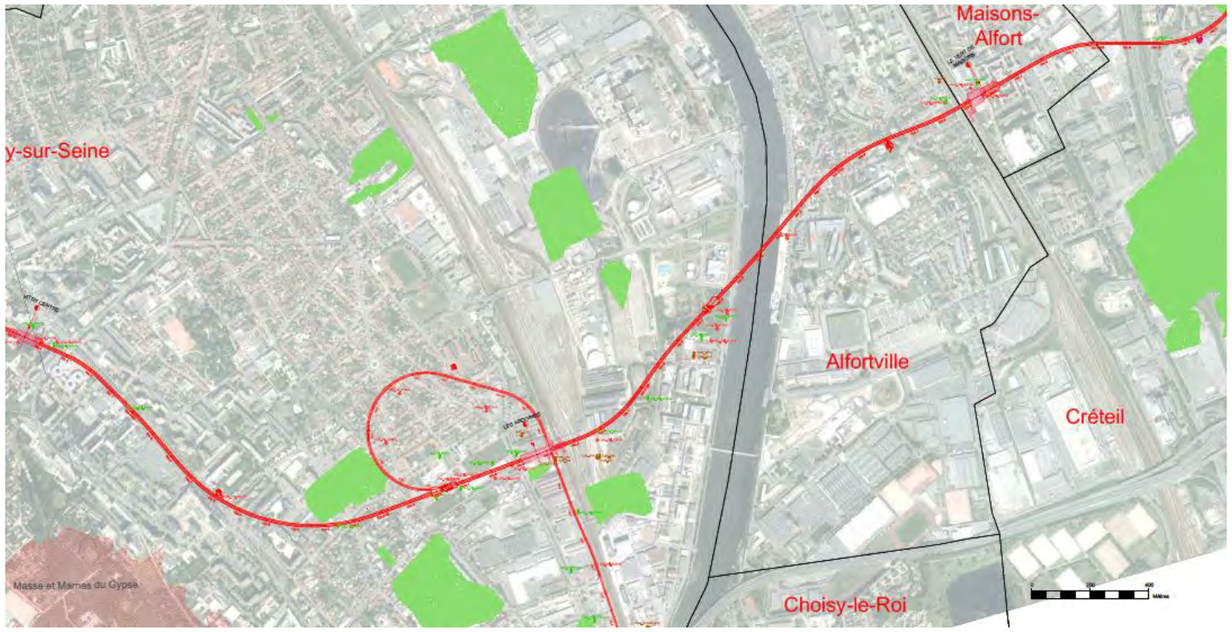
- **Alluvions modernes** aux abords immédiats de la Marne sur une épaisseur de 2 à 8 m ;
- **Alluvions anciennes** sur environ 10 m d'épaisseur,
- **Reliquat de Calcaire Grossier** dans la partie haute de Saint-Maur des Fossés sur une épaisseur atteignant 20 m au maximum ;
- **Les formations de l'Ypresien,** composées de Fausses Glaises et d'Argiles Plastiques sur 20 à 25 m ;
- **Les Marnes de Meudon** sur 3 à 8 m d'épaisseur,
- **Puis la Craie du Crétacé.**

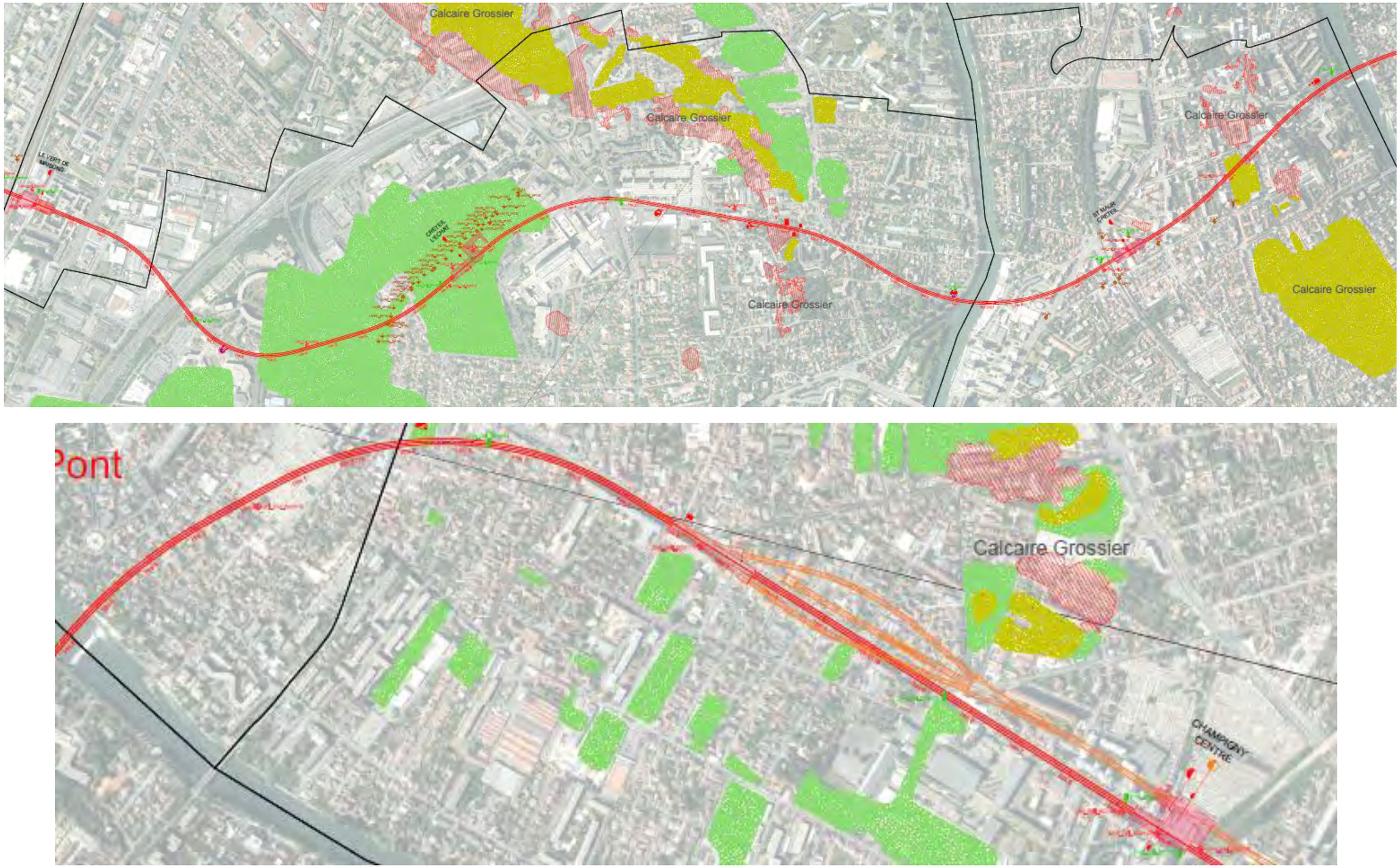
Le tunnel oscille entre l'Yprésien et la Craie. Le point bas se situant au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil dans la Craie à 52 m de profondeur.

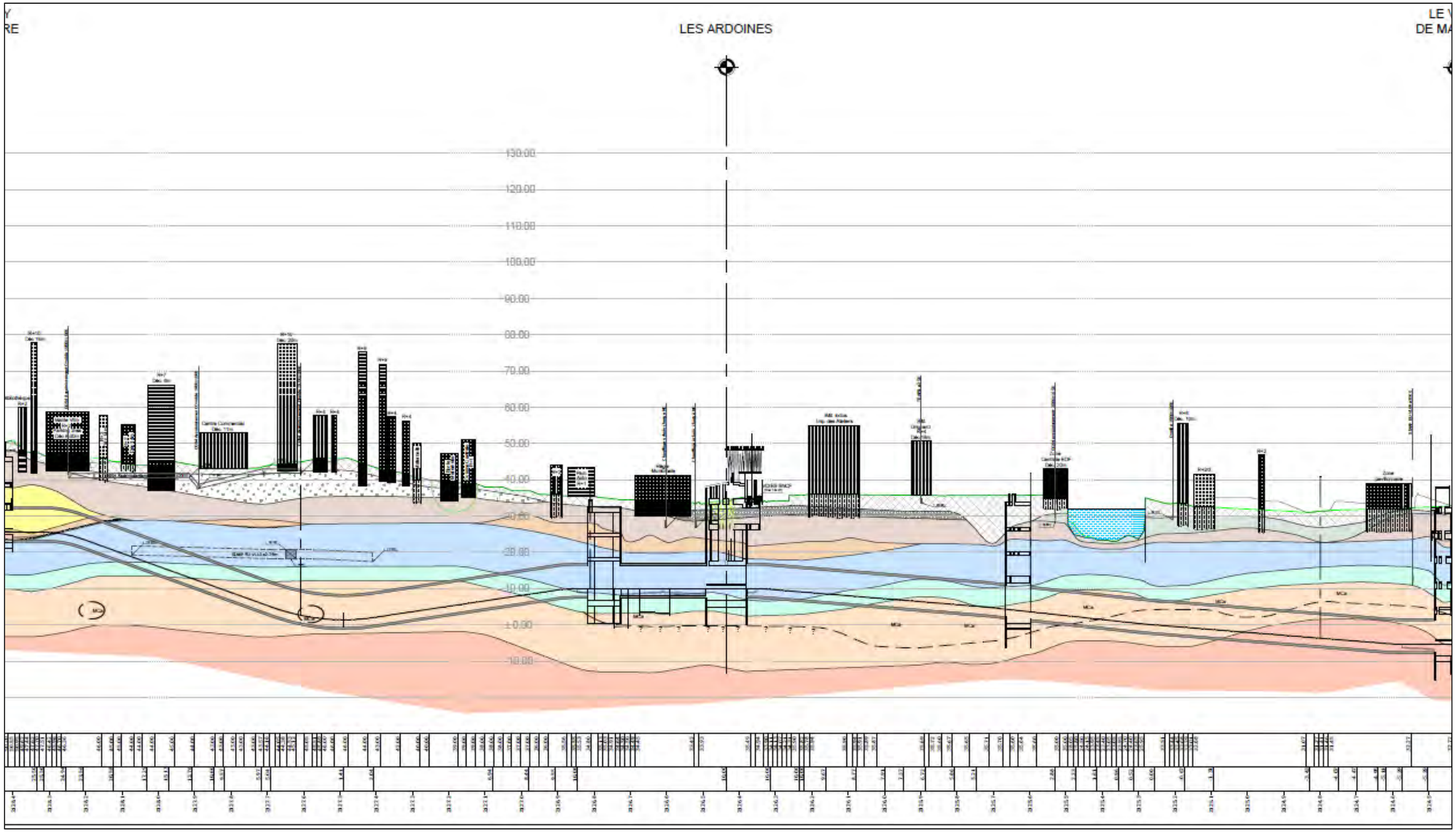
Pour la Vallée de la Marne s'étalant entre la Marne à Joinville-le-Pont et la gare de Champigny-Centre la succession lithologique rencontrée est :

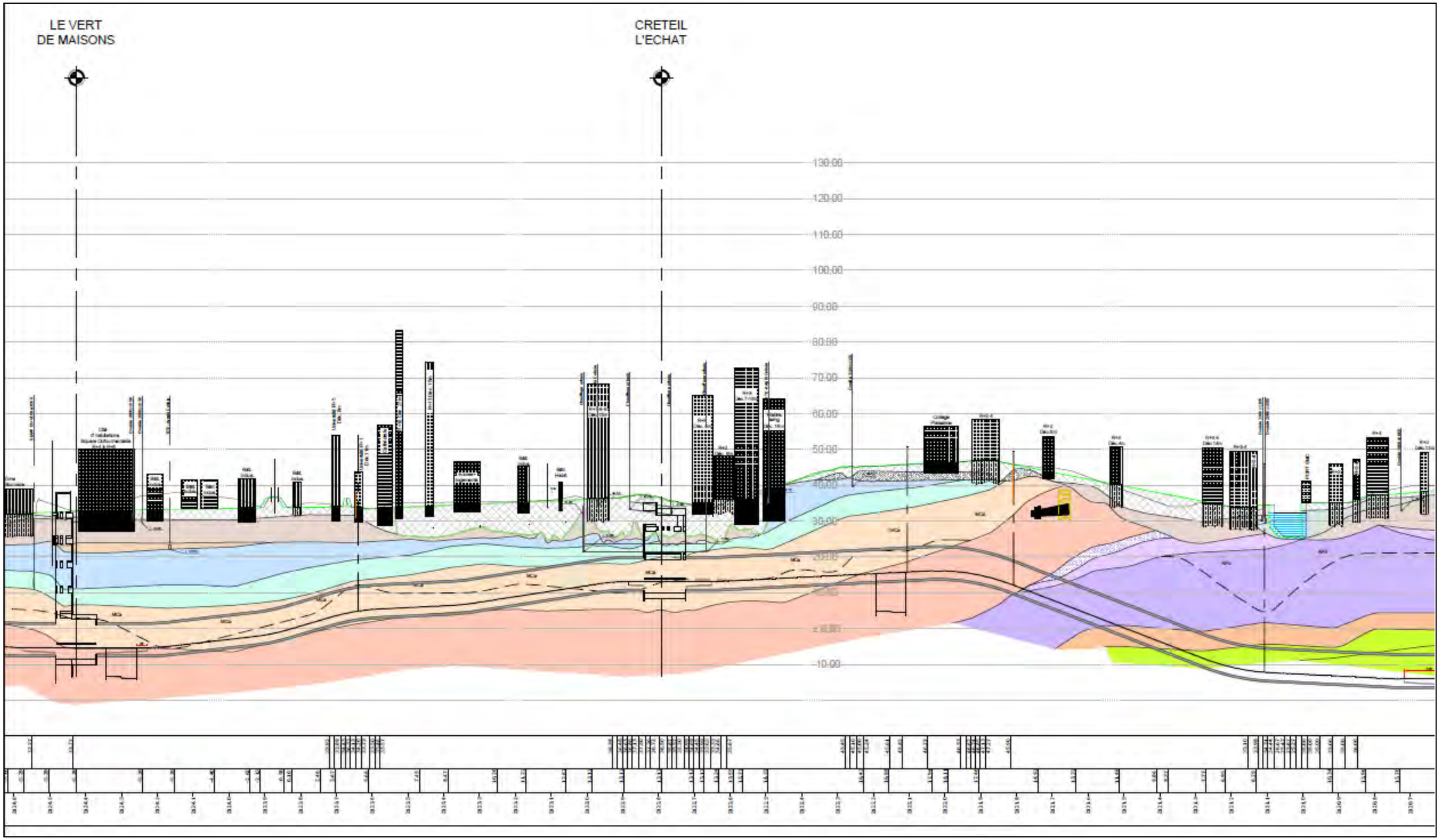
- Alluvions anciennes sur une épaisseur d'environ 5 mètres ;
- Calcaires Grossiers du Lutétien sur une épaisseur de 10-12 mètres environ, la partie supérieure est altérée ;
- formations de l'Yprésien constituées : Des Sables Supérieurs sur 2 à 4 m d'épaisseur répartis irrégulièrement sur ce secteur, des Fausses Glaises sur 5 m d'épaisseur moyen, excepté au niveau de la gare de Champigny-Centre où elles atteignent 15 m d'épaisseur, puis des Argiles Plastiques.

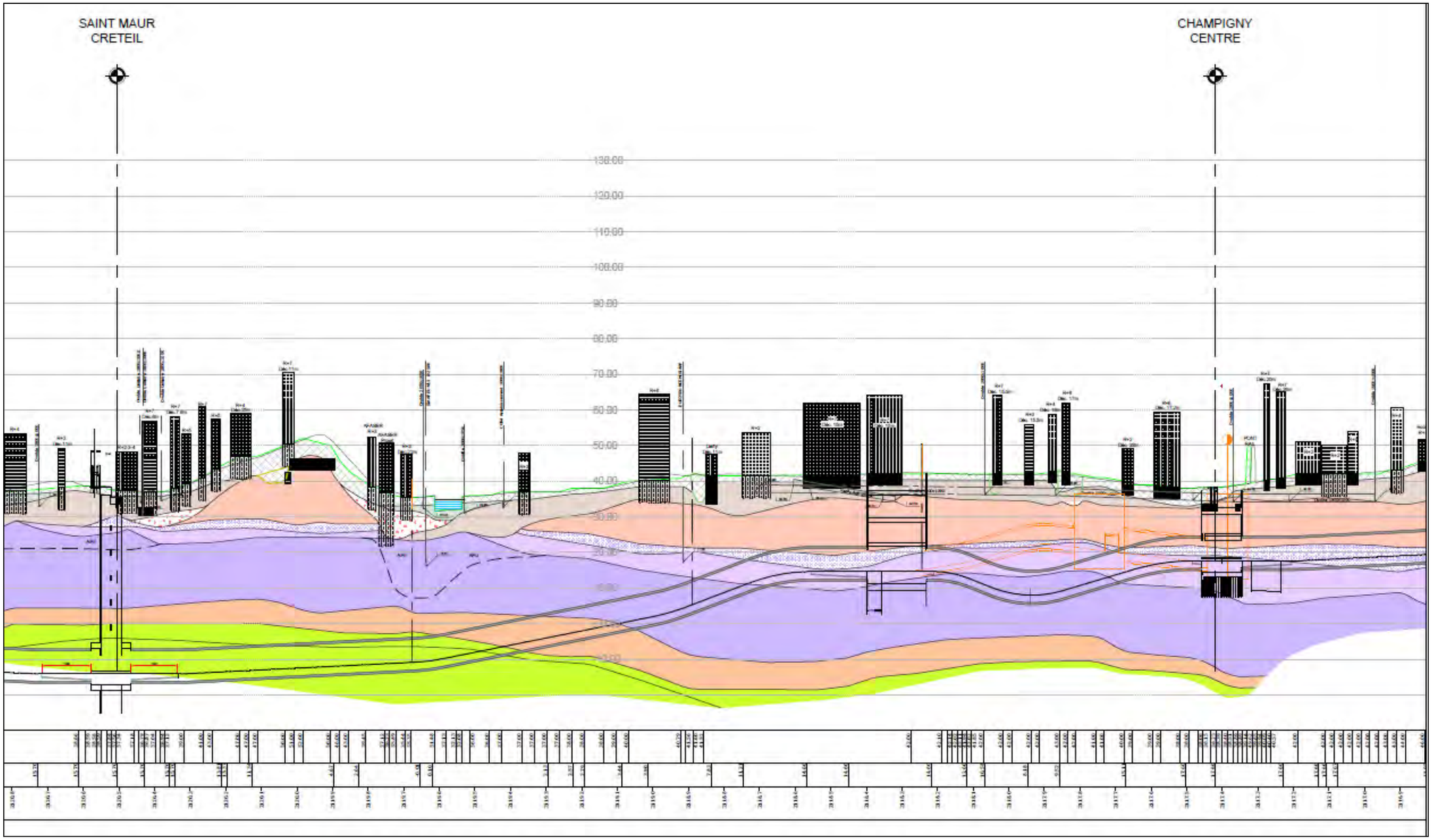
La traversée s'insère dans les formations de l'Yprésien sur ce secteur.

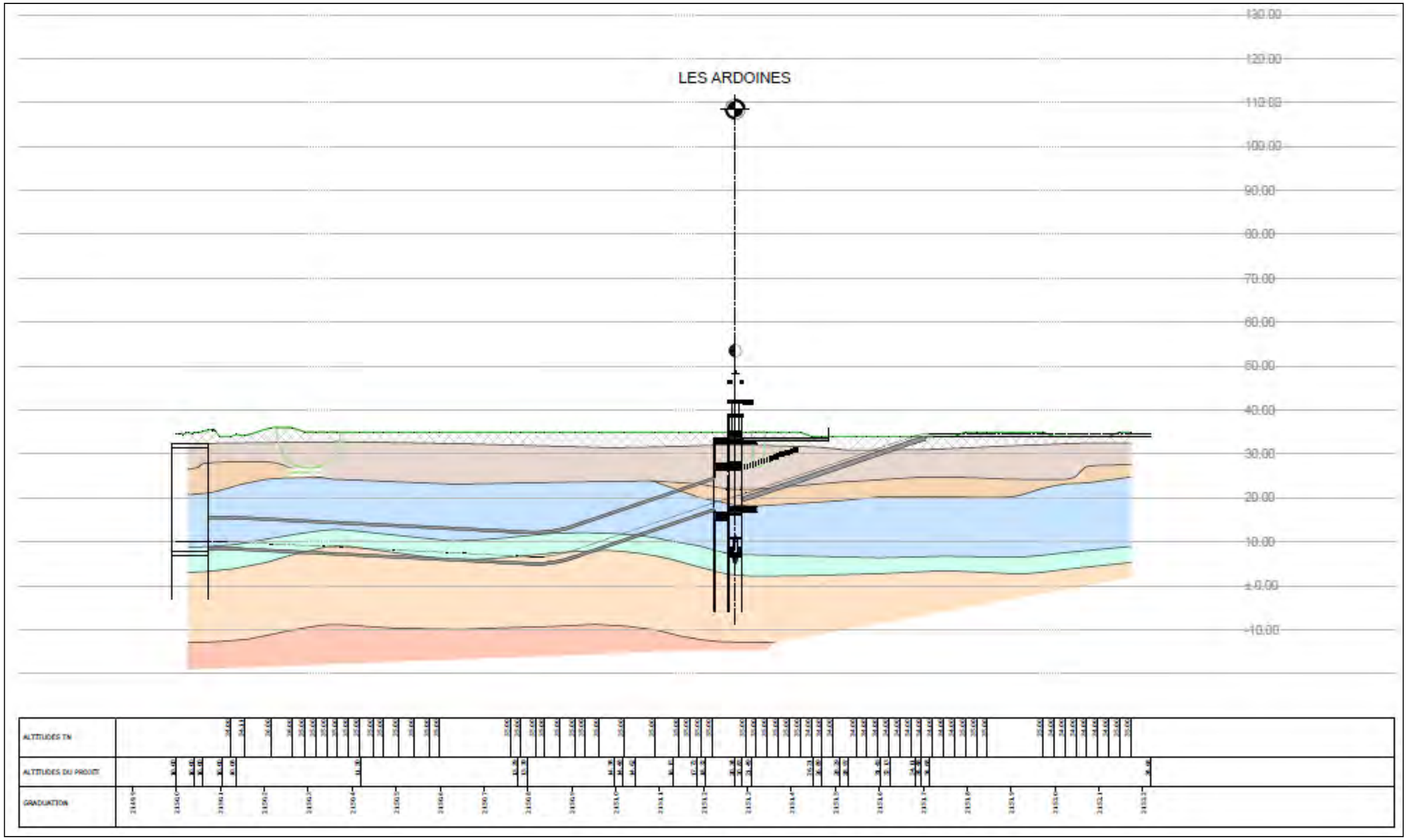



Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
Calcaire Grossier
LE VERT DE MASSEND
CRETEIL L'ECHAT
ST MAUR CRETEIL
CHAMPIGNY CENTRE


LES ARDOINES
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
±0.00
-10.00


LE VERT
DE MAISONS
CRETEIL
L'ECHAT
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00


SAINT MAUR
CRETEIL
CHAMPIGNY
CENTRE
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00



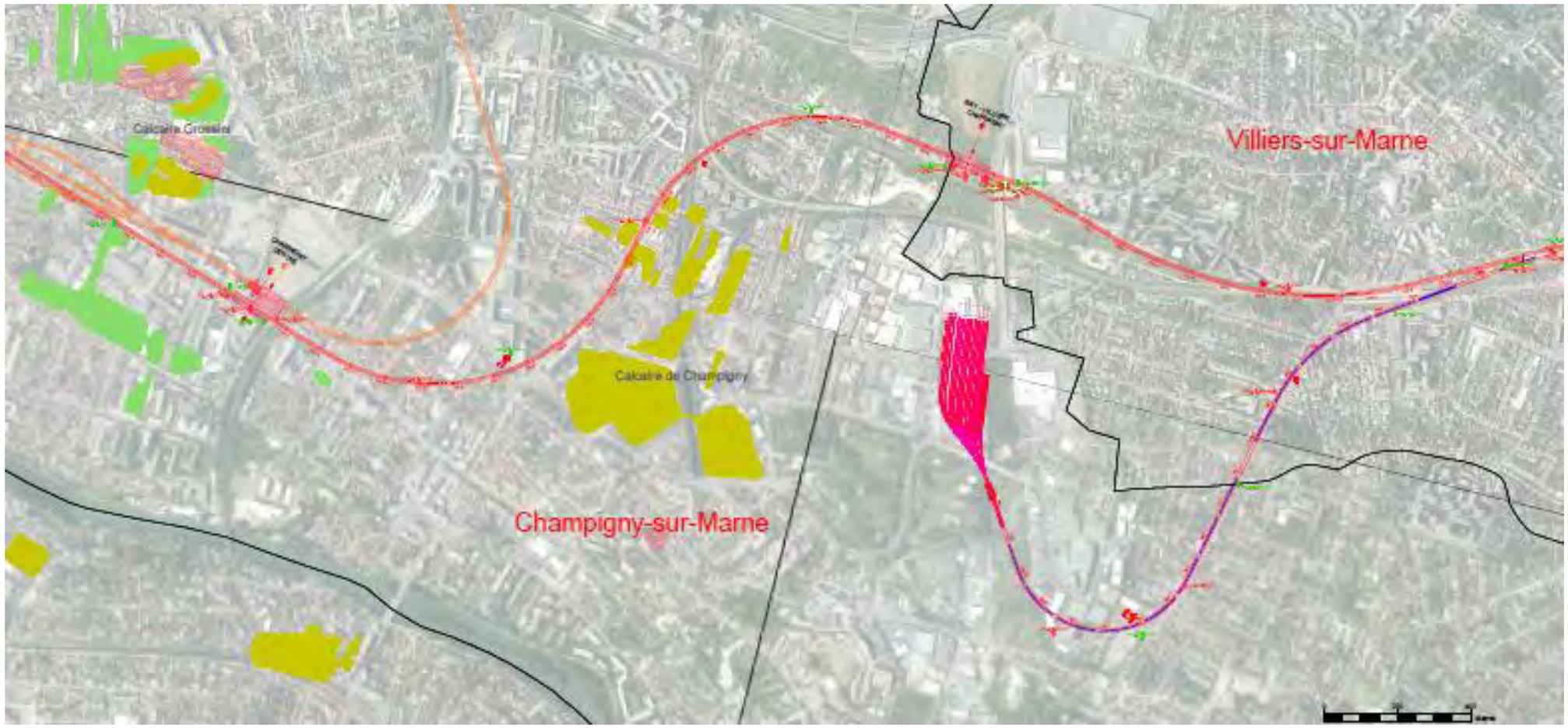
Coupe géologique au niveau du débranchement vers le site de maintenance des infrastructures (SMI) de Vitry

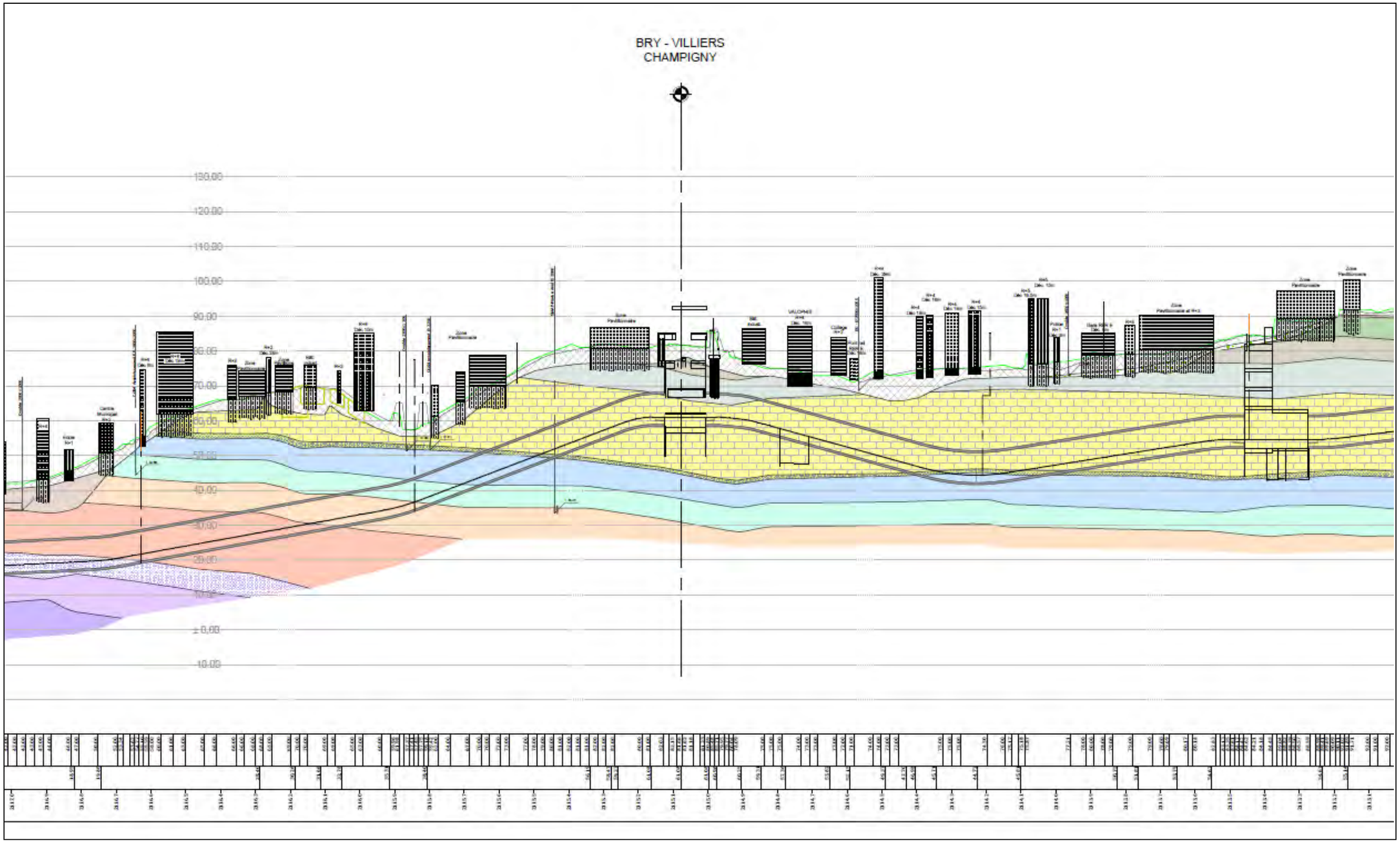
e. Secteur du plateau de la Brie

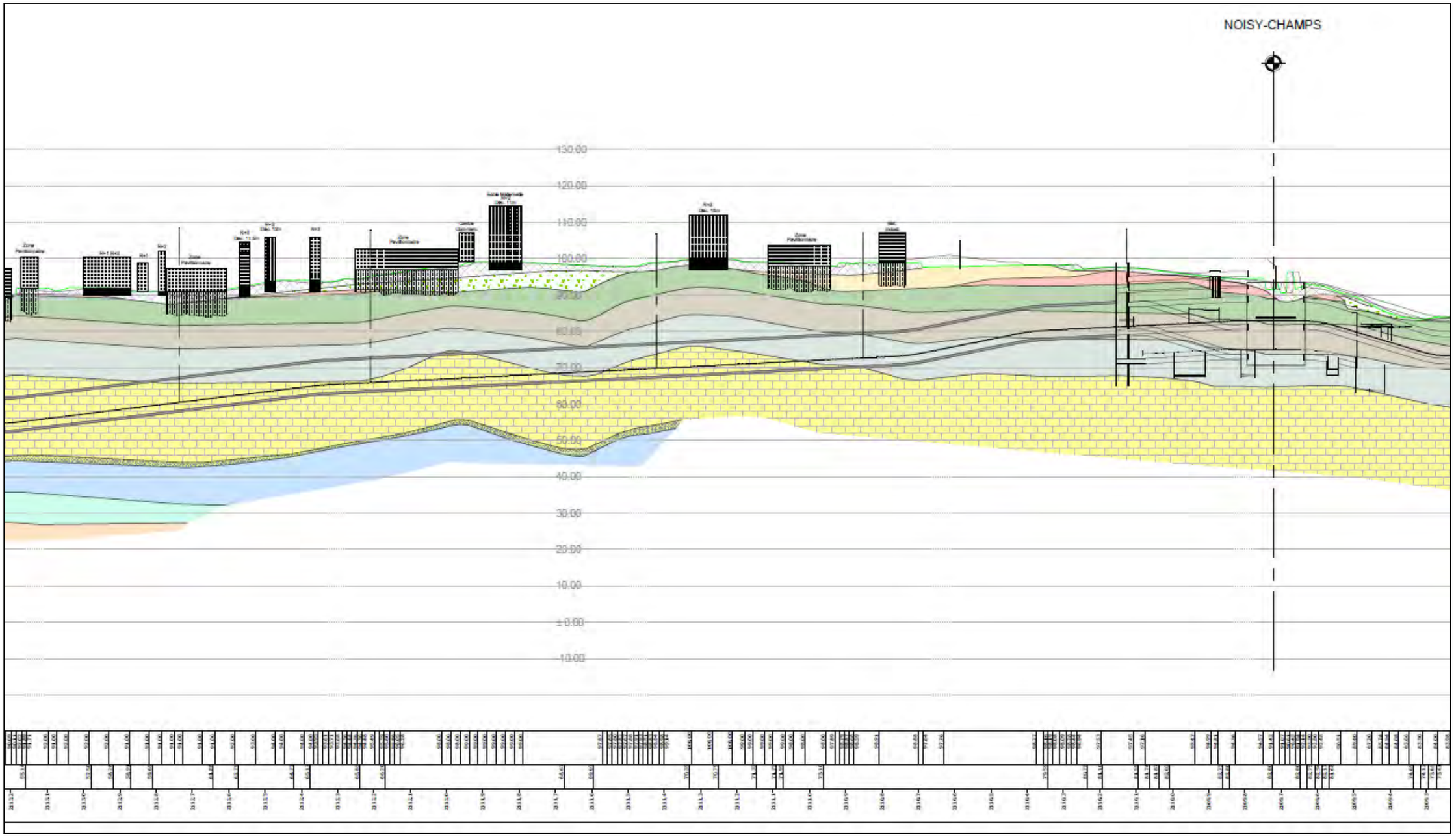
Ce secteur occupe l'extrémité nord-est du tracé de la Ligne 15 Sud, du coteau situé à l'Est de la gare de Champigny-Centre jusqu'à la gare de Noisy-Champs. La stratigraphie rencontrée est la suivante :

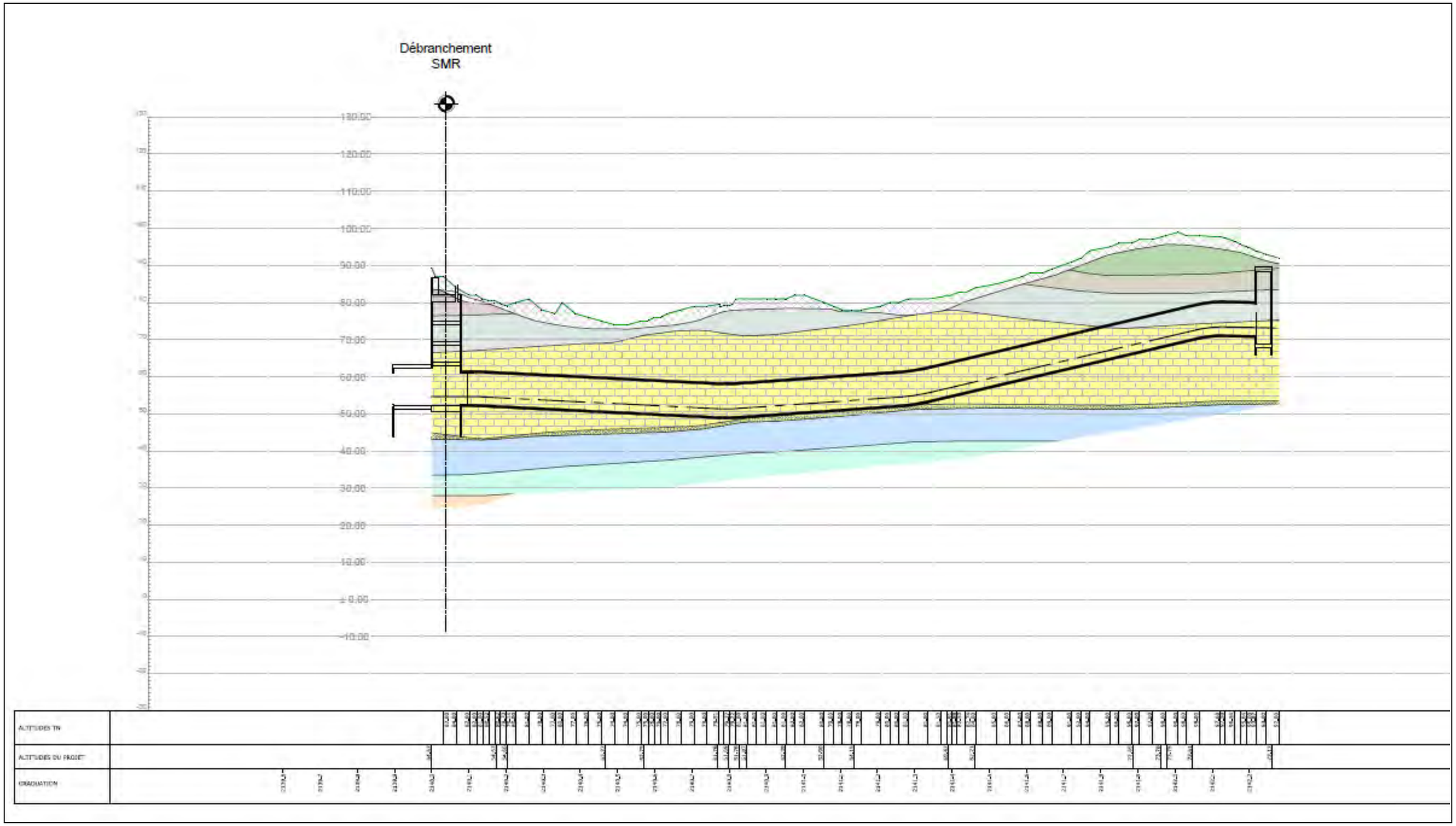
- Limons des plateaux, rencontrés ponctuellement, sur quelques mètres d'épaisseur au niveau de l'autoroute A4 sur la commune de Noisy-Le-Grand ;
- Calcaire de Brie (Sannoisien supérieur) en lambeaux de faible épaisseur (3 m) au niveau de la gare de Noisy-Champs principalement ;
- Argile verte (Sannoisien inférieur), sur 4 à 7 m d'épaisseur de l'ouvrage d'entonnement au site de maintenance et de remisage à la gare de Noisy-Champs;
- Marnes supra-gypseuses (Ludien supérieur) sur environ 15-20 m d'épaisseur, dont 4-5 m de Marnes de Pantin et 10-12 m de Marnes d'Argenteuil ;
- Calcaire de Champigny (Ludien inférieur) sur 20 à 25 m d'épaisseur correspondant à une variation latérale de faciès des Masses et Marnes du Gypse.
- Sables Verts de Monceau sur 2 m d'épaisseur ;
- Calcaires et Marnes de Saint-Ouen (Marinésien inférieur), sur 10 m d'épaisseur ;
- Sables de Beauchamp (Auversien) sur 6-8 m d'épaisseur ;
- Marnes et Caillasses (Lutétien) ;

Le tunnel de la Ligne 15 Sud s'insère dans les Calcaires de Champigny jusqu'à Noisy-le-Grand. Il remonte ensuite légèrement dans les Marnes supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) jusqu'à la gare de Noisy-Champs.

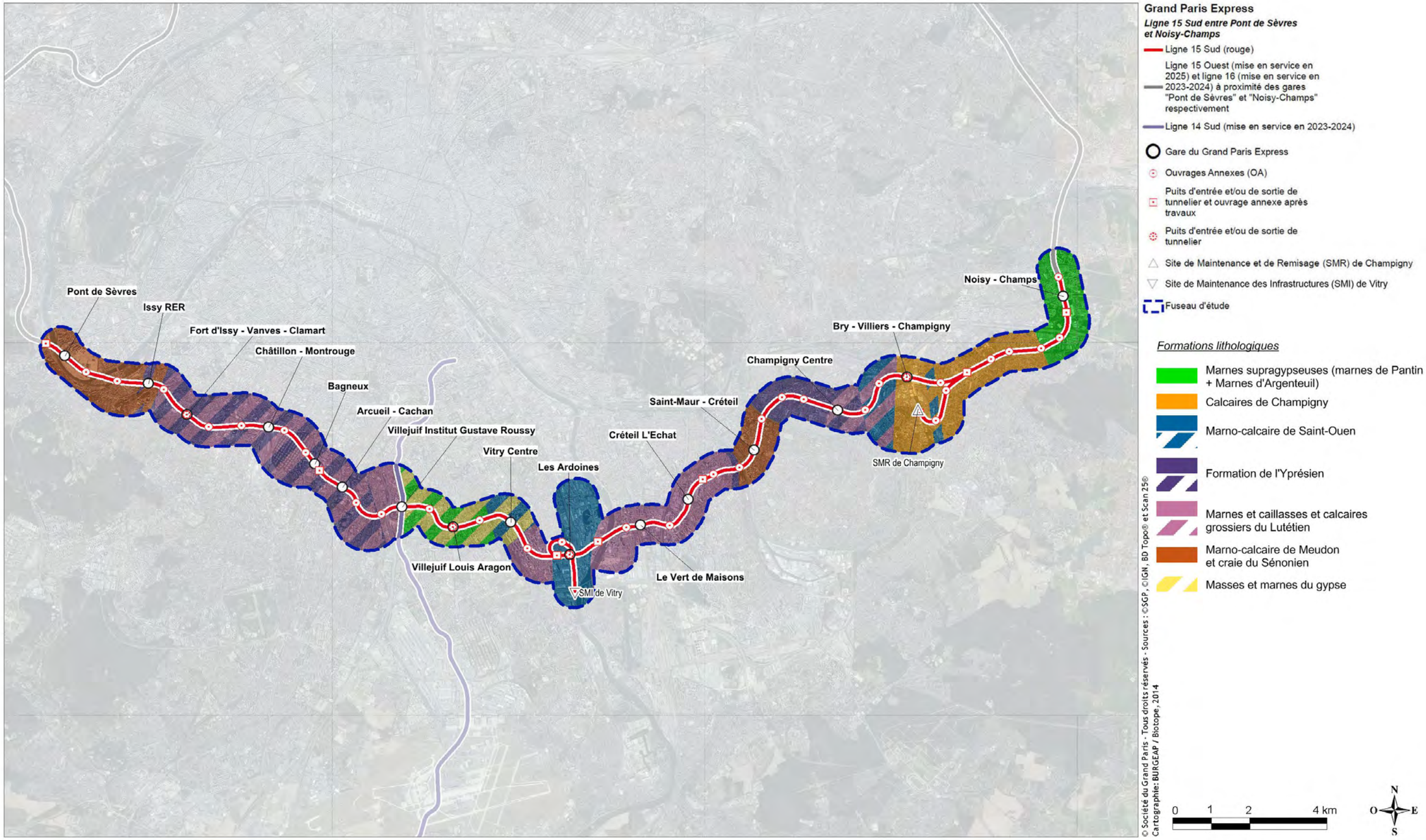



BRY - VILLIERS
CHAMPIGNY
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00


NOISY-CHAMPS
130.00
120.00
110.00
100.00
90.00
80.00
70.00
60.00
50.00
40.00
30.00
20.00
10.00
± 0.00
-10.00



Coupe géologique au niveau du débranchement vers le site de maintenance et de remisage (SMR) de Champigny


Pont de Sèvres
Issy RER
Fort d'Issy - Vanves - Clamart
Châtillon - Montrouge
Bagneux
Arcueil - Cachan
Villejuif Institut Gustave Roussy
Vitry Centre
Les Ardoines
Villejuif Louis Aragon
SMI de Vitry
Le Vert de Maisons
Créteil L'Echat
Saint-Maur - Créteil
Champigny Centre
Bry - Villiers - Champigny
Noisy - Champs
SMR de Champigny
Grand Paris Express
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs
Ligne 15 Sud (rouge)
Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
Gare du Grand Paris Express
Ouvrages Annexes (OA)
Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
Fuseau d'étude
Formations lithologiques
Marnes supragypseuses (marnes de Pantin + Marnes d'Argenteuil)
Calcaires de Champigny
Marno-calcaire de Saint-Ouen
Formation de l'Yprésien
Marnes et caillasses et calcaires grossiers du Lutétien
Marno-calcaire de Meudon et craie du Sénonien
Masses et marnes du gypse
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014
0 1 2 4 km
N
O
E
S

1.5.1.7 Méthodologie générale du choix des dispositions constructives

a. Réalisation du tunnel

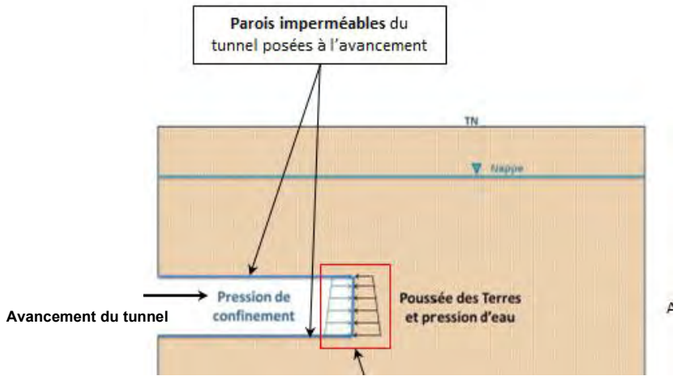
Pour la réalisation du tunnel, la technique de construction privilégiée est celle du tunnelier.

Une des fonctions principales du tunnelier est d'assurer la stabilité du front de creusement. Cette stabilité dépend des caractéristiques géotechniques du terrain et de la charge hydrostatique des couches géologiques traversées.

La stabilité est assurée au travers de la mise sous pression de la chambre de la chambre d'abattage du tunnelier (au niveau de la tête du tunnelier). Cette pression vient équilibrer la poussée des terres et la pression de l'eau afin d'assurer la stabilité du front.

Dans un milieu très urbanisé tel la Ligne 15 Sud, le tunnel sera creusé dans l'environnement d'ouvrages existants dense, la maîtrise du confinement appliquée est de fait essentielle afin de limiter les tassements et les désordres en surface.

Le schéma conceptuel suivant permet d'illustrer ce propos.



Zone de confinement : la pression de confinement permet de maintenir un équilibre entre l'intérieur et l'extérieur. Il n'y a pas de pompage de la nappe. Ainsi le creusement du tunnel n'entraine pas de circulations des eaux dans le sous-sol évitant la déstabilisation des couches géologiques.

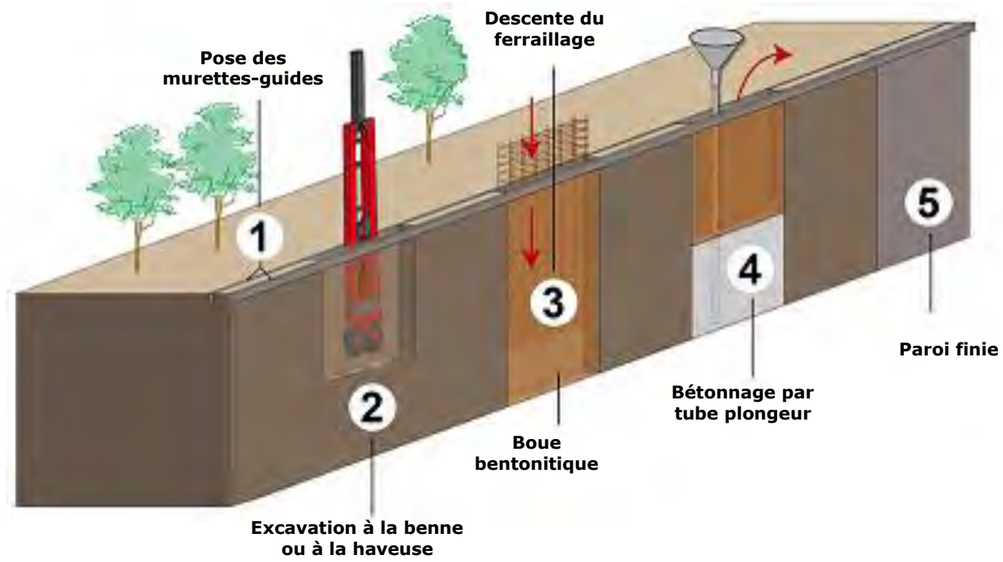
b. Principes généraux de réalisation des gares et ouvrages annexes

De manière générale les gares, les puits (ouvrages annexes) ainsi que certaines sous-sections en tranchée couverte (zone de débranchement ou d'entonnement) seront réalisées en parois moulées en béton armé directement moulées dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.

Le principe de réalisation est le suivant :

- Excavation du panneau de paroi moulée, la stabilité de cette excavation est assurée par un fluide de forage de type boue bentonique qui maintient les parois,
- Descente du ferraillage dans l'excavation stabilisée à la boue,
- Bétonnage du panneau depuis le bas de l'excavation et récupération de la boue betonitique pour recyclage et réutilisation sur les panneaux suivants.

Une fois l'enceinte périphérique réalisée l'excavation de la fouille intérieure peut commencer, la stabilité de l'excavation est assurée par le butonnage des parois moulées qui permettant ainsi de limiter les déformations de ces dernières.



Principe général de mise en œuvre de parois moulées
(Figure issue du site http://www.societedugrandparis.fr/)

En fonction du contexte souterrain (géologique et hydrogéologique) dans lequel s'insère l'ouvrage considéré, la profondeur d'ancrage des parois moulées est variable.

Le dimensionnement de la fiche des soutènements doit être réalisé de manière à assurer en premier lieu leur stabilité mécanique (reprise des poussées des terres).

Le dimensionnement doit également prendre en compte le milieu hydrogéologique. En effet, les parois moulées étant semi-étanches les venues d'eau horizontales sont fortement limitées sur toute leur hauteur ; pour les venues d'eau en fond de fouille deux solutions sont possibles :

- Le terrain est imperméable en profondeur, un prolongement des parois moulées pour atteindre cet horizon et créer ainsi une barrière hydraulique peut permettre de s'affranchir de ces venues,
- Les terrains sont perméables, la gestion des eaux venant par le fond de fouille se fera soit à l'aide pompages avec abaissement du niveau piézométrique soit par traitement du fond de fouille pour créer un horizon imperméable et créer une barrière hydraulique artificielle.

La démarche qui a été retenue pour le projet a consisté à privilégier les solutions techniques permettant de réduire le débit d'épuisement autant que possible. Cette démarche sera décrite dans la partie relative à l'hydrogéologie.

1.5.2 Impacts du projet associés à la présence d'anciennes carrières

1.5.2.1 Rappel de la problématique liée aux anciennes carrières

Le tracé de la Ligne 15 Sud rencontre deux principales familles de carrières :

- **les carrières à ciel ouvert**, remblayées après leur exploitation par du tout-venant ;
- **les carrières souterraines,** qui pour certaines ont été comblées ou confortées. Les techniques de stabilisation des carrières sont diverses :
  - par piliers à bras (poteaux montés pour soutenir le ciel de carrière),
  - par hagues et bourrages : réalisation de murs de pierres sèches (hagues) retenant les déchets non utilisés de l'exploitation de la carrière (bourrages).

Le Calcaire Grossier (Lutétien) a largement été exploité au droit du secteur d'étude en souterrain dont les galeries peuvent parfois être étendues sur plusieurs étages. Ces carrières ont potentiellement eu des évolutions variées :

- comblement traditionnel total ou partiel avec des matériaux divers : certaines galeries ont servi de décharge et présentent des matériaux pollués ;
- comblement par injection ;
- abandon et action de l'érosion de l'eau.

Ces zones d'anciennes carrières sont soumises à des prescriptions réglementaires particulières qui s'appliquent à tout projet de construction soumis à permis de construire.

1.5.2.2 Rappel des enjeux liés à la présence d'anciennes carrières

Dès la fin de leur exploitation, ces carrières sont potentiellement le siège de mouvements verticaux pouvant entrainer des déstabilisations pouvant se répercuter en surface.

- **les carrières à ciel ouvert** sont souvent remblayées par des matériaux de mauvaise qualité et présentent donc l'inconvénient de constituer des terrains de surface médiocres, sous-consolidés pour la réalisation d'un projet de type métro souterrain. Le passage du tunnelier sous des terrains sous-consolidés peut engendrer des tassements en surface difficilement compatibles avec le bâti sus-jacent.
- **les anciennes carrières souterraines** constituent des ouvrages fragiles. Le passage du tunnelier ou la réalisation de travaux à proximité de ces dernières, et donc la modification du milieu en termes de contraintes dans le sol notamment, peut engendrer la remise en cause de l'équilibre précaire des carrières. Les instabilités susceptibles d'apparaître se situent principalement en ciel de carrière (toit de la carrière) pouvant aller jusqu'à des effondrements progressifs de la voûte, voire à des fontis remontant en surface.
  Ainsi, la réalisation d'un projet de type métro souterrain à proximité d'anciennes carrières souterraines est susceptible de créer des désordres sur ces dernières : engendrant ainsi des décompressions dans le sol et donc des tassements pouvant remonter en surface et impacter le bâti, les réseaux et les infrastructures situés à l'aplomb des zones concernées.

1.5.2.3 Rappel de la sensibilité des secteurs associée à la présence d'anciennes carrières

Le tableau ci-dessous rappelle les niveaux de sensibilité associés à la présence d'anciennes carrières, sur les différents secteurs de la Ligne 15 Sud :

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Présence potentielle d'anciennes carrières dans la partie sud-ouest de la boutonnière, très éloigné du tracé.
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Présence de nombreuses anciennes carrières souterraines de Calcaire Grossier. Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert de Calcaire Gossier entrainant des niveaux de remblais épais sur les gares de Fort d'Issy Vanves Clamart et Arcueil Cachan.
Secteur du plateau de Villejuif	Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert de Sables de Fontainebleau entrainant des niveaux de remblais épais à proximité de la gare de Villejuif IGR.
Secteur vallées de la Seine et de la Marne	Présence d'anciennes carrières souterraines de gypse ou de Calcaire Grossier très localisées et de faible étendue. Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert « ballastières » entrainant des niveaux de remblais épais sur la commune de Créteil principalement,.
Secteur du plateau de la Brie	Présence potentielle d'anciennes carrières de Calcaire Grossier ou de Calcaire de Champigny sur la commune de Champigny. Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert (sablières) sur la commune de Champigny. Ces carrières sont très localisées

Légende :

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

Identification de la sensibilité associée à la présence d'anciennes carrières
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.5.2.4 Prescriptions et règles liées aux anciennes carrières

Des prescriptions réglementaires s'appliquent pour les ouvrages constituant la Ligne 15 Sud, situés dans l'emprise, soit d'une ancienne carrière, soit d'un PPRn.

La liste des communes concernées par des Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) ou documents valant PPR (article R111-3 du Code de l'Urbanisme) sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

Département	Communes du fuseau	Prescription	Enquête	Approbation
R111.3 Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)				
92	Sèvres	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Meudon	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Issy-les-Moulineaux	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Vanves	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Clamart	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Malakoff	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Montrouge	-	26/10/1984	19/12/1985
92	Châtillon	-	26/10/1984	27/01/1986
92	Bagneux	-	26/10/1984	07/08/1985
PPRn Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)				
92	Meudon	15/04/2003	-	-
94	Cachan	01/08/2001	-	-
94	L'Haÿ-les-Roses	01/08/2001	-	-
94	Villejuif	01/08/2001	-	-
94	Vitry-sur-Seine	01/08/2001	-	-
94	Maisons-Alfort	01/08/2001	-	-
94	Créteil	01/08/2001	-	-
94	Saint-Maur-des-Fossés	01/08/2001	-	-
94	Joinville-le-Pont	01/08/2001	-	-
94	Champigny-sur-Marne	01/08/2001	-	-

Législation vis-à-vis des carrières des communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud
(Données issues de la base de données du site http://prim.net)

a. *PPRn Mouvement de terrain – Affaissements et effondrement liés aux cavités souterraines (hors mines)*

Au droit du secteur d'étude, 10 communes sont concernées par des Plans de Prévention des Risques naturels (PPRn) pour la problématique des carrières. Il s'agit des communes de :

Meudon (92) / Cachan (92) / l'Haÿ-les-Roses (92) / Villejuif (94) / Vitry-sur-Seine (94) / Maisons-Alfort (94) / Créteil (94) / Saint-Maur-des-Fossés (94) / Joinville-le-Pont (94) / Champigny-sur-Marne (94).

Ces documents sont en cours d'élaboration et ne sont toujours pas approuvés à ce jour. Ces documents n'ont pas pu être consultés, car ils ne sont pas accessibles pour le moment.

Ainsi, aucun règlement et aucun zonage réglementaire n'est aujourd'hui approuvé sur ces communes.

Il convient également de noter que les dispositions constructives de la Ligne 15 Sud sont définies à partir d'études géotechniques comprenant des investigations de reconnaissance du sous-sol. Ces études prennent en compte la norme NF P 94-500 et les notices techniques de l'Inspection Générale des Carrières (IGC). Le travail d'analyse du risque « carrière » est réalisé en concertation avec l'IGC qui est le service de référence dans ce domaine.

Ces études portent notamment sur :

- la détection des vides résiduels au travers des sondages réalisés;
- l'examen de la stabilité du site (nature, épaisseur et caractéristiques des terrains). Le cas échéant, les dispositions constructives visant à stabiliser le sous-sol et à assurer la stabilité définitive sont prescrites;
- l'incidence éventuelle des aménagements projetés sur les avoisinants.

La prise en compte de la problématique carrière est intégrée dans le projet selon les méthodologies et démarches définies en Ile-de-France par l'organisme de référence dans ce domaine.

b. *R111-3 Mouvement de terrain – Affaissements et effondrement liés aux cavités souterraines (hors mines)*

Au droit du secteur d'étude, 9 communes sont couvertes par un périmètre de zones à risque liées à la présence d'anciennes carrières, pris en application de l'article R111-3 du Code de l'urbanisme. Ces périmètres, délimités par des arrêtés préfectoraux pris entre 1985 et 1986 ont valeur de Plan de Prévention du Risque carrière. Il s'agit des communes de :

Sèvres (92) / Meudon (92) / Issy-les-Moulineaux (92) / Vanves (92) / Clamart (92) / Malakoff (92) / Montrouge (92) / Châtillon (92) / Bagneux (92).

Les documents établis en vertu de l'article R111-3 du Code de l'urbanisme imposent de solliciter l'avis de l'IGC pour toute construction soumis à permis de construire dans les périmètres à risque. La Société du Grand Paris a étendu cette démarche en consultant l'IGC pour un partage des connaissances sur tout le tracé de la L15 Sud.

c. *Arrêté inter-préfectoral du 26 janvier 1966 relatif aux anciennes carrières*

Lorsque les projets de construction rencontrent d'anciennes carrières, il existe des prescriptions réglementaires en application de l'Arrêté du 26 janvier 1966, relatif aux anciennes carrières de Paris (retranscrit en R.111-3 du Code de l'Urbanisme au PLU) et de l'ancien département de la Seine – Permis de Construire – Mesures de Sécurité.

Cet arrêté concerne les communes de :

Boulogne-Billancourt (92) / Châtillon (92) / Clamart (92) / Issy-les-Moulineaux (92) / Malakoff (92) / Montrouge (92) / Vanves (92) / Alfortville (94) / Arcueil (94) / Cachan (94) / Champigny-sur-Marne (94) / Choisy-le-Roi (94) / Créteil (94) / Joinville-le-Pont (94) / L'Haÿ-les-Roses (94) / Maisons-Alfort (94) / Saint-Maur-des-Fossés (94) / Villejuif (94) / Vitry-sur-Seine (94).

L'Arrêté stipule que dans ces zones d'anciennes carrières, **« les projets de constructions doivent faire l'objet d'un examen de la part du service de l'Inspection Générale des Carrières lors des dépôts des permis de construire ». La Société du Grand Paris a étendu cette démarche en consultant l'IGC pour un partage des connaissances sur tout le tracé de la L15 Sud.**

d. Conclusion sur les prescriptions réglementaires associées aux anciennes carrières

Ainsi, la Société du Grand Paris sollicitera l'avis de l'IGC pour toute construction soumis à permis de construire dans les périmètres à risque (essentiellement les gares), c'est à dire sur les communes suivantes **:**

Châtillon (92) / Clamart (92) / Issy-les-Moulineaux (92) / Malakoff (92) / Montrouge (92) / Vanves (92) / Arcueil (94) / Cachan (94) / Champigny-sur-Marne (94) / Créteil (94) / Joinville-le-Pont (94) / L'Haÿ-les-Roses (94) / Maisons-Alfort (94) / Saint-Maur-des-Fossés (94) / Villejuif (94) / Vitry-sur-Seine (94).

Par ailleurs, la Société du Grand Paris a organisé des réunions de travail avec l'Inspection Générale des Carrières pour partager les connaissances des secteurs concernés par le risque carrières notamment au niveau du plateau d'Issy à Cachan, la zone de Vitry à Champigny.

1.5.2.5 Prise en compte des anciennes carrières dans la réalisation d'un projet de type métro souterrain

Cette partie présente dans un premier temps les principes techniques des différents moyens de traitement des carrières qui seront mis en œuvre. Ensuite est présentée la démarche retenue au stade des études d'avant-projet au droit de la Ligne 15 Sud, définissant la méthode de traitement appropriée lorsque cela est nécessaire.

En premier lieu, le meilleur moyen de supprimer les risques liés à la présence d'anciennes carrières est de les contourner ou de s'en éloigner au maximum. La Société du Grand Paris a appliqué ce principe sur l'ensemble du tracé lorsque cela était compatible avec les objectifs de desserte du projet.

Le tracé en plan du projet cherche donc autant que possible à éviter la traversée de zones de carrières en s'en éloignant au maximum (démarche identique pour les carrières souterraines et les carrières à ciel ouvert).

Lorsque la zone de carrière n'a pu être évitée, ce qui est le cas pour plusieurs secteurs identifiés dans les chapitres suivants, des mesures constructives ont été envisagées.

- pour les **carrières à ciel ouvert remblayées**, le profil en long du tunnel est adapté afin que l'épaisseur de terrain au-dessus de la voûte du tunnel soit suffisante pour que les tassements soient non significatifs pour le bâti sus-jacent. En cas de remblaiement très médiocres de la carrière à ciel ouvert, des traitements de terrains seront mis en place.

- pour les **carrières souterraines**, le profil en long du tunnel est ajusté afin que la distance entre la voûte du tunnel et la base des carrières soit suffisante afin de préserver l'intégrité des carrières. Cette distance a été ajustée selon la nature du terrain, afin de conserver une épaisseur suffisante de terrain de bonne qualité au-dessus du tunnel.

Lorsque la présence de carrières souterraines est avérée et que leur état ou leur enjeu vis-à-vis du projet le demande, des mesures de traitement du risque adaptées à chaque secteur, seront mises en place. Plusieurs techniques sont possibles, le traitement retenu dépendra de différents paramètres dont :

- la distance entre la carrière et le tunnel,
- le mode de stabilisation pré-existant de la carrière,
- l'état de la carrière,
- la densité du bâti en surface,
- la nature des terrains sus-jacents et leur état de décompression.,

Un des effets de la présence de carrières souterraines et de leur évolution dans le temps par tassements et inflexion du ciel de carrière est la décompression des terrains sus-jacents (notamment les Marnes et Caillasses) par microbaillements entre les niveaux lités et marneux de celles-ci. Sur le prolongement de la ligne 4 du métro parisien ce phénomène a té à l'origine d'un traitement massif des Marnes et Caillasses pour limiter l'impact en surface.

Deux grandes techniques de traitement existent :

- comblement à pied d'œuvre : réalisation du comblement depuis les galeries des carrières, mise en place de murs masques et remplissage par mortier à l'arrière.

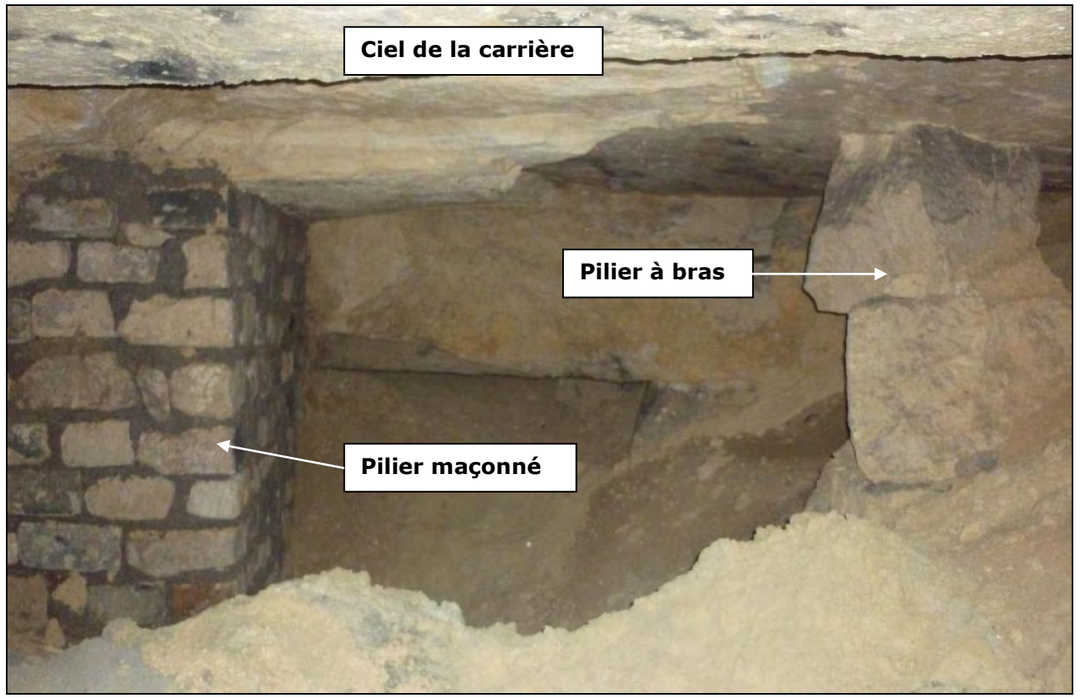
injections depuis la surface grâce à des forages afin de combler les carrières avant la réalisation du tunnel. Deux techniques se distinguent : le remblaiement par déversement gravitaire puis clavage depuis la surface (IGU) ou le remplissage et traitement des terrains par injection sous pression (IRS).Ces techniques de confortement sont présentées dans les paragraphes suivants.

Enfin, lorsque le traitement des carrières est rendu compliqué par l'impossibilité d'y accéder et/ou le manque d'emprise en surface, la mise en place de mesure de confortement des bâtis (reprise en sous-œuvre par exemple) pourra être envisagée.

a. Comblement à pied d'œuvre

Cette technique consiste en la **réalisation de piliers maçonnés ou coffrés**, pour augmenter la portance par le soutènement du toit et ainsi éviter l'effondrement du ciel de la carrière (cf. photo ci-après).

Les travaux consistent à purger par plots successifs l'ensemble des remblais de carrières et de les remplacer par des piliers maçonnés. En règle générale, le bourrage entre les piliers est facultatif ; il n'est pas nécessaire si le dimensionnement des piliers est correctement effectué. Un tel bourrage peut cependant être utile pour limiter le développement de fontis. Cette technique est mise en œuvre directement à partir du fond de la carrière.



Confortement d'une chambre par des piliers maçonnés
(Figures issues du rapport de visite des carrières souterraines du secteur Marx Dormoy - SETEC)

Pour pouvoir être soutenu, il faut que le ciel de la carrière soit suffisamment épais et en bon état.

Les domaines d'utilisation de cette technique sont limités par deux conditions sine qua non:

- l'espace souterrain doit être accessible, ce qui peut nécessiter la réalisation de puits et de galeries d'accès dédiés ;
- les conditions de sécurité et de salubrité des ouvrages souterrains doivent être satisfaisantes pour y réaliser des travaux.

Contrairement aux techniques de comblement des cavités, décrites par la suite, les techniques de renforcement permettent de conserver les vides souterrains en quasi-totalité si cela s'avère nécessaire (zones de visites IGC par exemple)..

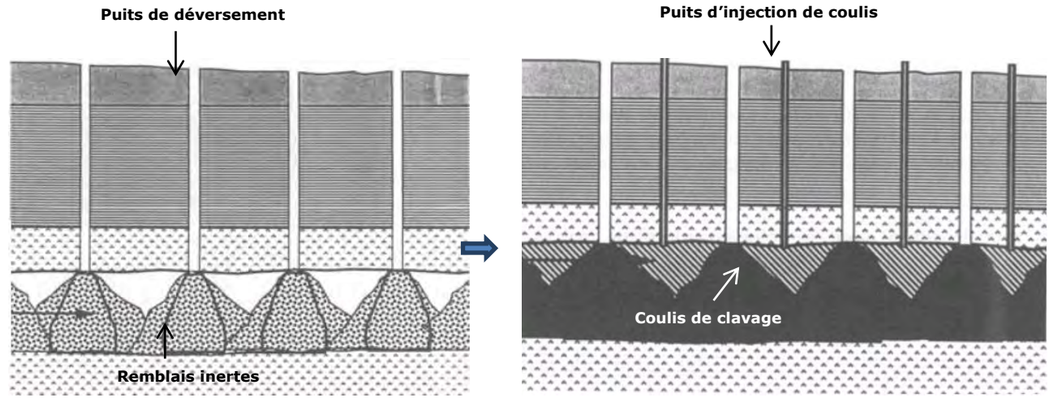
Cette méthode historique sera envisagée seulement dans les conditions suivantes :

- impossibilité de réaliser des traitements par injection depuis la surface (emprise indisponible) ;
- accès aux carrières existants et conditions favorables (sécurité notamment) pour les travaux à pied d'œuvre ;
- demande de l'IGC de garder la galerie visitable.

b. <u>Remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface (IGU)</u>

Le **remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface** a pour objectif de réduire au maximum le volume des vides souterrains afin de garantir les conditions souhaitées de stabilité du sol à long terme. Il s'agit d'une méthode de mise en sécurité dont le but est de supprimer tout risque d'effondrement des carrières ou de remontée de fontis et de limiter les tassements aux seuils limites acceptables.

Le principe est de déverser gravitairement (ou sous très faible pression) un mortier à partir de forages (puits de déversement) afin de remplir les vides importants des carrières souterraines. Des injections de clavage sont ensuite mises en œuvre, si besoin, afin de combler le vide résiduel entre le ciel des carrières et le mortier de remplissage (cf. schéma ci-dessous).



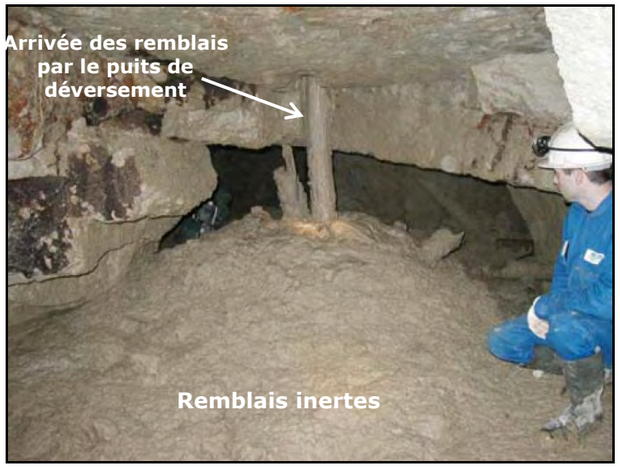
Déversement gravitaire par voie sèche depuis la surface avec injections de clavage
(Figures issues du Guide technique de l'INERIS : Mise en sécurité des cavités souterraines d'origine anthropique – Surveillance – Traitement)

Les opérations de remblayage à partir de forages depuis la surface permettent de traiter des zones totalement inaccessibles, très dégradées ou effondrées. Cette technique permet d'opérer sur des cavités de toutes dimensions.

Une étape au déversement gravitaire du mortier de comblement est la mise en place de murs barrage ou masques afin de délimiter la zone à traiter et ainsi éviter toute perte de matériaux.

Ils peuvent être réalisés :

- Soit directement depuis les carrières si accessibles ;
- Soit depuis la surface à l'aide de coulis silicatés ou bétons maigres secs injectés par l'intermédiaire de forages de gros diamètres.



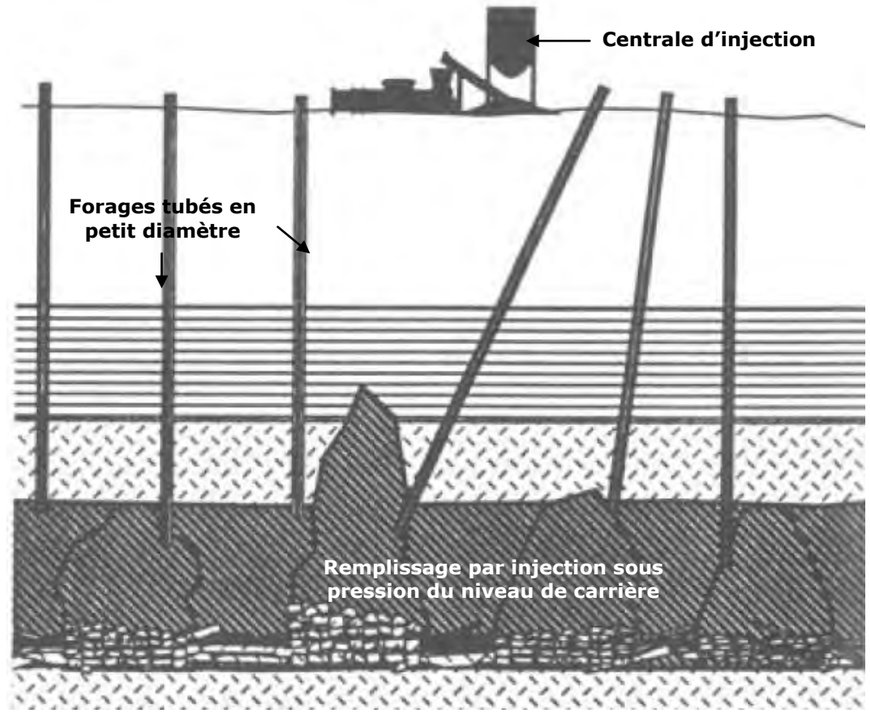
Remblayage par déversement gravitaire depuis la surface
(Figures issues du Guide technique de l'INERIS sur la mise en sécurité des cavités souterraines)

c. <u>Remplissage et traitement des terrains par injection sous pression (IRS)</u>

La méthode d'injection de mortier ou de coulis représente le mode de traitement le plus accompli et assure une consolidation efficace et définitive du sous-sol en lui restituant des propriétés de résistance suffisante.

Les objectifs du traitement des terrains par injection sont les suivantes :

- Remplissage total des vides par un produit durcissant dans le temps (coulis),
- Collage ou serrage des terrains « encaissants » pour les carrières à ciel ouvert ;
- Collage ou serrage des terrains sus-jacents (Marnes et Caillasses) en cas de décompressions de ces dernières ;
- Amélioration ou restitution des caractéristiques mécaniques des terrains.



Remblayage par injection sous pression depuis la surface
(Figures issues du Guide technique de l'INERIS : Mise en sécurité des cavités souterraines d'origine anthropique – Surveillance – Traitement)

Les techniques de traitement des terrains par injection sont à envisager seulement dans des conditions particulièrement défavorables et lorsqu'une mise en sécurité maximale est nécessaire :

- cavités totalement inaccessibles en très mauvais état (partiellement effondrées) ;
- terrains sus-jacents décomprimés,
- carrières effondrées,
- remblais de mauvaise qualité à traiter ;
- résistance mécanique du sol insuffisante ;
- terrains devant faire l'objet d'un traitement définitif et pérenne afin d'éliminer tout risque d'effondrement résiduel et limiter au maximum les possibles tassements en surface.

d. <u>Traitement par injections depuis une galerie dédiée (IRS)</u>

Si l'emprise en surface n'est pas disponible pour réaliser des injections et si les carrières ne sont pas accessibles et en mauvais état, ce qui empêche le recours au confortement à pied d'œuvre, il est possible de traiter les carrières par injection depuis des galeries dédiées. Cette méthode lourde nécessite notamment :

- la réalisation de puits d'accès et la libération d'emprises nécessaires pour les installations de chantiers (le plus près possible des zones à traiter) ;
- la réalisation de galeries dans les Marnes et Caillasses sus-jacentes aux Calcaires Grossiers exploités à traiter

e. *Démarche d'analyse multicritère permettant le choix de la méthode de traitement des carrières*

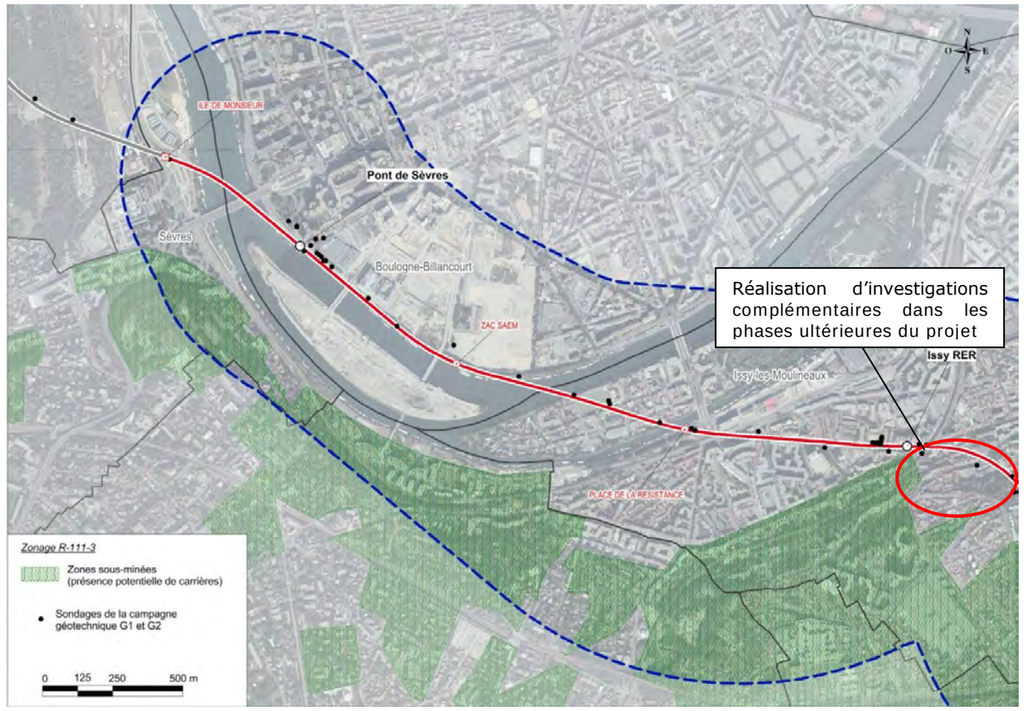
Le choix de la méthode de traitement des carrières à mettre en œuvre relève d'une analyse multicritère qu'il faut mener au cas par cas. Les critères de choix permettant de privilégier l'une ou l'autre des méthodes sont principalement les suivants :

- l'accessibilité des carrières ;
- l'état des carrières ;
- la position du projet vis-à-vis des carrières ;
- les problématiques techniques.

1.5.2.6 Mesures retenues pour les anciennes carrières au droit de la Ligne 15 Sud

a. *Secteur de la boutonnière de Boulogne*

Sur le secteur de la boutonnière de Boulogne, le zonage réglementaire fait état de potentielles zones de carrières sur ce secteur au sud du tunnel et en particulier à proximité de la future gare d'Issy RER. Toutefois aucun sondage géotechnique n'a mis en évidence la présence de carrières sur ce secteur (cf. figure ci-dessous)



Localisation et typologie d'exploitation des carrières sur le secteur de la boutonnière de Boulogne
(Figure issue du rapport 1/3 : État initial - BURGEAP)

Aucun traitement n'est considéré comme nécessaire à ce stade sur ce secteur.

b. *Secteur du plateau d'Issy à Cachan*

Sur le **secteur du plateau d'Issy à Cachan,** le projet est directement concerné par la présence d'anciennes exploitations de Calcaires Grossiers. L'importance de leur étendue et leur forte sensibilité en font l'un des aléas majeurs de ce projet.

Ce secteur a donc fait l'objet d'une analyse poussée de la caractérisation des risques et des incertitudes.

Dans un premier temps, les niveaux de carrières attendus ont été relevés sur les cartes historiques de l'Inspection Générale des Carrières (IGC). Des informations complémentaires ont été fournies par l'IGC lors de réunions de travail.

Une démarche a été mise en place avec l'IGC afin de visiter les zones de carrières encore visitables concernées par le projet sur ce secteur. En effet, dans l'optique de caractériser des cavités souterraines, l'inspection visuelle, lorsqu'elle est possible, reste l'option la plus fiable.

Ces zones d'exploitation ont par la suite pu être, en partie, confirmées par les sondages de reconnaissances, qui ont également permis de mettre en évidence des zones de carrières non cartographiées, en profondeur ou à ciel ouvert.

En parallèle, une enquête a été réalisée afin de déterminer la sensibilité et la vulnérabilité du bâti dans la zone d'influence géotechnique du projet, de la présence d'éventuels réseaux ou de voies ferrées. Des informations fondamentales (profondeur des fondations, traitements déjà réalisés,...) ont ainsi pu être récupérées.

À partir du bilan de toutes ces connaissances, une appréciation du risque a été réalisée zone par zone. Cette appréciation tient compte également des incertitudes à ce stade du projet. Le traitement des carrières prévu tient alors compte de ces éléments.

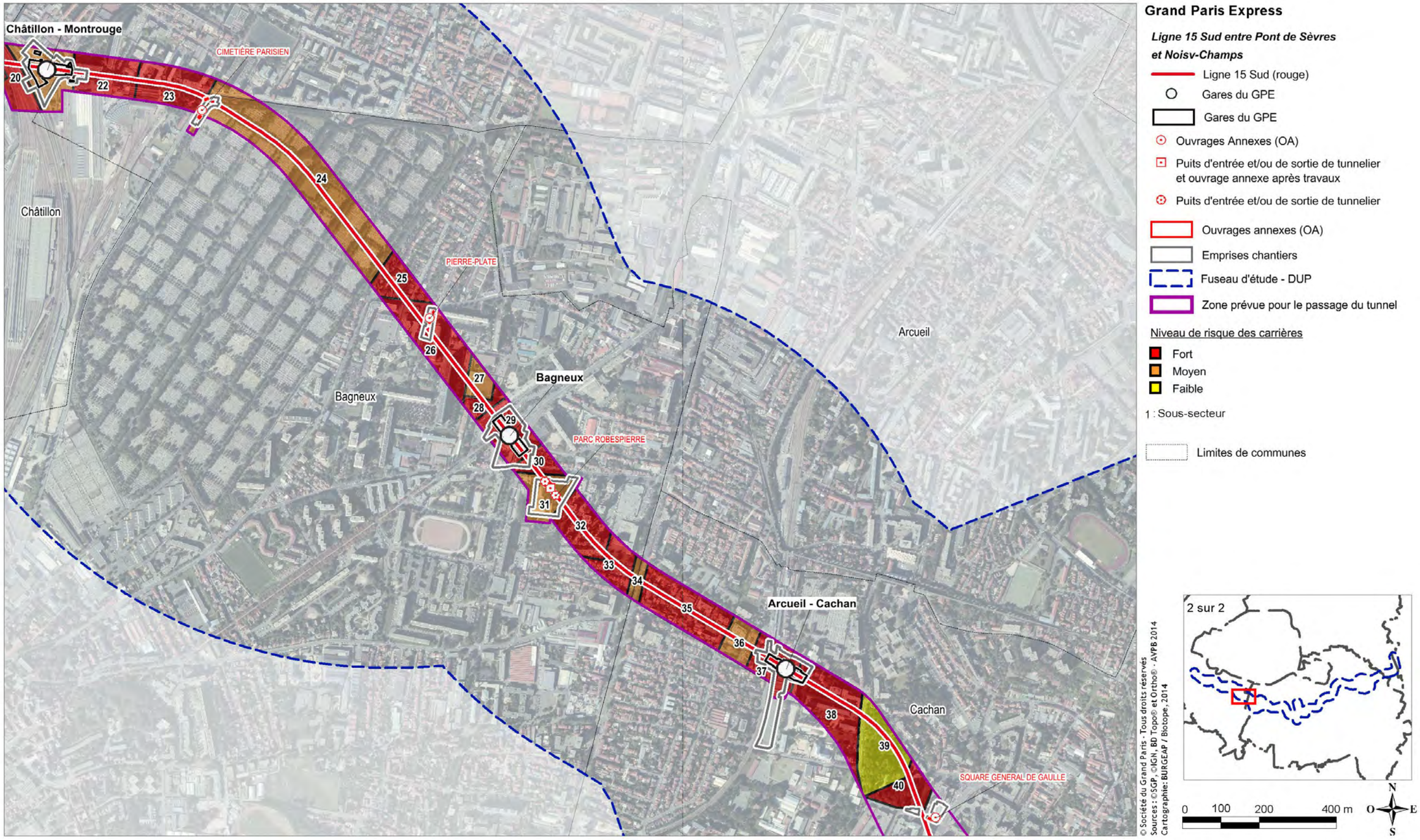
Les deux figures ci-dessous présentent la localisation des différentes zones du secteur. Les différentes couleurs permettent d'identifier le niveau de risque au droit de chacune d'elles.

Le tableau qui suit présente, zone par zone, les caractéristiques des carrières et le niveau de risque associé.

Localisation de différentes zones analysées au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan (1/2)
(Figure réalisée par BURGEAP)



Localisation de différentes zones analysées au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan (2/2)
(Figure réalisée par BURGEAP)



Caractéristiques des carrières sur le secteur du plateau d'Issy à Cachan
(Données issues de la note technique traitement des carrières Phase Avant-Projet– SETEC)

n° secteur	Nom du sous-secteur	Commune	Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné	Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel)	Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque	Actions restant à entreprendre
1	Coteaux d'Issy	Issy-les-Moulineaux (92)	175 m linéaire de tunnel (pk 3139150 m à pk 3138975 m)	Craie campanienne (48 m/TN)	1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers dont l'extension est incertaine. (33 m)	Faible	Investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'extension des carrières souterraines.
2	Fort d'Issy	Issy-les-Moulineaux (92)	355 m linéaire de tunnel (pk 3138975 m à pk 3138620 m)	Craie campanienne et Marnes de Meudon (55 à 40 m/TN)	1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers a priori déjà confortées mais dont l'extension est incertaine. (30 m)	Faible	Récupération du Dossier des Ouvrages Exécutés (DOE) suite aux travaux de confortement des carrières souterraines déjà réalisés lors de la construction des immeubles de l'éco-quartier du Fort d'Issy. Réalisation de forages de contrôle si besoin.
3	Zone d'habitation entre le Fort d'Issy et la rue Barbès	Issy-les-Moulineaux (92)	220 m linéaire de tunnel (pk 3138620 m à pk 3138400 m)	Marnes de Meudon et Argiles Plastiques de l'Yprésien (33 à 25 m/TN)	Pas de carrière cartographiée, ni identifiée avec les sondages, mais possible présence de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (-)	Faible	Réalisation d'investigations supplémentaires pour valider l'absence de carrières souterraines.
4	Ilot bâti entre la rue Barbès et la rue du Clos Montholon	Issy-les-Moulineaux (92)	70 m linéaire de tunnel (pk 3138400 m à pk 3138330)	Marnes de Meudon et Argiles Plastiques de l'Yprésien (25 m/TN)	2 niveaux de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. (18 m)	Moyen	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines.
5	**Gare de Fort d'Issy – Vanves - Clamart**	Vanves (92) Clamart (92)	**Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart**	La gare traverse les remblais, les Calcaires Grossiers, les Argiles Plastiques, les Marnes de Meudon et une partie de la Craie. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie saine.	Carrières à ciel ouvert dans les Calcaires Grossiers entrainant une hauteur de remblais de 15 à 20 m.	Moyen	-
6	Zone d'habitations individuelles entre la rue de Vanves et la rue Drouet Peupion	Clamart (92) Malakoff (92)	380 m linéaire de tunnel (pk 3138200 m à pk 3137820 m)	Calcaires Grossiers, Argiles Plastiques et Marnes de Meudon (13 à 35 m/TN)	Carrières à ciel ouvert dans les Calcaires Grossiers entrainant une hauteur de remblais de près de 20 m. (2 à 10 m)	Moyen	-.
7	Zone pavillonnaire entre la rue Drouet Peupion et le boulevard du colonel Fabien	Malakoff (92)	170 m linéaire de tunnel (pk 3137820 m à pk 3137650 m)	Craie campanienne et Marnes de Meudon (30 à 37 m/TN)	Zone en limite d'exploitation de carrières à ciel ouvert dans les Calcaires Grossiers. 1 niveau de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers, au nord du tracé du tunnel. (> à 20 m)	Faible	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières.

n° secteur	Nom du sous-secteur	Commune	Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné	Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel)	Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque	Actions restant à entreprendre
8	Zone entre le boulevard du colonel Fabien et la rue L. Girard (École Henri Barbusse)	Malakoff (92)	150 m linéaire de tunnel (pk 3137650 m à pk 3137500 m) + **Ouvrage Annexe 8 - Square Malleret Joinville**	Craie campanienne et Marnes de Meudon (37 m/TN)	1 à 2 niveaux de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. (~ 23 m)	Faible	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières et en particulier autour de l'Ecole Henri Barbusse.
9	Lycée Louis Girard	Malakoff (92)	140 m linéaire de tunnel (pk 3137500 m à pk 3137360 m)	Craie campanienne et Marnes de Meudon (42 m/TN)	Carrières souterraines en partie remblayées dans les Calcaires Grossiers. (24 m)	Faible à Moyen	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières.
10	Fort de Vanves	Malakoff (92)	560 m linéaire de tunnel (pk 3137360 m à pk 3136800 m)	Argiles Plastiques et Craie campanienne (36 à 43 m/TN)	2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers sur 100 m des 140 m. (15 m)	Faible à Moyen	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières au droit du fort de Vanves.
11	Zone entre le Fort de Vanves et la rue J. Mermoz	Malakoff (92)	80 m linéaire de tunnel (pk 3136800 m à pk 3136720 m) + **Ouvrage Annexe 7 - Fort de Vanves / J. Mermoz**	Argiles Plastiques (38 m/TN)	2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (18 m)	Fort	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières.
12	Résidence Jean Mermoz	Châtillon (92)	50 m linéaire de tunnel (pk 3136720 m à pk 3136670 m)	Argiles Plastiques (36 m/TN)	Présence possible de deux niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (18 m)	Moyen	Obtenir les DOE de la résidence afin de s'assurer du confortement éventuel des carrières souterraines lors de la construction du bâtiment.
13	Zone entre la rue M. Robespierre et le boulevard Stalingrad	Malakoff (92)	55 m linéaire de tunnel (pk 3136670 m à pk 3136615 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (35 m/TN)	Passage à proximité d'un ancien fontis (au nord du tracé du tunnel). Présence de carrières souterraines partiellement remblayées dans les Calcaires Grossiers. (18 m)	Fort	-
14	Immeuble 21 ter, Boulevard de Stalingrad	Malakoff (92)	25 m linéaire de tunnel (pk 3136615 m à pk 3136590 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (35 m/TN)	2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, a priori remblayées. (13 m)	Fort	Obtenir le PC et le DOE de l'immeuble afin de s'assurer du confortement des carrières souterraines avant sa réalisation.
15	Zone le long du boulevard Stalingrad	Malakoff (92)	190 m linéaire de tunnel (pk 3136590 m à pk 3136400 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (30 m/TN)	Présence d'un ancien fontis important avec bourrage de mauvaise qualité. Présence de 2 niveaux de carrières souterraines, en mauvais état et a priori remblayées dans les Calcaires Grossiers. (10 m)	Fort	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines. Visite des carrières accessibles pour s'assurer de leur état.

n° secteur	Nom du sous-secteur	Commune	Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné	Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel)	Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque	Actions restant à entreprendre
16	Zone pavillonnaire entre le boulevard Stalingrad et la rue Paul Vaillant Couturier	Châtillon (92)	70 m linéaire de tunnel (pk 3136400 m à pk 3136330 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (27 m/TN)	Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, a priori non remblayées. (10 m)	Fort	Visite des carrières accessibles et réalisation de reconnaissances complémentaires.
17	Rue Paul Vaillant Couturier et fin de zone résidentielle	Châtillon (92)	40 m linéaire de tunnel (pk 3136330 m à pk 3136290 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (27 m/TN)	Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, en partie remblayées. (12 m)	Fort	Visite des galeries vides pour s'assurer de leur état.
18	Immeuble Le Vaillant	Malakoff (92)	50 m linéaire de tunnel (pk 3136290 m à pk 3136240 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (25 m/TN)	Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. (10 m)	Moyen	Demande du Permis de Construire du bâtiment pour s'assurer du confortement des carrières avant la réalisation des fondations profondes. Réalisation de reconnaissances complémentaires pour s'assurer de l'état de la carrière.
19	Zone entre l'avenue P. Brossolette et la voie SNCF	Châtillon (92) Montrouge (92)	60 m linéaire de tunnel (pk 3136240 m à pk 3136180 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (24 m/TN)	Présence d'au moins un niveau de carrières souterraines non remblayées. (10 m)	Faible à Fort	Visite des galeries vides pour s'assurer de leur état. Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines.
20	Voies SNCF (Paris-Chartres) et RATP	Châtillon (92)	60 m linéaire de tunnel (pk 3136180 m à pk 3136120 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (32 m/TN)	Présence d'au moins un niveau de carrières souterraine partiellement confortées sous les voies SNCF. Niveaux de carrières sous les voies RATP, comblées par injection depuis la surface. (10 m)	Moyen à Fort	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines. Récupération du DOE injection de la RATP. Réalisation éventuelle de sondages de contrôle afin de vérifier la bonne exécution des traitements sous les voies RATP.
21	**Gare de Châtillon-Montrouge**	Châtillon (92) Montrouge (92) Bagneux (92)	Gare de Châtillon-Montrouge	La gare traverse les remblais, les Sables de Beauchamp, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et les Argiles Plastiques. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie.	1 à 2 niveaux de carrières souterraines en partie remblayées dans les Calcaires Grossiers.	Moyen	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.
22	Avenue Marx Dormoy - section 1	Montrouge (92) Bagneux (92)	180 m linéaire de tunnel (pk 3135990 m à pk 3135810 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (25 m/TN)	2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers en partie remblayées, dont certaines sont en mauvais état. (5 m)	Fort	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. Mise en place de reconnaissances complémentaires : relevé altimétrique du niveau inférieur des carrières.

n° secteur	Nom du sous-secteur	Commune	Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné	Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel)	Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque	Actions restant à entreprendre
23	Avenue Marx Dormoy - section 2	Montrouge (92) Bagneux (92)	190 m linéaire de tunnel (pk 3135810 m à pk 3135620 m) + **Ouvrage Annexe 6 - Cimetière Parisien**	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (27 m/TN)	2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers dont certaines sont confortées par murs et d'autres injectées. (2 à 5 m)	Fort	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. Mise en place de reconnaissances complémentaires : relevé altimétrique du niveau inférieur des carrières. Réalisation de forages de contrôles au niveau des zones déjà injectées (sous l'avenue Jean Jaurès et sous le technicentre SNCF).
24	Cimetière Parisien de Bagneux	Montrouge (92) Bagneux (92)	610 m linéaire de tunnel (pk 3135620 m à pk 3135010 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (30 à 35 m/TN)	2 à 3 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. État des carrières bon dans l'ensemble mais présence de fontis. (5 à 10 m)	Moyen	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. Mise en place de reconnaissances complémentaires : relevé altimétrique du niveau inférieur des carrières.
25	Zone pavillonnaire entre la rue H. Ravera et la rue de la Résistance	Bagneux (92)	110 m linéaire de tunnel (pk 3135010 m à pk 3134900 m)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (36 m/TN)	Présence de plusieurs galeries dans les Calcaires Grossiers, dont une grande galerie avec murs maçonnés sous l'avenue H. Ravera. (11 m)	Moyen à Fort	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières. Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières souterraines.
26	Zone d'immeubles de grande hauteur entre la rue J.M. Naudin et le gymnase Henri Wallon	Bagneux (92)	265 m linéaire de tunnel (pk 3134900 à pk 3134635) **Ouvrage Annexe 5 - Pierre Plate**	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (36 à 39 m/TN)	Présence d'un niveau de carrières dans les Calcaires Grossiers, a priori bourrées ou confortées par piliers maçonnés. (7 à 11 m)	Fort	Visite des galeries vides pour caractériser l'état des carrières.
27	Gymnase Henri Wallon	Bagneux (92)	55 m linéaire de tunnel (pk 3134635 à pk 3134580)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (34 m/TN)	Présence d'un niveau de carrières dans les Calcaires Grossiers traitées par injection depuis la surface et présence d'un puits à eau. (6 m)	Moyen	Réalisation de forages de contrôle pour s'assurer de la qualité des traitements existants. Investigations complémentaires pour définir la profondeur du puits.
28	Passage sous la future gare de Bagneux de la Ligne 4 du Métro	Bagneux (92)	50 m linéaire de tunnel (pk 3134580 à pk 3134530)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (33 m/TN)	1 niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers avec présence de vides et de niveaux bourrés. (5 m)	Fort	Des traitements des carrières par injection ont été réalisés sous la boite de la gare RATP Bagneux M4. Récupération du DOE injections. Réalisation de forages de contrôle pour s'assurer de la qualité de ces traitements.
29	Gare de Bagneux	Bagneux (92)	Gare de Bagneux	La gare traverse les remblais, les Calcaires de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et la partie supérieure des formations de l'Yprésien. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie.	1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Présence de grandes galeries maçonnées non visitables car inondées.	Fort	-

n° secteur	Nom du sous-secteur	Commune	Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné	Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel)	Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque	Actions restant à entreprendre
30	Sortie de la gare de Bagneux	Bagneux (92)	90 m linéaire de tunnel (pk 3134395 à pk 3134305)	Calcaires Grossiers (31 à 33 m/TN)	1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Présence de fontis. (5 à 7 m)	Fort	-
31	Parc Robespierre	Bagneux (92)	**Ouvrage Annexe 4 - Parc Robespierre**	L'ouvrage traverse les remblais, les Calcaires de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et la partie supérieure des Argiles Plastiques.	1 à 2 niveaux de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers.	Moyen	-
32	Zone d'immeubles collectifs entre le parc Robespierre et la rue de la Bièvre	Bagneux (92)	200 m linéaire de tunnel (pk 3134260 à pk 3134060)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (30 m/TN)	1 à 2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, confortées par des piliers maçonnés sous les bâtis. Présence de quelques galeries vides. (10 m)	Fort	Réalisation d'investigations supplémentaires pour réduire les incertitudes sur la limite des carrières et en particulier celles du niveau inférieur.
33	Zone entre la rue de la Bièvre et l'avenue Aristide Briand	Bagneux (92)	80 m linéaire de tunnel (pk 3134060 à pk 3133980)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (31 m/TN)	1 niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers en partie remblayées. Ces carrières ont été injectées sous l'immeuble de grande hauteur. (15 à 16 m)	Faible à Fort	Réalisation éventuelle de forages de contrôle pour s'assurer de la qualité des injections réalisées sur une partie de la zone.
34	Avenue Aristide Briand	Bagneux (92) Cachan (94)	60 m linéaire de tunnel (pk 3133980 à pk 3134940)	Argiles Plastiques (30 m/TN)	1 niveau de carrières souterraines remblayées dans les Calcaires Grossiers. (15 m)	Moyen	Réalisation de campagnes de reconnaissance complémentaires pour s'assurer de l'étendue des carrières.
35	Zone pavillonnaire entre l'avenue A. Briand et la rue de l'Espérance	Cachan (94)	255 m linéaire de tunnel (pk 3134940 à pk 3133685)	Argiles Plastiques (27 m/TN)	2 niveaux de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Nombreux signes de carrières en mauvais état : concentrations de fontis et incidents en surface connus par l'IGC. (12 à 15m)	Fort	Réalisation de campagnes de reconnaissances complémentaires pour s'assurer de l'étendue des carrières.
36	Zone pavillonnaire entre la rue de l'Espérance et la gare d'Arcueil-Cachan	Cachan (94)	115 m linéaire de tunnel (pk 3133685 à pk 3133570)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (25 m/TN)	Carrières à ciel ouvert remblayées. (7 m)	Moyen	Réalisation de campagnes de reconnaissances complémentaires pour mieux caractériser les remblais.
37	Gare d'Arcueil-Cachan	Cachan (94)	Gare d'Arcueil-Cachan	La gare traverse les remblais, les Marnes et Caillasses, les Calcaires Grossiers et une partie des Argiles Plastiques. Les parois moulées sont ancrées dans la Craie.	Présence de carrières à ciel ouvert (8 à 12 m de remblais). Présence de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers, en partie remblayées à 13 m de profondeur au sud de la gare.	Fort	Puits d'essai géotechnique en cours de réalisation dans l'ancien marché Carnot

n° secteur	Nom du sous-secteur	Commune	Portion de tunnel, gare et/ou ouvrage concerné	Formation(s) traversée(s) (prof. du toit du tunnel / terrain naturel)	Nature des carrières (épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque	Actions restant à entreprendre
38	Zone entre la future gare d'Arcueil-Cachan et le Parc Raspail	Cachan (94)	180 m linéaire de tunnel (pk 3133440 à pk 3133260)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (19 à 21 m/TN)	Carrières à ciel ouvert remblayées. (0 à 6 m)	Fort	Campagnes de reconnaissances supplémentaires pour mieux caractériser la zone. Investigations pour connaitre le niveau des fondations sous le bâti.
39	Parc Raspail	Cachan (94)	170 m linéaire de tunnel (pk 3133260 à pk 3133090)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (22 m/TN)	Pas de carrières cartographiées ni mise en évidence par les sondages (-)	Faible	-
40	Bâtiment dans Parc Raspail	Cachan (94)	50 m linéaire de tunnel (pk 3133090 à pk 3133040)	Calcaires Grossiers et Argiles Plastiques (22 m/TN)	1 niveau de carrières souterraines dans les Calcaires Grossiers. Ces carrières sont en mauvais état (présence de fontis). (-)	Fort	Campagnes de reconnaissances supplémentaires pour mieux caractériser la zone. Récupération des informations sur les confortements ayant possiblement été mis en œuvre sous le bâtiment

L'ensemble des actions à entreprendre et listé dans ce tableau correspondent aux prescriptions du maître d'œuvre dans la définition de l'environnement au stade avant-projet.

La Société du Grand Paris a de fait :

- Mené une campagne de reconnaissances de sondages qui a commencé entre septembre 2014 et qui est en phase de se terminer pour la section du plateau d'Issy à Cachan.
- L'enquête bâtis menée par le groupement Bureau Veritas – 3IA – SITES pour le compte de la Société du Grand Paris continue ses recherches documentaires, en cas d'impossibilité de trouver l'information des reconnaissances des fondations seront entreprises par la SGP afin de livrer ces informations nécessaires à la bonne poursuite des études et à la définition précise des modes de traitement.

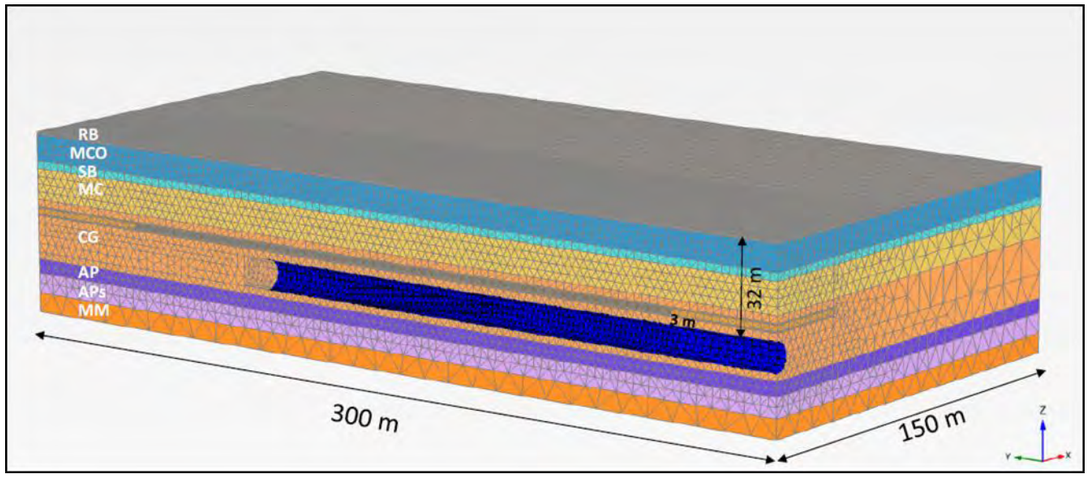
Dans le cadre des études d'avant-projet pour la section plateau d'Issy à Cachan, un **modèle numérique tridimensionnel** a été réalisé afin d'évaluer l'incidence de la réalisation du tunnel au tunnelier en surface et sur les carrières existantes, et ainsi positionner le tunnel en vertical de façon optimale.

Pour ce faire, sur la base du profil géologique du secteur, deux cas différents, représentatifs du secteur du plateau d'Issy à Cachan, ont été modélisés :

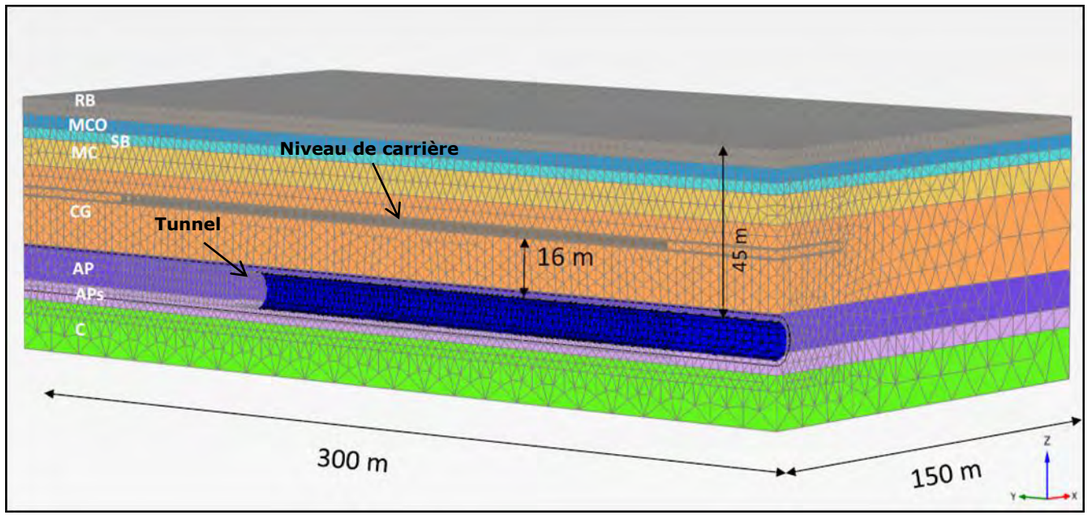
- position du front du tunnelier dans les Calcaires Grossiers et épaisseur de 3 mètres entre la voûte du tunnel et le base de la carrière (cf. figure ci-contre). Cette situation est représentative de la zone au droit de Bagneux ;
- position du front du tunnelier dans l'Argile Plastique et épaisseur de 16 mètres entre la voûte du tunnel et le base de la carrière (cf. figure ci-contre). Cette situation est représentative de la zone de Fort de Vanves / Malakoff ;

Les deux cas ont été étudiés sans et avec la présence de carrières souterraines, ceci afin de pouvoir analyser l'influence du tunnel en présence des carrières sur les tassements induits en surface et sur les évolutions des contraintes dans les piliers. Ces simulations ont également été réalisées en considérant le bourrage du niveau de carrières pour pouvoir analyser l'effet d'un tel traitement.

Ces modélisations constituent un outil complémentaire permettant de mieux comprendre les différents facteurs influençant le comportement du sous-sol au passage du tunnelier. Elles ont pour objectif de valider les configurations constructives retenues.



Représentation du modèle – position du tunnel dans les Calcaires Grossiers
(Figure issue de la note technique « traitement des carrières »- SETEC)

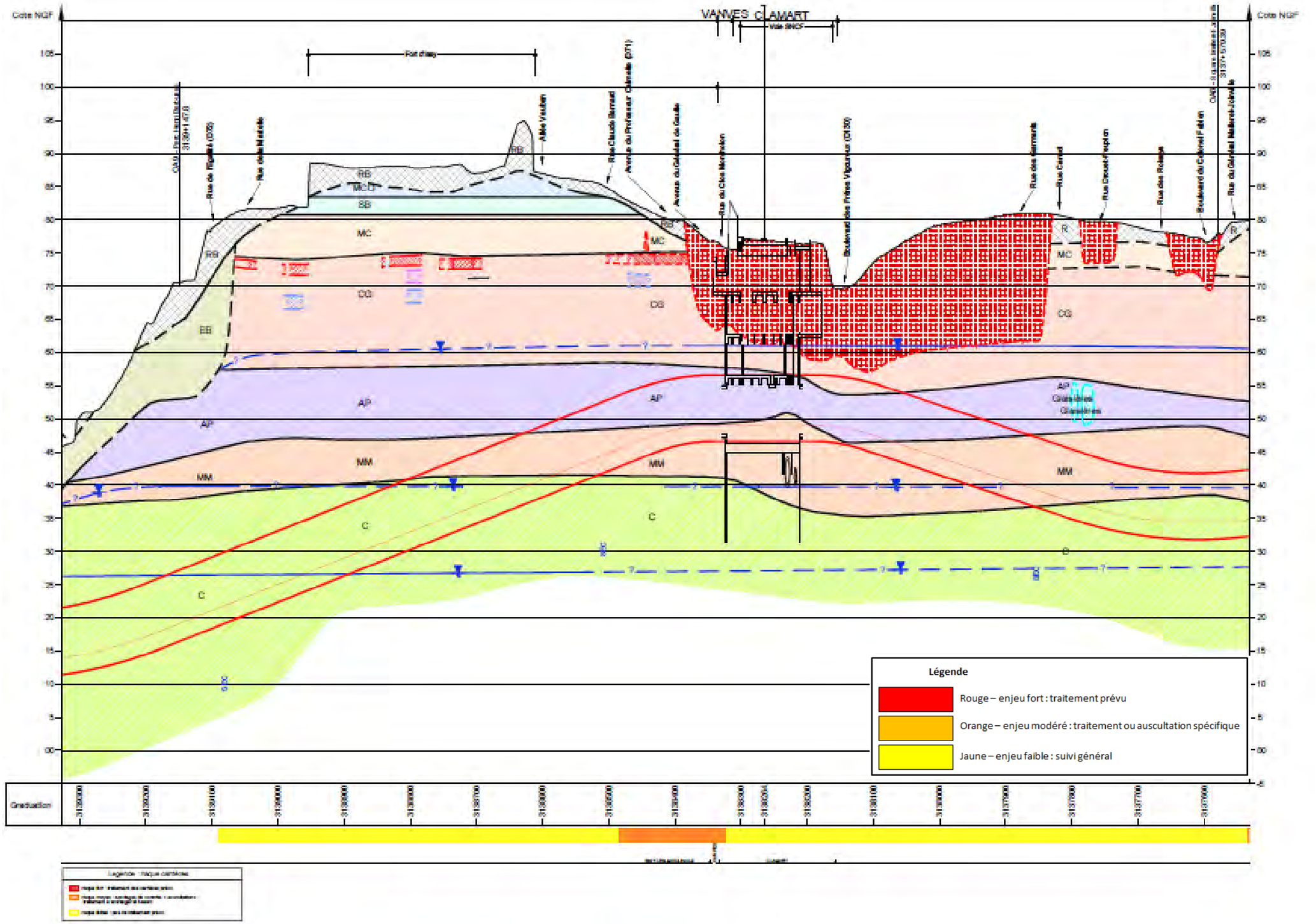


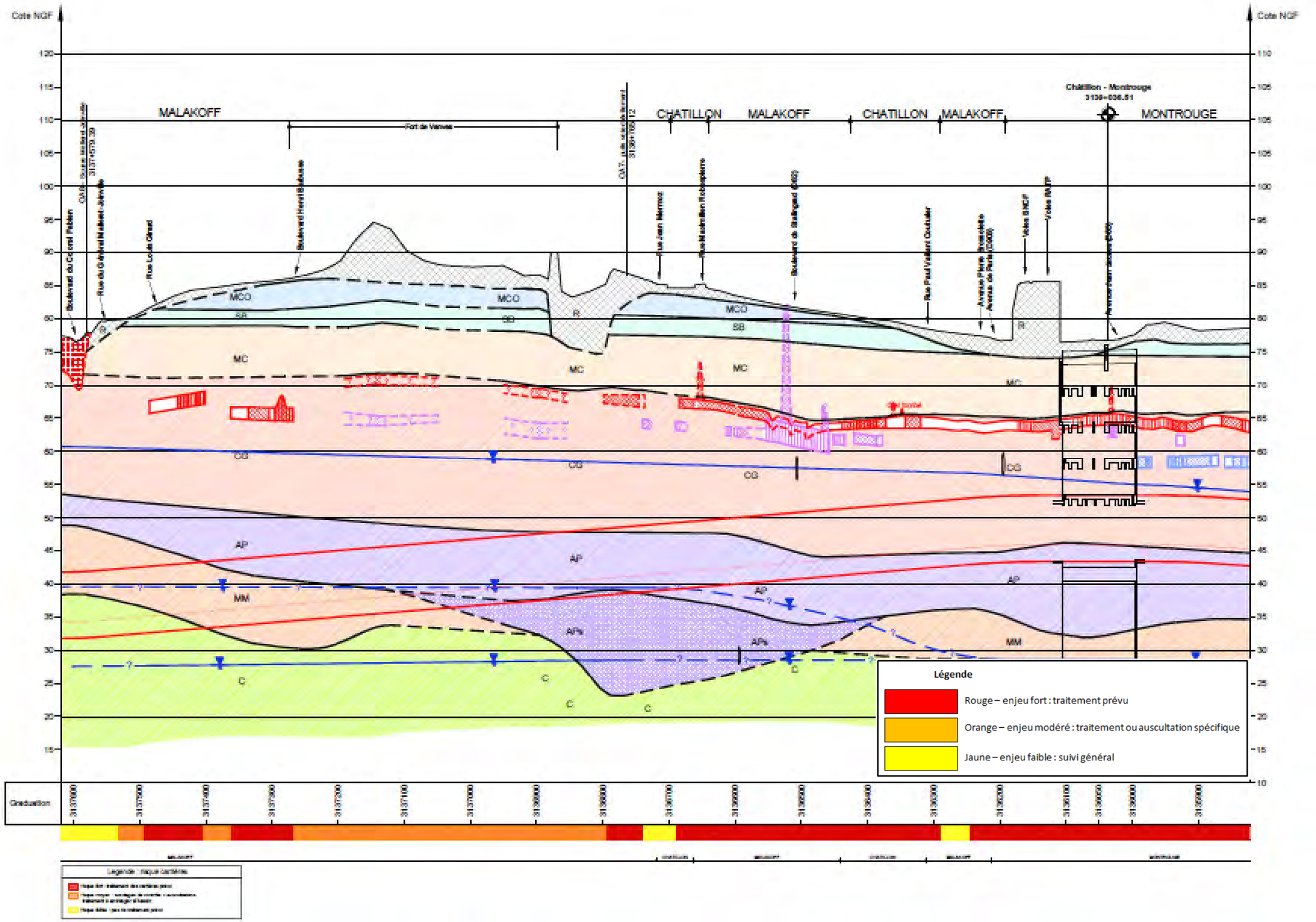
Représentation du modèle – position du tunnel dans les Calcaires Grossiers
(Figure issue de la note technique « traitement des carrières »- SETEC)

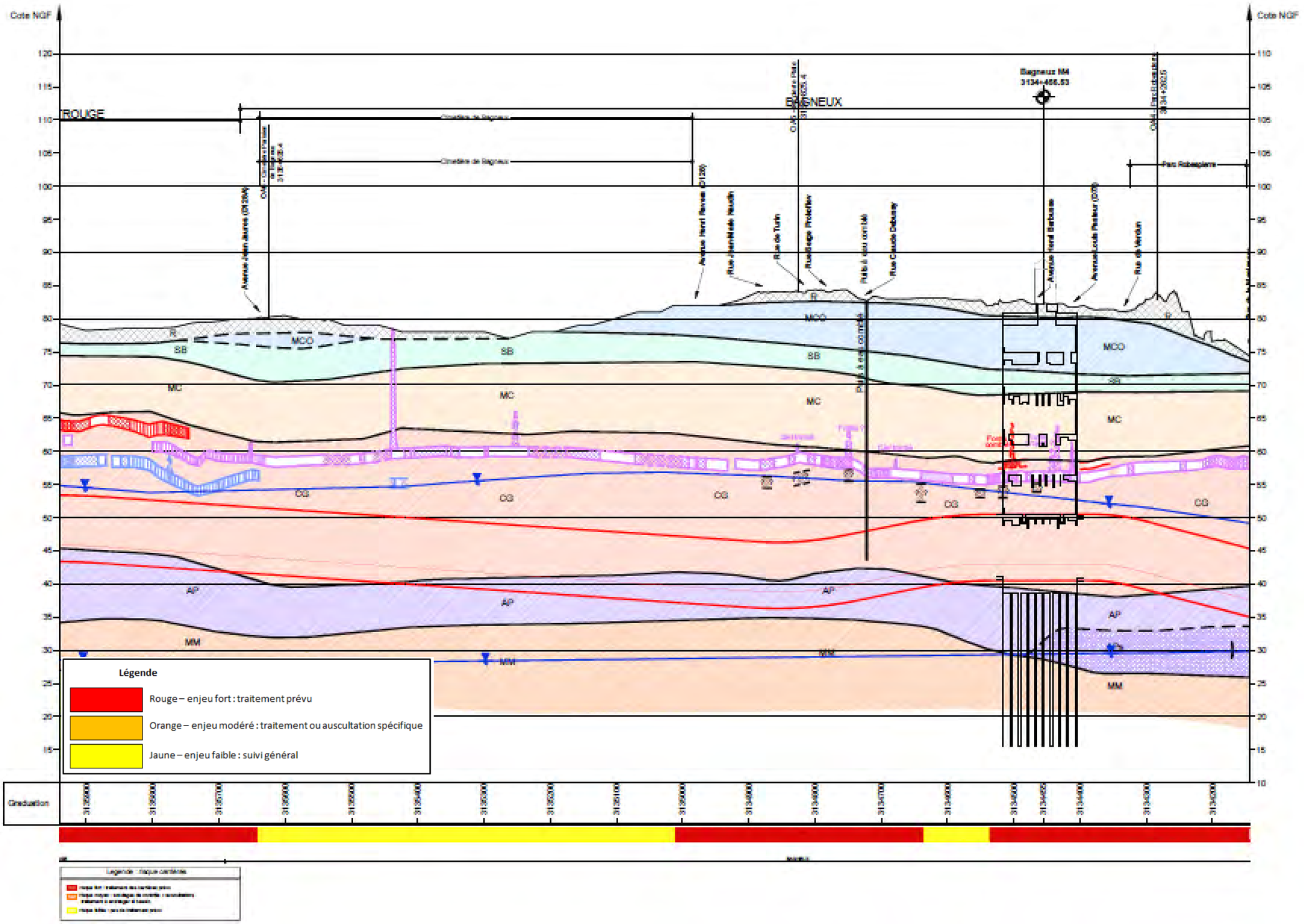
LEGENDE :

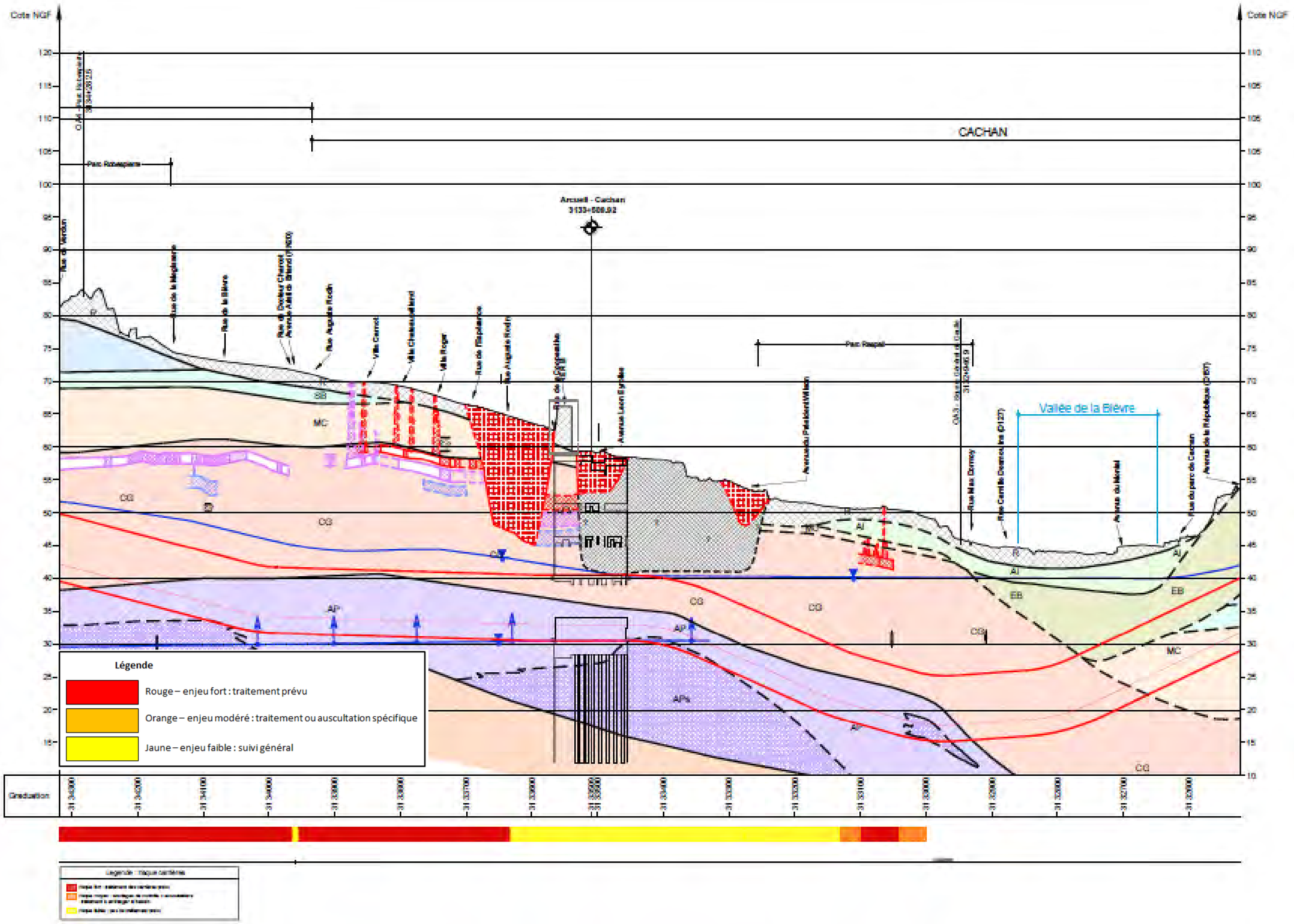
RB : remblais **MCO : Marno-calcaire de Saint-Ouen** **SB : Sables de Beauchamp**
MC : Marnes et Caillasses **CG : Calcaires Grossiers** **AP : Argiles Plastiques**
C : Craie

Au regard de l'ensemble de ces éléments en phase d'avant-projet la stratégie retenue ne termes de traitements des carrières est présenté sur les profils en long géologiques qui suivent. Ces traitements sont susceptibles d'être adaptés en fonction des résultats de la dernière campagne qui est en cours d'analyse.


Cote NGF
VANVES CLAMART
Fort d'Issy
Rue de Rigaillé (D32)
Rue de la Mantelle
Allée Vauban
Rue Claude Bernard
Avenue du Professeur Calmette (D71)
Avenue du Général de Gaulle
Rue du Clos Montholon
Boulevard des Frères Vigouroux (D130)
Rue des Germants
Rue Carnot
Rue Drouot-Peuplon
Rue des Roisins
Boulevard du Colonel Fabien
Rue du Général Mallerot-Joinville
RB
MCD
SB
MC
CG
EB
AP
MM
C
R
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation


Cote NGF
MALAKOFF
CHATILLON
MALAKOFF
CHATILLON
MALAKOFF
MONTROUGE
Châtillon - Montrouge
MCO
SB
MC
CG
AP
MM
APs
C
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation


Cote NGF
ROUGE
BAGNEUX
Cimetière de Bagneux
Bagneux M4
3134+466.53
Parc Robespierre
Avenue Jean Jaurès (D128A)
Avenue Henri Ravera (D128)
Rue Jean-Marie Naudin
Rue de Turin
Rue Sergé Prokofiev
Rue Claude Debussy
Avenue Henri Barbusse
Avenue Louis Pasteur (D33)
Rue de Verdun
R
MCO
SB
MC
CG
AP
MM
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation


Cote NGF
CACHAN
Arcueil - Cachan
Parc Robespierre
Parc Raspail
Vallée de la Bièvre
Légende
Rouge – enjeu fort : traitement prévu
Orange – enjeu modéré : traitement ou auscultation spécifique
Jaune – enjeu faible : suivi général
Graduation

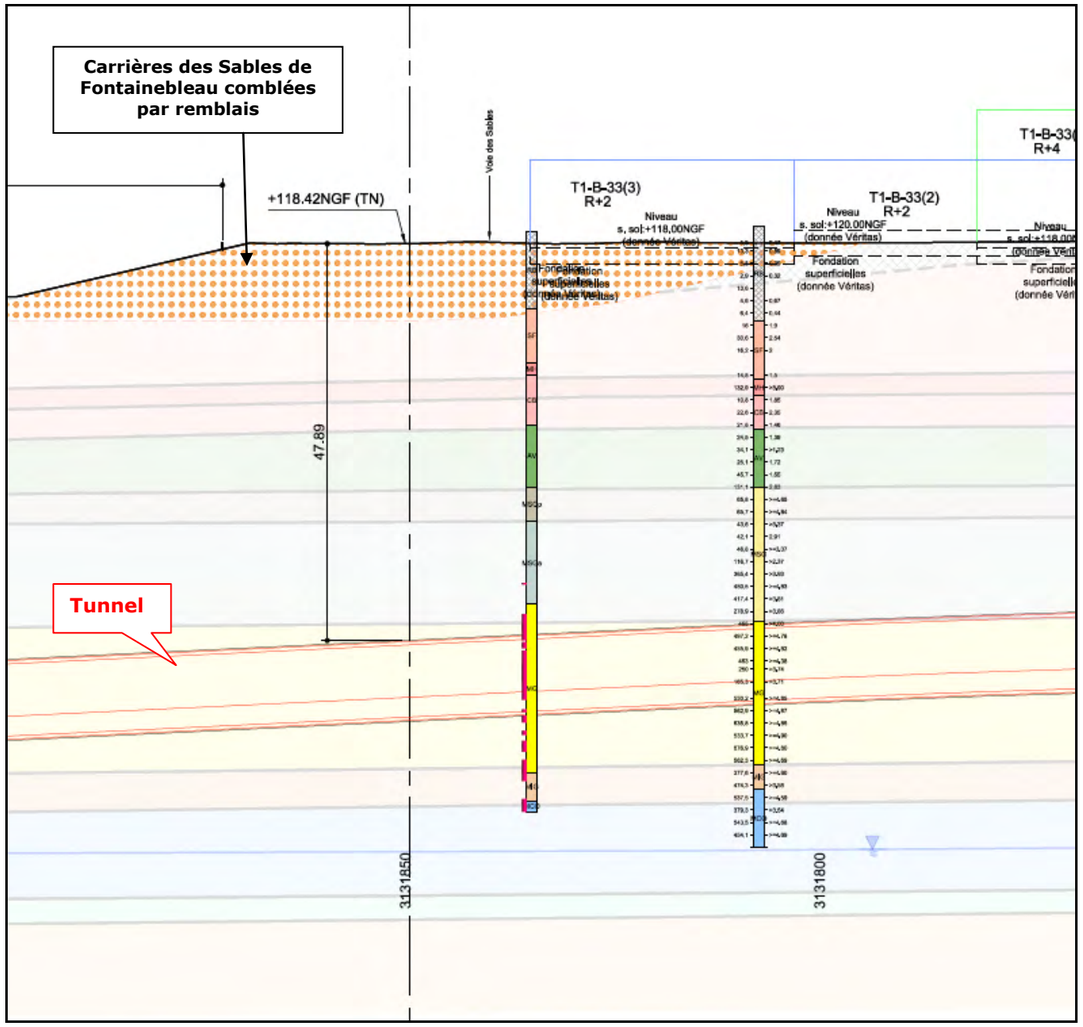
c. *Secteur du plateau de Villejuif*

Sur le secteur du plateau de Villejuif, le tunnel s'inscrit principalement dans les Masses et Marnes du gypse avec la voûte légèrement inscrite dans les Marnes supra-gypseuses d'Argenteuil. Sur ce secteur le risque de rencontrer des carrières dans ces formations est très faible.

Les carrières cartographiées par l'IGC, notamment au droit de la future gare de Villejuif IGR, et mises en évidence par les sondages géotechniques sont des anciennes sablières exploitant les Sables de Fontainebleau.

La figure ci-dessous permet de situer le tunnel au droit de ces zones d'anciennes carrières.

Il n'est pas prévu à ce stade la réalisation de traitement de carrières au droit du plateau de Villejuif.



Cahier de plans au droit du plateau de Villejuif
(Données issues du Cahier de plans traitement des carrières – Tunnel secteur Est – SETEC)

d. *Secteur de la plaine de la Seine et de la Marne*

Dans le secteur de la plaine de la Seine et de la Marne, deux principaux secteurs potentiellement impactés par la présence d'anciennes carrières souterraines sont :

- **Le quartier des Buttes Halage à Créteil,**
- **L'avenue Mahieu à Saint Maur des Fossés**

Toutefois le risque a été recensé sur d'autres secteurs de la ligne 15 sud, le tableau qui suit présente, zone par zone, les caractéristiques des carrières et le niveau de risque associé.

Caractéristiques des carrières sur le secteur de la plaine de La Seine et de la Marne
(Données issues des dossiers techniques phase Avant-projet– SYSTRA)

Nom des sous-secteurs	Communes	Portion de tunnel, gares et/ou ouvrages concernés	Formations traversées (profondeur du toit/TN)	Nature des carrières (Épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque associé	Actions restant à entreprendre
Les Ardoines -	Vitry sur Seine	pk 2126100 m au pk 2126350 m	Marno-calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp (20 m/TN)	Exploitation à ciel ouvert au nord et au Sud au Sud du tracé (sablières) (10 m)	Faible	Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des sablières.
Vert de Maisons - Créteil L'Echat	Créteil	pk 2123600 m au pk 2122800 m (gare Créteil L'Echat)	Marnes et caillasses et Sables de Beauchamp (entre 20 et 15 m/TN)	Présence de sablières dans les alluvions anciennes (de 12 m au pk 2123500 m à 3 m au pk 2122600 m)	Moyen	Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des sablières.
Créteil L'Echat - Saint-Maur-Créteil	Créteil Saint-Maur-des Fossés	pk 2121800 m au pk 2121600 m	Calcaire Grossier, Fausses glaises et Argiles Plastiques (environ 25 m/TN)	Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert et souterraines dans le calcaire grossier actuellement remblayées (10 mètres en moyenne des carrières souterraines et 18 mètres en moyenne des carrières à ciel ouvert)	Moyen à fort	Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des carrières. Identification des fondations des bâtiments au droit du tunnel (compléments de l'enquête « bâti »).
Saint-Maur-Créteil - Champigny centre	Joinville-le-Pont Champigny-sur-Marne	pk 2120100 m au pk 2119600 m	Argiles plastiques (30 à 35 m /TN)	Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert et souterraines dans le Calcaire Grossier actuellement remblayées au Nord du tracé (entre 25 et 30 mètres)	Faible	Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des sablières.
		pk 2118800 m au pk 2117500 m (OA 1001P)	Fausses glaises et Argiles Plastiques et ponctuellement bas des Calcaires Grossiers (entre 20 et 25 m/TN)	Présence d'anciennes sablières remblayées (entre 12 et 22 mètres)	Faible	

Quartier des Buttes-Halage à Créteil :

D'après les reconnaissances et les constats établis par l'IGC, il existe dans ce secteur, dit « Buttes-Halage », d'anciennes zones d'exploitation du Calcaire Grossier présentes sous la forme de carrière à ciel ouvert et de galeries souterraines, sur lesquelles les bâtiments, non loin du tracé, ont été fondés.

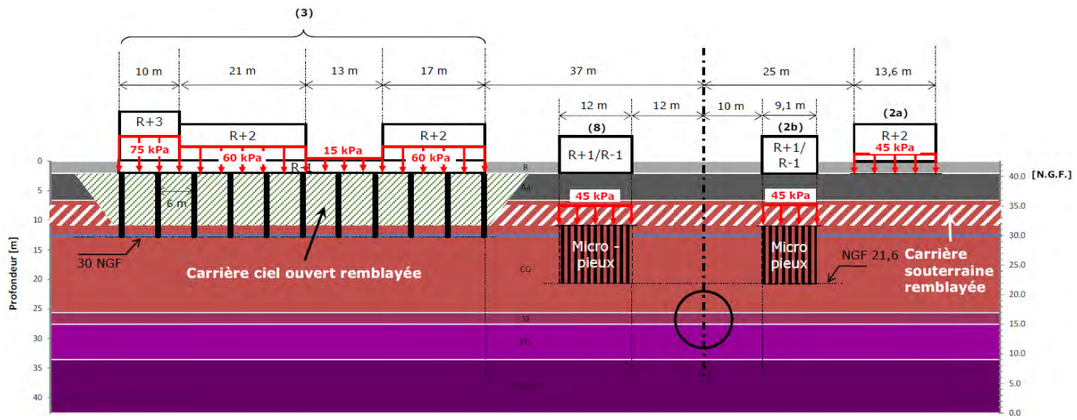
Le tissu urbain de cette zone étant très dense, les voiries publiques étant peu larges la réalisation de sondages s'est avérée nécessaire en domaine privé. La Société du Grand Paris a donc sollicité le concours des riverains sur volontariat afin de réaliser un nombre de sondages importants dans cette zone. La campagne est actuellement en cours, elle permettra notamment de bien fiabiliser l'étendue des carrières d'un point de vue géographiques, les limites étant mal connues, fiabiliser la connaissance sur les remblais ou confortements actuels des carrières, réaliser des inspections vidéoscopiques en forages pour confirmer leur états.

Par ailleurs, les cartes de l'IGC, les réunions de travail partagées entre le maitre d'œuvre, l'assistant à Maitrise d'ouvrage bâtis et l'IGC, ainsi que les enquêtes terrain sur les bâtis du secteur ont permis de recenser les pavillons ou résidences collectives qui sont fondés sur pieux, les traitements de confortements ayant eu lieu dans la zone.

Ces fondations profondes et / ou ces traitements confortatifs ont été préconisés par l'IGC lors de l'instruction des permis de construire pour des bâtiments neufs ou lors d'agrandissements de constructions existantes, ces fondations profondes et / ou travaux confortatifs peuvent également avoir été mis en place après constat de désordres importants sur le bâtis du fait de a remontée de zone instable dans ces carrières.

L'ensemble des éléments connus à ce jour ont été pris en compte pour positionner le tunnel verticalement, un modèle a été réalisé sur cette zone (modèle aux éléments finis grâce au logiciel PLAXIS) afin d'estimer le risque d'impact des tassements induits par le tunnelier en surface et sur les anciennes carrières afin de fiabiliser le tracé du tunnel.

La figure ci-dessous présente les dimensions des bâtiments, leur position par rapport au tunnel, les surcharges correspondantes ainsi que la position des carrières au droit de la coupe.



Carrières, bâtiments et fondations au niveau du quartier des Buttes-halage
(Figure issue de la Notice Technique, critère de conception et notice descriptive du tunnel – SYSTRA)

Ce modèle sera remis à jour avec les éléments actuellement en cours d'acquisition.

Les résultats issus du modèle au stade d'avant-projet montrent que les tassements engendrés par le passage du tunnelier sont admissibles pour le bâti de surface et pour les carrières.

Ces résultats devront être confirmés par les sondages en cours d'acquisition, la stratégie de traitement pourra alors être définie de façon plus précise, actuellement le traitement n'est pas envisagé au regard des premiers résultats.

Passage sous l'avenue Mahieu à Saint-Maur-Des-Fossés :

En sortie de gare de Saint-Maur Créteil, le tunnel est inséré dans les Argiles Plastiques. Avant le passage sous la Marne, le tunnel passe sous une zone d'anciennes carrières à ciel ouvert au niveau de l'avenue Mahieu. La couverture vis-à-vis des carrières est d'environ 16 mètres.

Au niveau de cette zone, le Calcaire Grossier a été exploité sur une profondeur de l'ordre de 7 mètres et cette carrière a ensuite été remblayée.

Dans cette zone, un bâtiment R+7 est fondé dans des remblais. De même, les carrières sont situées à proximité de pavillons en R+1.

Un modèle aux éléments finis a également été réalisé, les premiers résultats montrent que les tassements engendrés par la création du tunnel sont admissibles pour le bâti de surface, le traitement des remblais de carrières n'est donc pas envisagé à ce stade d'études.

Pour les autres secteurs de traitement des remblais de carrières n'est pas envisagé à ce stade des études, le profil du tunnel étant suffisamment profond par rapport à ces niveaux de sols de plus faibles qualité.

e. *Secteur de la plaine du plateau de Champigny*

Dans ce secteur, le risque que la présence d'anciennes carrières puisse causer des tassements et des déformations significatifs est faible.

Entre la gare de Champigny-Centre et Bry-Villiers-Champigny, sept bâtiments sont fondés dans une zone potentielle d'exploitation de Calcaire de Champigny à ciel ouvert. Les sondages des missions géotechniques n'ont toutefois pas confirmé la présence de carrière au droit de cette zone

À ce niveau, le tunnel traverse les Sables de Beauchamp les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier sous-jacents.

Des campagnes géotechniques supplémentaires seront mise en œuvre au droit de ce secteur pour identifier ces carrières à ciel ouvert. Des mesures adaptées seront alors mises en œuvre pour exclure tous risques de tassements et déformations trop significatifs en surface.

À ce stade des études aucun traitement n'est prévu dans cette zone.

Le tableau qui suit présente, zone par zone, les caractéristiques des carrières et le niveau de risque associé.

Caractéristiques des carrières sur le secteur du plateau de Champigny
(Données issues des dossiers techniques Phase Avant-projet – SYSTRA)

Nom des sous-secteurs	Commune	Portion de tunnel, gares et/ou ouvrages concernés	Formations traversées (profondeur du toit/TN)	Nature des carrières (Épaisseur des formations entre le toit du tunnel et la base des carrières)	Niveau de risque associé	Traitements passifs
Champigny centre - Bry Villiers Champigny	Champigny-sur-Marne Villiers-sur-Marne	pk 2116+300 au pk 2116+000	Calcaire grossier, Marnes et Caillasses et Sables de Beauchamp (entre 25 et 30 m/TN)	Zone potentielle d'exploitation à ciel ouvert du Calcaire de Champigny (entre 35 et 40 mètres)	Faible	Identification et vérification de l'état des carrières existantes en accord avec l'Institut Général des Carrières (IGC). Identification des fondations des bâtiments au droit du tunnel (compléments de l'enquête « bâti »).

1.5.2.7 Mesures de suivi pendant les travaux

a. Contrôles pendant et après le traitement

Le traitement des sols par injections nécessitent un certain nombre de contrôles particuliers étant donné qu'il n'est pas possible de constater la qualité des travaux « de visu ».

En phase d'injection, les contrôles à réaliser porteront principalement sur :

- les caractéristiques des mortiers et coulis ;
- l'enregistrement des paramètres de forages pour la détection d'irrégularité (en complément des reconnaissances préliminaires) ;
- les soulèvements du sol (en cas d'injections sous pression) ;
- les volumes injectés ;
- les modifications de l'écoulement de la nappe (essais Lugeon ou Lefranc).

Les contrôles qui permettront de vérifier si les objectifs fixés ont été atteints, après la mise en œuvre du traitement, seront les suivants :

- forages carottés pour l'observation des terrains (il est possible d'ajouter du colorant au coulis pour faciliter le contrôle) ;
- forages destructifs avec enregistrement des paramètres ;
- en cas de doute, essais d'injections complémentaires ;
- pour les injections sous pression (IRS), essais mécaniques en laboratoire sur échantillons pour vérifier l'efficacité du traitement.

b. Contrôles pendant et après excavation

Les contrôles listés ci-dessous ne dispensent pas de prendre des mesures spécifiques pour s'assurer que les traitements réalisés remplissent bien leur fonction en phase d'excavation. Les zones sous minées par des carrières souterraines demandent en effet une attention particulière vis-à-vis de l'apparition de désordres en surface. Cela peut être fait à l'aide :

- de sections instrumentées afin de contrôler l'évolution des tassements absolus et différentiels en surface ;
- le contrôle de la pression de front du tunnelier (une chute rapide pouvant signifier une perte de fluide dans une cavité souterraine) ;
- du pesage systématique des poids des déblais excavés afin de contrôler qu'il s'agit bien du poids théorique (en cas de fort dépassement, cela présage un débourrage au front et le développement d'un fontis) ;
- de mesures de reconnaissances à l'avancement (sondages au front, fontimètre…) afin de détecter des cavités non identifiées en phase études ou de prévenir l'apparition de fontis ;
- du contrôle des déformations des bâtis (mise en place de fissuromètre par exemple).

1.5.3 Impacts du projet liés à la présence de gypse

1.5.3.1 Rappel de la problématique et des enjeux liés à la présence du gypse

Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate de calcium, soluble dans l'eau. Cette roche est présente soit sous forme de bancs massifs (comme c'est le cas dans les Masses et Marnes du gypse en particulier), soit de manière plus diffuse, sous forme de nodules, d'interlits ou de lentilles dans différentes couches géologiques du sous-sol parisien (Calcaire de Saint Ouen ou Marnes et Caillasses par exemple).

Dans son état sain, le gypse présente de bonnes caractéristiques mécaniques. En revanche, dès qu'il subit une altération, le gypse voit chuter sa résistance de façon extrêmement variable suivant ce degré d'altération.

La dissolution du gypse est susceptible de se produire lorsqu'il est soumis à un apport d'eaux non saturées en sulfate de calcium (infiltration d'eau de pluie, mise en communication de nappe de qualité chimique différente, réinjection en nappe d'eau non saturée en sulfate de calcium). Ce phénomène peut entraîner soit une dégradation des caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, soit la création de vides de dissolution accompagnés de décompression des terrains sus-jacents et/ou dans le cas extrême, d'apparition de fontis.

Ce phénomène fait l'objet de plusieurs Plans de Prévention des Risques sur l'ensemble de la région Ile-de-France mais aucun n'existe sur les communes de l'aire d'étude.

La mise en contact de terrains gypsifères avec des eaux souterraines non chargée peut se faire à la suite d'une modification des écoulements souterrains liés par exemple à un projet de type métro souterrain ou tiers.. Cet aspect hydrogéologique de la problématique du gypse sera traité dans la partie hydrogéologie.

Par ailleurs, des zones décomprimées ou de vides dans le sous-sol peuvent déjà exister suite à des phénomènes de dissolution du gypse antérieurs. Un projet de type métro souterrain peut alors être en mesure de fragiliser d'un point de vue mécanique ces niveaux altérés et être à l'origine de mouvements de terrain susceptibles de causer des désordres sur le bâti et plus généralement sur les ouvrages situés à l'aplomb et au voisinage des infrastructures du projet. Cette approche mécanique associée à la problématique du gypse est traité dans les paragraphes suivants.

1.5.3.2 Rappel de la sensibilité des secteurs associée à la présence de gypse

Le gypse est présent dans les formations de deux grandes périodes :

Les formations du Ludien, qui comprennent les couches suivantes:

- les Marnes Supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) ;
- les Masses et Marnes du Gypse ;
- Le Calcaire de Champigny ;
- les Marnes Infra-gypseuses ;

Les formations antéludiennes comprenant les formations :

- le Calcaire de Saint-Ouen ;
- les Sables de Beauchamp ;
- Les Marnes et Caillasses du Lutétien.

La répartition des inclusions de gypse dans ces formations présente un caractère aléatoire, ce qui explique la grande difficulté à circonscrire avec précision les zones dangereuses.

Les missions de reconnaissances géotechniques G1 et G2 ont permis de déterminer la localisation et les propriétés des couches gypseuses. Le niveau de sensibilité de chaque secteur est présenté dans le tableau ci-dessous.

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité	
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Absence de zones gypseuses	
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Les formations antéludiennes présentes sur ce secteur ne sont pas ou peu gypsifères	
Secteur du plateau de Villejuif	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches du Ludien et de l'antéludien	
Secteur vallées de la Seine et de la Marne	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans les formantions antéludiennes ou de zones décomprimées signes de dissolution de gypse au niveau de Vitry-sur-Seine et Créteil	Absence de zones gypseuses entre Créteil et Champigny-sur-Marne
Secteur du plateau de Champigny	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans les Calcaires de Champigny	

Légende :

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

Identification de la sensibilité associée à la présence de gypse
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.5.3.3 Prise en compte des règles liées à la présence de gypse

Aucun zonage réglementaire lié au phénomène de dissolution de gypse n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Néanmoins, au vu de l'enjeu pour la construction du futur métro, des dispositions spécifiques seront prévues pour éviter tout désordre lié à la présence de gypse dans le sous-sol. Ces dispositions techniques et ces mesures sont présentées dans le rapport d'analyse des impacts géologiques mais également hydrogéologiques de la présente étude d'impact.

1.5.3.4 Prise en compte de la présence de gypse dans la réalisation d'un projet de type métro souterrain

Lorsque la présence de zones décomprimées ou altérées par les dissolutions de gypse est avérée et que leur enjeu vis-à-vis du projet le demande, des mesures de traitement du risque adaptées seront mises en place, avant le passage du tunnelier ou la réalisation des gares et ouvrages annexes. Ces traitements consistent à améliorer le sol de ces zones décomprimées sur la hauteur concernée, plusieurs techniques de traitement peuvent être employées :

- injection d'imprégnation ;
- injection par claquage/compensation ;

Les études de conception et de définition des types de traitement de terrain s'appuieront sur l'analyse d'applicabilité des techniques d'amélioration de sol dans les contextes géotechniques considérés, et en même temps, respecteront les contraintes imposées en termes d'impacts sur les ouvrages existants et en termes environnemental et règlementaire.

Injection d'imprégnation ou de comblement :

Selon le contexte et la nature des dissolutions de gypse (présence de vides francs ou zones décomprimées), la technique d'injection sera adaptée. Globalement, cette technique consiste à injecter du coulis sous pression pour remplir les vides présents dans le sol. Pour les zones de vides francs une injection de claquage finale sous haute pression sera réalisée. Dans ce cas précis, ces injections visent à une amélioration des paramètres géotechniques de résistance et déformabilité.

1.5.3.5 Mesures retenues pour les zones de gypse au droit de la Ligne 15 Sud

Les reconnaissances déjà réalisées ont rencontré :

- des zones où le gypse est présent sans trace de dissolution majeures : sur les hauteurs du Plateau de Villejuif ;
- des zones décomprimées par de possibles dissolutions de gypse (gypse peu présent dans les sondages) : Zone située entre la gare des Ardoines et la Seine.

Les reconnaissances complémentaires en cours vont permettre de fiabiliser et circonscrire ces zones (missions géotechniques G1 et G2).

Durant la phase de creusement des reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier peuvent aussi être réalisés si le contexte le nécessite.

Le tableau suivant présente les dispositions qu'il est prévu de mettre en place au niveau de ces secteurs.

Afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet prévoit de limiter autant que possible l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes, qui constitue l'origine de la dissolution du gypse. Cette approche hydrogéologique du risque est traitée dans la partie relative à l'hydrogéologie.

a. Choix de la technique du tunnelier pour la construction du tunnel

Lors du creusement au tunnelier, la pression appliquée dans la chambre d'abattage contrecarre les poussée d'eau, il n'y a donc pas de rabattement de nappe susceptible d'apporter des eaux non chargée en sulfate de calcium dans un contexte géologique contenant du gypse.

La technique du tunnelier limite donc de manière très importante la création du phénomène à la source des dissolutions du gypse : apport d'eau non chargée en sulfate de calcium.

b. Choix de techniques pour la construction des gares et ouvrages annexes

La majorité des gares sera réalisée à ciel ouvert à l'abri de parois moulées dans le sol, pour les gares mixtes (ayant une partie réalisée de façon traditionnelle) des injections d'étanchement préalables aux travaux sont effectués avant les travaux de terrassement à proprement parlé.

Globalement pour les gares et ouvrages annexes les travaux sont réalisés dans des enceintes étanches limitant les eaux d'exhaure et les rabattements. Certaines gares sont toutefois concernées par un rabattement (cf. partie hydrogéologie) les cônes de rabattement ainsi créés ne sont pas de l'ordre à appeler des eaux non chargées en sulfate de calcium, la réactivation ou la création du phénomène de dissolution du gypse sont ainsi limitées.

1.5.3.6 Mesures de suivi pendant la phase travaux

Pour vérifier que les mesures mises en œuvre en cas d'injection sont efficaces, des sondages de contrôle des traitements seront réalisés.

Par ailleurs, une méthode d'observation de surface sera mise en place dans ces zones. Cette auscultation sera mise en place en amont de la phase de chantier (environ une année avant le début des travaux de génie civil), afin de mesurer la respiration naturelle du bâti et des ouvrages, et sera maintenue en phase travaux. Les déplacements enregistrés seront alors comparés aux estimations des phases études (estimations faites par un logiciel de modélisation aux éléments finis). Dans le cas de dépassement des valeurs seuils, les méthodes constructives seront immédiatement adaptées, le but étant de maîtriser complètement les déformations dans le sol.

Caractéristiques des zones gypseuses au droit de la Ligne 15 Sud et traitements envisagés
(Données issues des dossiers techniques Phase Avant-projet– SETEC et SYSTRA)

Nom des sous-secteurs	Commune	Portion de tunnel, gares et/ou ouvrages concernés	Formations traversées	Nature des formations gypseuses	Risqué associé	Traitements
Villejuif Louis Aragon - Vitry Centre	Villejuif	pk 2129940 m au pk 2128500 m (gare Vitry centre)	Masses et Marnes du Gypse	Masses et marnes du gypse altérées par la dissolution ancienne du gypse	Faible	À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement. Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles.
			Radier dans le marno-calcaire de Saint Ouen et 3/4 supérieurs dans les Masses et Marnes du Gypse	Présence de vides ou de terrains décomprimés au niveau du passage sous les éboulis (pk 2128900 m)	Faible	À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement. Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles.
		pk 2128100 m au pk 2128400 m	Masses et Marnes du Gypse	Couverture très altérée de Masses et Marnes du Gypse	Faible	À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement, du fait de la profondeur du tunnel.. Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles.
Vitry Centre - Les Ardoines	Villejuif Vitry-sur-Seine	pk 2126500 m au pk 2128400 m (OA 1402P et OA1401P)	Marno-calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp et Marnes et Caillasses	Couverture altérée et affectée par la dissolution du gypse (calcaire de Saint-Ouen dans la plaine alluviale de la Seine)	Moyen	Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles. Au niveau de la gare des Ardoines Réalisation d'injections des zones décomprimées du Calcaire de Saint-Ouen et des Marnes et Caillasses préalables aux travaux de génie civil de la gare.
Les Ardoines - Vert de Maisons	Vitry-sur-Seine Alfortville	Totalité du tronçon (Gares les Ardoines, gare Vert de Maisons, OA 1302P, OA 1301P)	Alternance de Calcaires de Saint Ouen, Sables de Beauchamp et Marnes et caillasses	Calcaire de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp traces de dissolutions du gypse	Faible	À ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement. Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles.
Vert de Maisons - Créteil L'Echat	Maisons-Alfort Créteil	Totalité du tronçon	Marnes et caillasses et Sables de Beauchamp	Présence de gypse dans les Marnes et Caillasses et Calcaire de Saint-Ouen	Faible	A ce stade, il n'est pas prévu la réalisation de traitement. Réalisation de reconnaissances à l'avancement au front du tunnelier possibles.

1.5.4 Impacts du projet liés au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface

1.5.4.1 Rappel des enjeux liés au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface

L'argile est une roche sédimentaire à grains fins présente dans différentes formations géologiques. Cette roche voit sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Elle est dure et cassante lorsqu'elle est desséchée mais devient plastique et malléable à partir d'un certain niveau d'humidité. Ces variations de consistance s'accompagnent de variations de volume, dont l'amplitude peut s'avérer très importante.

Les variations de volume générées par le retrait des argiles provoquent des tassements qui se manifestent par des désordres sur les ouvrages. A contrario, le phénomène de gonflement peut provoquer des soulèvements ou des sur-contraintes (pression de gonflement sous un radier de gare par exemple).

Ces phénomènes se produisent essentiellement à proximité de la surface, où la teneur en eau des argiles est soumise à de fortes variations, gouvernées par les conditions météorologiques (périodes de sécheresse notamment), mais aussi par la végétation (système racinaire) et l'activité humaine (imperméabilisation des surfaces, pompages ou arrosages…).

La présence de cet aléa a conduit à l'élaboration Plans de Prévention des Risques naturels (PPRn) en Île-de-France. Le PPRn associé au phénomène de retrait-gonflement des argiles est le PPRn Mouvement de terrain – Tassement.

Plusieurs formations géologiques affleurant sur l'aire d'étude contiennent de l'argile et sont susceptibles de présenter un aléa fort vis-à-vis du phénomène de retrait-gonflement des argiles : les formations marneuses du Ludien et les argiles vertes en surface au niveau du plateau de la Brie.

1.5.4.2 Rappel de la sensibilité des secteurs associée au phénomène de retrait-gonflement des argiles en surface

Au regard de l'analyse réalisée dans le rapport de phase G1 et d'après le Plan de Prévention des Risques naturels en Île-de-France, les secteurs les plus sensibles sont

- **les rebords du plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux**, constituant une zone d'aléa fort.
- **les bords du plateau de Villejuif** présentant un aléa fort à moyen : il est important de noter que le centre du plateau n'est pas cartographié, les données n'étant pas connues ;
- **les rebords du plateau de Brie**, correspondant à une zone d'aléa fort ;

Compte tenu de la nature des ouvrages réalisés dans le cadre du projet (ouvrages ancrés profondément), l'enjeu vis-à-vis du phénomène de retrait gonflement des argiles apparaît comme **faible** au niveau de l'aire d'étude.

Malgré l'aléa qui peut être fort sur certains secteurs de l'aire d'étude, la sensibilité est considérée comme faible sur la totalité du secteur d'étude au regard du type de construction qui sera réalisée.

Le tableau ci-dessous rappel la sensibilité des secteurs et la réglementation associées au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface.

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité	Règlementation associée au retrait-gonflement des argiles en surface
		PPRn Mouvement de terrain
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul	-
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	L'Haÿ-les-Roses Cachan
Secteur du plateau de Villejuif	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	Villejuif
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface	Alfortville Créteil Saint-Maur-des-Fossés Champigny-sur-Marne
Secteur du plateau de Champigny	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.	Champigny-sur-Marne Villiers-sur-Marne Noisy-le-Grand Champs-sur-Marne

Légende :

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

Identification de la sensibilité et réglementation associés au retrait-gonflement des argiles en surface
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.5.4.3 Prescriptions et règles liées au phénomène de retrait gonflement des argiles en surface

Le règlement de Plans de Prévention des Risques (PPR) de ce type énoncent généralement des recommandations et des prescriptions destinées à s'appliquer au sein des zones réglementées. Il s'agit pour l'essentiel de dispositions constructives, qui concernent principalement les nouvelles constructions.

À titre d'information, un PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique et est opposable aux tiers. À ce titre, il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU) conformément à l'article 126.1 du Code de l'Urbanisme. Comme spécifié dans l'article 16.1 de la loi n° 95.101 du 2 février 1995, le respect des prescriptions obligatoires s'applique, dès l'approbation du PPR, à toute nouvelle construction située dans les zones concernées.

La liste des communes concernées par un Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) relatif au phénomène de retrait-gonflement des argiles sont rappelées dans le tableau ci-dessous :

Département	Communes du fuseau	Prescription	Enquête	Approbation
PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels				
94	L'Haÿ-les-Roses	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Cachan	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Villejuif	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Alfortville	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Créteil	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Saint-Maur-des-Fossés	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Champigny-sur-Marne	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Villiers-sur-Marne	09/07/2001	11/02/2012	-
93	Noisy-le-Grand	23/07/2001	-	-
77	Champs-sur-Marne	11/07/2001	-	-

Communes impactées par les risques de retrait-gonflement des argiles
(Données issues du site internet prim.net, pour la prévention des risques majeurs)

Actuellement, un PPRn Mouvement de terrain –Tassements différentiels est prescrit dans les départements du **Val-de-Marne** (prescription datant du 09/07/2001), de **Seine-Saint-Denis** (prescription datant du 23/07/2001) et de **Seine et Marne** (prescription datant du 11/07/2001).

Seul le PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels du département du Val-de-Marne (94) est en cours d'enquête publique.

À ce jour, aucune prescription concernant ce PPRn ne s'applique donc au droit de la Ligne 15 Sud.

a. PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels du Val-de-Marne (94)

Le dossier d'enquête publique du **PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels du département du Val-de-Marne** qui est consultable, présente les différentes dispositions du règlement. Concernant les bâtiments projetés en zone d'aléa retrait gonflement (hors maisons individuelles non groupées, bâtiments purement agricoles et annexe d'habitation non accolées au bâtiment principal), le document impose :

« La réalisation d'une étude géotechnique conformément à la norme NF P94-500, définissant les dispositions constructives nécessaires pour assurer la stabilité des constructions vis-à-vis du risque avéré de tassement ou de soulèvement différentiel de terrain et couvrant la conception, le pré-dimensionnement et l'exécution des fondations, ainsi que l'adaptation de la construction et de son environnement immédiat aux caractéristiques du site est prescrite dans les trois zones (B1, B2 et B3). »

Au regard des dispositions du règlement du dossier d'enquête publique, il apparait que le projet de la Ligne 15 Sud est en accord avec ces documents.

Par ailleurs, en cas d'approbation d'un Plan de Prévention des Risques sur l'une des communes traversée par le projet, pendant l'instruction du présent dossier, les éventuelles prescriptions seront respectées par la Société du Grand Paris.

b. Dispositions constructives préventives

D'après le dossier d'enquête publique du PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels les principes la seule mesure technique préconisée pouvant s'appliquer au projet du réseau de transport du grand Paris est la suite, et s'appliquera principalement au niveau des gares pour le projet d'aménagement périphérique :

- tout élément de nature à provoquer des variations saisonnières d'humidité du terrain (arbre, drain, pompage ou au contraire infiltration localisée d'eaux pluviales ou d'eaux usées) doit être le plus éloigné possible de la construction ;

1.5.4.4 Prise en compte de l'aléa retrait gonflement des argiles en surface dans la conception du projet

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, il s'agit notamment de la construction du tunnel avec la technique du tunnelier et la construction des gares avec la méthode des parois moulées.

Grâce à ces mesures de construction, prenant en compte les principes de construction du PPRn en cours d'enquête publique, le projet ne sera pas sensible au phénomène de retrait gonflement des argiles.

Sur la totalité de la Ligne 15 Sud, le tunnel s'inscrit systématiquement en-dessous des argiles de surface : l'impact est donc nul.

La gare de Noisy-Champ traverse cette formation mais s'ancre plus profondément. Du fait des méthodes constructives retenues (mise en place de parois moulées), les argiles vertes ne seront jamais exposées aux intempéries météorologiques. L'impact lié au retrait/gonflement des Argiles Vertes est donc quasi nul. **Aucune mesure constructive n'est donc retenue pour ces gares.**

1.5.4.5 Mesures d'accompagnement concernant l'aléa retrait gonflement des argiles

a. Mesures d'évitement et de réduction

Le risque étant faible, il n'y a pas de mesures d'évitement et de réduction.

b. Mesures de suivi

En amont et pendant la phase travaux, une auscultation des zones sensibles sera réalisée en amont des travaux pour définir la respiration naturelle des bâtis et en phase travaux pour suivre les éventuelles déformations induites pas le projet.

1.5.5 Impacts du projet liés à la présence d'argile dans le sous-sol

1.5.5.1 Rappel de la problématique et des enjeux liés à la présence d'argile dans le sous-sol

Un projet de type métro souterrain est susceptible d'activer ou de réactiver le phénomène de retrait/gonflement des argiles en modifiant le régime d'écoulement des nappes d'eau souterraines.

Par ailleurs, la réalisation de terrassements à ciel ouvert est susceptible d'exposer des argiles aux aléas météorologiques alors qu'elles étaient jusqu'à présent protégées, favorisant également leur retrait/gonflement. Le projet de la Ligne 15 Sud recoupe plusieurs formations géologiques argileuses considérées comme fortement sensibles :

- les Argiles Vertes du Sannoisien au niveau du plateau de Villejuif;
- les Argiles Plastiques de l'Yprésien formations profondes sur le plateau d'Issy à Cachan et .de la commune de Saint-Maur des fossés

1.5.5.2 Rappel de la sensibilité des secteurs associée à la présence d'argile en profondeur

Au regard de l'analyse réalisée dans le rapport de phase G1, une évaluation de la sensibilité des différents secteurs a été réalisée. Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Sensibilité et réglementation associées aux retrait-gonflement des argiles dans le sous-sol

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Absence de couches argileuses dans le sous-sol
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Présence d'Argile Plastique de l'Yprésien en profondeur
Secteur du plateau de Villejuif	Présence d'Argiles Vertes à profondeur moyenne
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne	Présence d'Argiles Plastique en profondeur au niveau de Saint-Maur des Fossés
Secteur du plateau de Brie	Présence de Marnes supragypseuses à profondeur moyenne

Légende :

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

Identification de la sensibilité et réglementation associés au retrait-gonflement des argiles en surface
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.5.5.3 Prescriptions et règles liées à la présence d'argile en profondeur

Aucun zonage réglementaire lié à la présence de couches argileuses en profondeur n'existe sur les communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud.

Néanmoins, au vu de l'enjeu pour la construction du futur métro, des dispositions spécifiques sont à prévoir pour éviter tout désordre. Ces dispositions techniques et ces mesures sont présentées ci-dessous.

1.5.5.4 Mesures retenues pour l'argile en profondeur au droit de la Ligne 15 Sud

Sur la Ligne 15 Sud, le tunnel s'inscrit partiellement dans les couches de l'Yprésien au niveau du Plateau d'Issy à Cachan et entre Créteil et Saint-Maur des fossés. Le tunnel étant réalisé au tunnelier, sans rabattement ni apport d'eau, l'impact est quasiment nul..

Les gares de Villejuif Louis Aragon, Villejuif IGR et Noisy-Champ traversent les argiles Vertes et s'ancrent dans les Marnes Supragypseuses voire Infragypseuses. Du fait des méthodes constructives retenues (mise en place de parois moulées), les argiles vertes ne seront pas exposées aux intempéries météorologiques. L'impact lié au retrait/gonflement des Argiles Vertes est donc quasi nul. Concernant les Marnes Supragypseuses en fond de fouille, l'impact est faible, en effet la réalisation de ces gares ne nécessitent pas de rabattement, il n'y a donc pas de perturbation hydrogéologique favorisant le développement de ce phénomène de retrait gonflement, le radier sera dimensionné en conséquence pour reprendre les éventuelles pressions de gonflement. Des éventuelles précautions particulières pourront être prises en compte en cas d'intempéries pour protéger le fond de fouille (système de drainage, et de collecte des eaux, etc…). **Aucune mesure constructive spécifique n'est donc retenue pour ces gares.**

Concernant la couche d'Argiles Plastiques qui se situe en profondeur, pour la partie en section courante située entre Arcueil-Cachan et Fort d'Issy et la zone entre Créteil et Saint-Maur des Fossés, le tunnel s'inscrit partiellement dans cet horizon pour la première section et intégralement dans cet horizon pour la deuxième section. La réalisation du tunnel au tunnelier perturbe peu les conditions hydriques des Argiles Plastiques : le phénomène de retrait/gonflement des Argiles Plastiques est donc quasi nul pour cette partie.

Les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge, Bagneux sont ancrées dans les Argiles Plastiques, la gare de Saint-Maur Créteil traverse quant à elle cet horizon pour aller s'ancrer dans la craie. De même, les fonds de fouilles des ouvrages annexes Fort de Vanves (OA7), Cimetière parisien de Bagneux (OA6), La pierre Plate (OA5), Parc Robespierre (OA4), Square Général de Gaulle (OA3), Rue du Port, Impasse abbaye, Rue Charles Floquet et Av. Roger Salengro sont ancrés dans ces formations.

Lors du terrassement des gares et ouvrages annexes dont les phases de terrassement découvrent les Argiles Plastiques, des précautions particulières seront mises en place en cas d'intempéries météorologiques (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des écrans d'étanchéité ou des membranes, par exemple) ; le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des Argiles.

Pour la phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour reprendre les efforts de gonflement des Argiles Plastiques.

Par ailleurs, les suivis et missions géotechniques prévus dans le cadre du projet permettront de vérifier que le comportement des sols et de l'ouvrage est bien conforme aux prévisions réalisées lors des études de conception.

1.5.6 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la géologie

Le tableau de la page suivante synthétise pour chaque secteur :

- les principaux aléas et enjeux géologiques identifiés ;
- les principales solutions techniques mises en œuvre pour éviter ou limiter les impacts ;
- une synthèse des impacts résiduels géologiques attendus ainsi que la section du rapport où cet impact est traité.

Synthèse de la prise en compte des risques géologiques

Critères à enjeu	*Caractéristique de l'impact*	*Mesures mises en œuvre*
« Géologie »	***<u>Anciennes carrières</u>***	
	<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> Présence potentielle d'anciennes carrières dans la partie sud-ouest de la boutonnière.	Pas de mesures spécifiques
	<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> Présence de nombreuses carrières souterraines sur tout le linéaire du secteur (toutes les gares et ouvrages annexes du secteur sont concernés). Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblais épais (aux alentours des gares de Fort d'Issy–Vanves–Clamart et d'Arcueil-Cachan).	Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible. Investigations complémentaires sur certains secteurs pour réduire les incertitudes concernant l'extension des carrières souterraines. Réalisation de visites de carrières, en accord avec l'Institut Général des Carrières (IGC), afin d'identifier et vérifier l'état des carrières existantes. Remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface des niveaux de carrières souterraines ou injection sous pression selon l'état, le type et l'accessibilité les zones de traitement envisagée en phase avant-projet sont détaillés au chapitre XX. Confortement par piliers maçonnés de certaines carrières pour qu'elles restent visitables (prescriptions de l'IGC).
	<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert, exploitant les Sables de Fontainebleau, entrainant des niveaux de remblai parfois épais : localisées autour de la gare Villejuif IGR	Pas de mesures spécifiques
	<u>Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne</u> Présence d'anciennes carrières souterraines ponctuelles au niveau de Créteil (quartier des Buttes-Halage) et Saint-Maur-des-Fossés (sous l'avenue Mahieu). Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert ponctuelles entrainant des niveaux de remblais parfois épais sur les communes de Créteil, Saint-Maur et Champigny-sur-Marne	Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible. Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes sur l'extension des carrières. Actuellement, pas de traitement envisagé, la campagne actuellement en cours permettra de confirmer ou non les premières hypothèses venant des deux premières campagnes de reconnaissances. En cas d'éléments nouveaux montrant un état de la carrière non compatible avec les objectifs de maitrise des risques de la Société du Grand Paris des traitements seront envisagés.
	<u>Secteur du plateau de la Brie</u> Présence potentielle d'anciennes carrières de Calcaire de Champigny. Ces anciennes carrières n'ont pas été mises en évidence par les sondages.	Investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des anciennes carrières. Pas de traitement défini à ce jour.

« Géologie »	***Dissolution du gypse***	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne Absence de zones gypseuses	Seule la zone des Ardoines montrent des décompressions nécessitant la réalisation préalables aux travaux de génie civil de la gare d'injections. Les campagnes en cours de réalisation permettront de circonscrire la zone de ces traitements au juste nécessaires. Une reconnaissance à l'avancement pourra également être mise en place. Par ailleurs, afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet de la Ligne 15 Sud prévoit de limiter l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes dans les zones susceptibles de développer ce phénomène (mise en place de parois moulées et réalisation du tunnel au tunnelier).
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan Les formations antéludiennes présentes sur ce secteur ne sont pas ou peu gypsifères	
	Secteur du plateau de Villejuif Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches du Ludien et de l'antéludien	
	Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne Présence de niveaux de gypse décimétriques dans les formations antéludiennes ou de zones décomprimées signes de dissolutions de gypse	
	Secteur du plateau de Champigny Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines dans les Calcaires de Champigny	
	Retrait-gonflement des argiles en surface	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul	Au vu de la nature du projet, ainsi que de l'ampleur en conséquence très limitée du phénomène concerné, il n'y a pas de disposition spécifique à mettre en place. En effet, la mise en place d'infrastructure (affranchissement de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation) profonde n'est pas sensible à ce phénomène et n'est pas susceptible de l'amplifier.
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	
	Secteur du plateau de Villejuif Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	
	Secteur de la plaine de Vitry Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface	
	Secteur du plateau de Champigny Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.	

« Géologie »	***Retrait-gonflement des argiles en profondeur***		
		Secteur de la boutonnière de Boulogne Absence de couches argileuses dans le sous-sol.	En phase chantier, concernant les gares ancrées dans les Argiles Plastiques, des précautions particulières seront mises en place en cas d'intempéries météorologiques, lors des terrassements (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des écrans d'étanchéité ou des membranes, par exemple) ; le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des Argiles. En phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour reprendre les efforts de gonflement des Argiles Plastiques.
		Secteur du plateau d'Issy à Cachan Présence d'Argile Plastique de l'Yprésien en profondeur Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques sur la majorité du secteur. Les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge et Bagneux sont ancrées dans les Argiles Plastiques. Les fonds de fouilles des ouvrages annexes de Fort de Vanves (OA7), Cimetière parisien de Bagneux (OA6), La pierre Plate (OA5), Parc Robespierre (OA4) et Square Général de Gaulle (OA3) sont ancrés dans les Argiles Plastiques	
		Secteur du plateau de Villejuif Présence d'Argiles Vertes à profondeur moyenne, ancrage dans les marnes supragypseuses	
		Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne Présence d'Argiles Plastique en profondeur au niveau de Saint-Maur des Fossés. Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques entre Créteil et Saint-Maur-des-Fossés. Les fonds de fouilles des ouvrages annexes Rue du Port, Impasse abbaye, Rue Charles Floquet et Av. Roger Salengro sont ancrés dans les Argiles Plastiques.	
		Secteur du plateau de Champigny Présence de Marnes supragypseuses à profondeur moyenne	

1.6 Hydrogéologie

1.6.1 Méthodologie retenue dans la définition du projet et stratégie de maîtrise des risques hydrogéologiques

Dans le cadre du projet, de nombreuses investigations géotechniques ont été réalisées et des investigations complémentaires seront réalisées au démarrage de la phase travaux.

Chaque nouvelle phase d'études a fait, et fera l'objet, de reconnaissances complémentaires qui viennent compléter et préciser les données, et permettent ainsi de fiabiliser les hypothèses prises au cours des phases précédentes.

La méthodologie retenue dans la définition du projet et la stratégie des risques hydrogéologiques étant similaire à celles concernant les risques géologiques, cette thématique est plus amplement détaillée en introduction de la partie géologie.

1.6.1.1 Rappel du contexte hydrogéologique au droit du projet

Les grandes entités hydrogéologiques identifiées en Ile-de-France, au droit de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud, sont présentées ci-dessous :

- Les nappes alluviales ;
- Les nappes des Sables de Fontainebleau et des Calcaire de Brie constituant l'aquifère de l'Oligocène ;
- Les nappes de l'aquifère multicouche de l'Éocène supérieur, à savoir, les nappes des Marnes de Pantin, des Masses et Marnes du Gypse ou du Calcaire de Champigny, et nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp ;
- Les nappes de l'aquifère de l'Éocène inférieur et moyen ; celles des Marnes et Caillasses et des Calcaires Grossiers du Lutétien ainsi que celle des Sables de l'Yprésien ;
- La nappe de la Craie, représentée par l'aquifère des Marnes de Meudon et de la Craie.

Une coupe géologique et hydrogéologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud est présentée sur les deux figures suivantes. Elle permet de visualiser les variations stratigraphiques le long de la Ligne 15 Sud et le positionnement de l'infrastructure vis-à-vis des formations géologiques et des aquifères.

Les grands aquifères interceptés par le tunnel le long du tracé de la Ligne 15 Sud, sont présentés par secteur d'étude :

a. Secteur de la boutonnière de Boulogne

Au niveau de ce secteur, le tunnel se trouve à environ 10 mètres sous le toit de l'aquifère de la Craie du Crétacé. Il passe à environ 14 mètres sous le lit de la Seine.

La nappe interceptée dans ce secteur, sur les communes de Saint-Cloud, Sèvres, Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, est celle de la Craie fissurée.

b. Secteur du plateau d'Issy à Cachan

Au niveau de ce secteur, le tracé du tunnel longe essentiellement les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien et des Argiles Plastiques de l'Yprésien.

Sur les communes de Vanves, Clamart, Malakoff, Chatillon, Montrouge, Bagneux et Cachan, le tunnel intercepte donc la nappe de l'Yprésien et du Lutétien.

Le tunnel traverse localement les Marnes de Meudon et la Craie sous-jacente au droit de la commune de Malakoff ; il intercepte ponctuellement la nappe contenue dans ces formations.

c. Secteur du plateau de Villejuif

Après avoir traversé la Bièvre, le tunnel grimpe progressivement au droit du plateau, traversant les formations des Marnes et Caillasses du Lutétien, les Sables de Beauchamp, les Calcaires de Saint-Ouen et les Marnes infra-gypseuses. Le tunnel suit ensuite les formations des Masses et Marnes du Gypse et les Marnes d'Argenteuil. Arrivé en bordure orientale du plateau de Villejuif, le tunnel plonge progressivement, pour atteindre la gare de Vitry-Centre, traversant les Masses et Marnes du Gypse et les Calcaires de Saint-Ouen.

Le tunnel intercepte la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen et les Sables de Beauchamp sur les bordures du plateau et celles contenues dans les Masses et Marnes du Gypse et Marnes infragypseuses sur le plateau.

d. Secteur de la plaine de Vitry

Après la gare de Vitry-sur-Seine, le tunnel oscille entre les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien, des Marnes et Caillasses, des Sables de Beauchamp et des Calcaires de Saint-Ouen. Le tunnel intercepte les nappes contenues dans ces formations sur les communes de Vitry-sur-Seine, Alfortville, Maisons-Alfort et Créteil.

Plus à l'est, la traversée des deux tronçons de la Marne entraîne une sur-profondeur du tunnel, qui atteint les Marnes de Meudon, notamment au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil. De ce fait, sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés, le tunnel intercepte la nappe des Marnes de Meudon et de la Craie ;

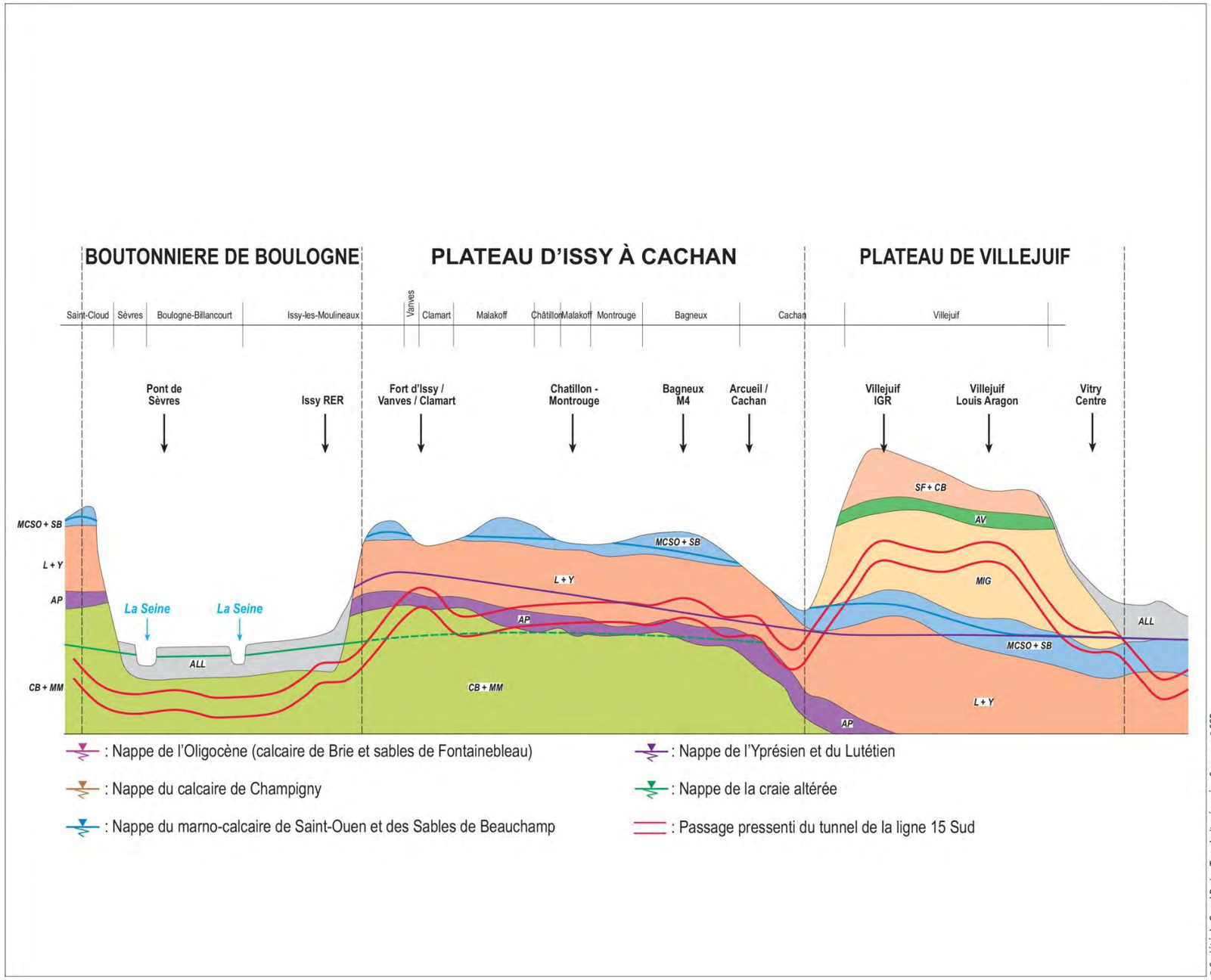
À l'est de la Marne, le tunnel s'insère dans les formations de l'Yprésien, jusqu'au plateau de Brie ; le tunnel intercepte la nappe de l'Yprésien et du Lutétien sur les communes de Joinville-le-Pont et Champigny sur-Marne.

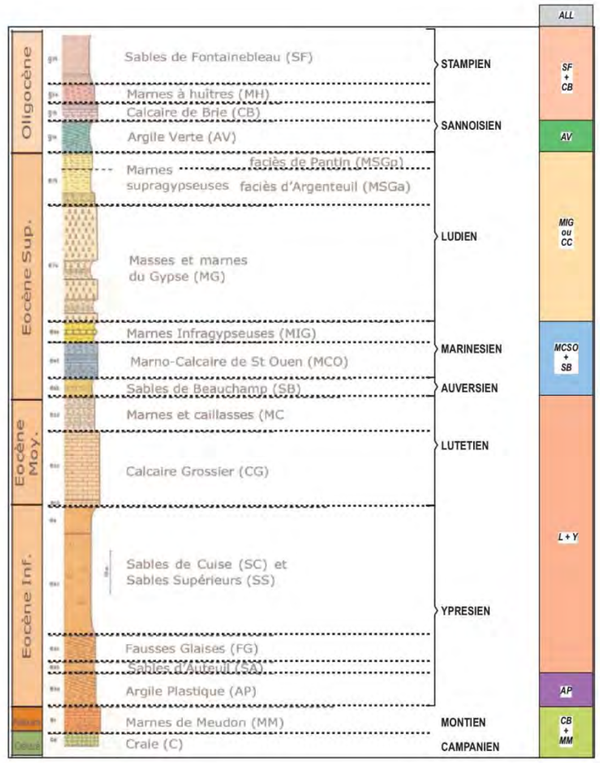
e. Secteur du plateau de Champigny

Le tunnel de la Ligne 15 Sud s'insère dans les Calcaires de Champigny jusqu'à la commune de Noisy-le-Grand. Il remonte ensuite légèrement dans les Marnes supra-gypseuses (Marnes de Pantin et Marnes d'Argenteuil) jusqu'à la gare de Noisy-Champs.

Sur ce secteur et plus particulièrement commune de Noisy-le-Grand, le tunnel intercepte donc successivement la nappe du calcaire de Champigny puis celle des Marnes supra-gypseuses.

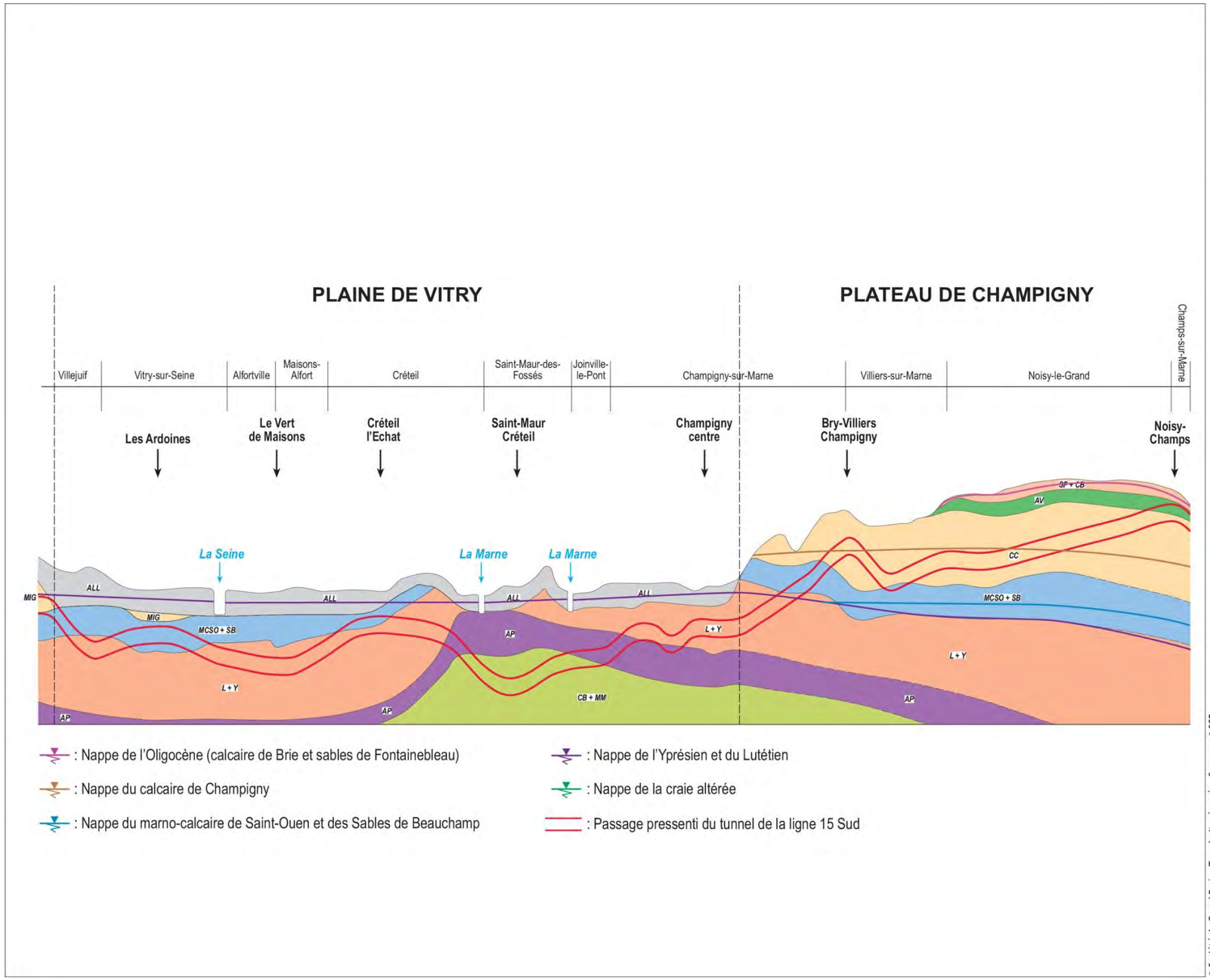
Coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud – Partie occidentale de l'aire d'étude
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)

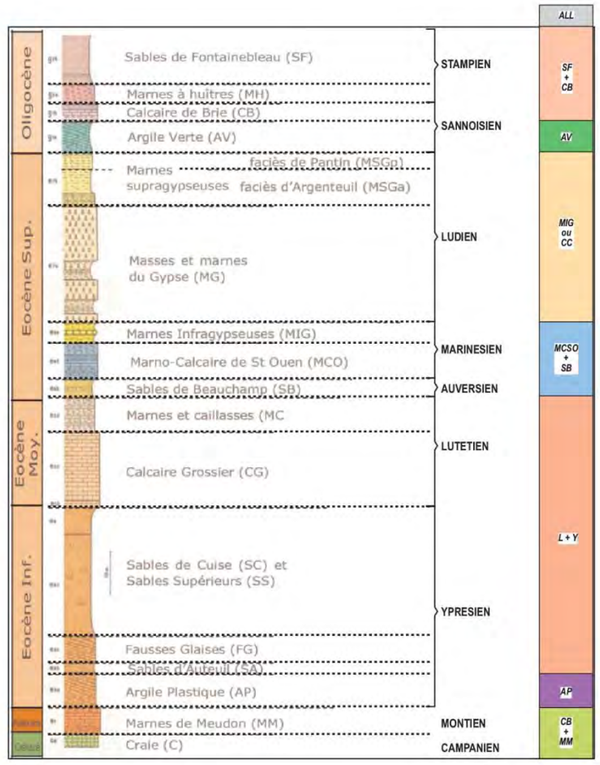




© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

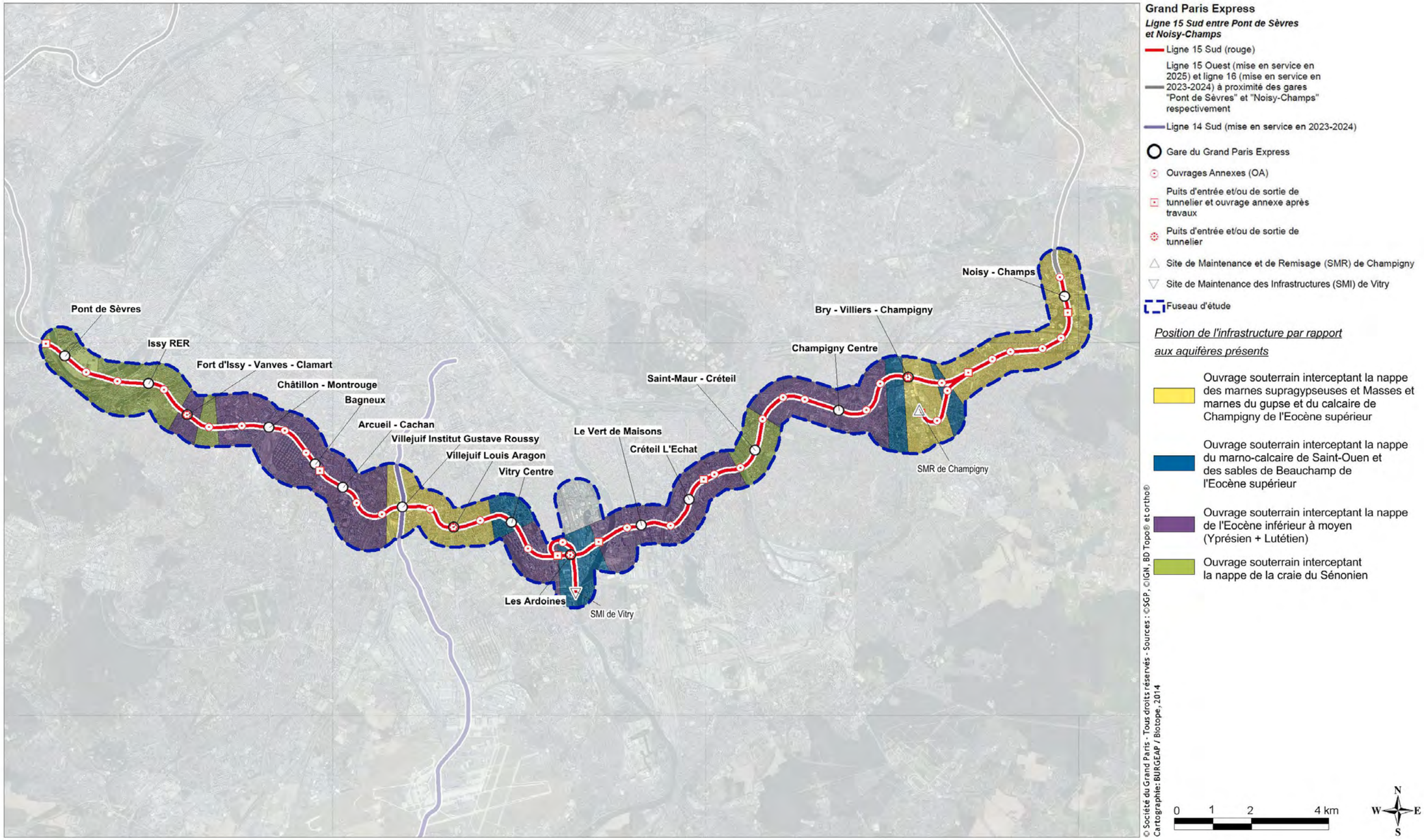
Coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud – Partie orientale de l'aire d'étude
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)





© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

Intersection du tunnel de la Ligne 15 avec les nappes
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)



1.6.1.2 Méthodologie générale du choix des dispositions constructives

La méthodologie utilisée a tenue compte à la fois des contraintes géologiques et hydrogéologiques. Par conséquent, les principes généraux de construction sont présentés dans les parties géologie et hydrogéologie mais intègrent des notions différentes en fonction de la thématique traitée.

a. Principes généraux de la construction : mise en place du tunnel

Pour la réalisation du tunnel, la technique de construction privilégiée est celle du tunnelier.

L'une des fonctions principales du tunnelier est d'assurer la stabilité du front de creusement. Cette stabilité dépend des caractéristiques géotechniques du terrain et de la charge hydrostatique des couches géologiques traversées.

La stabilité est assurée au travers de la mise sous pression du tunnel et notamment de la chambre de confinement (au niveau de la tête du tunnelier). Cette pression vient équilibrer le poids des terres et la pression de l'eau afin d'assurer la stabilité du front.

Ce confinement permet également de limiter l'extrusion du front qui est une des principales sources de tassement en surface. Dans un milieu très urbanisé tel que la majorité de la Ligne 15 Sud, le tunnel sera creusé dans l'environnement d'ouvrages sensibles existants, la maîtrise du confinement appliquée étant de fait essentielle afin de limiter les tassements et réduire les désordres en surface.

Grâce à la méthode de creusement au tunnelier avec chambre de confinement, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre des opérations de rabattement des nappes, le tunnelier s'affranchissant des charges d'eau et réalisant l'étanchéifiassions de l'ouvrage au fur et à mesure de son avancement.

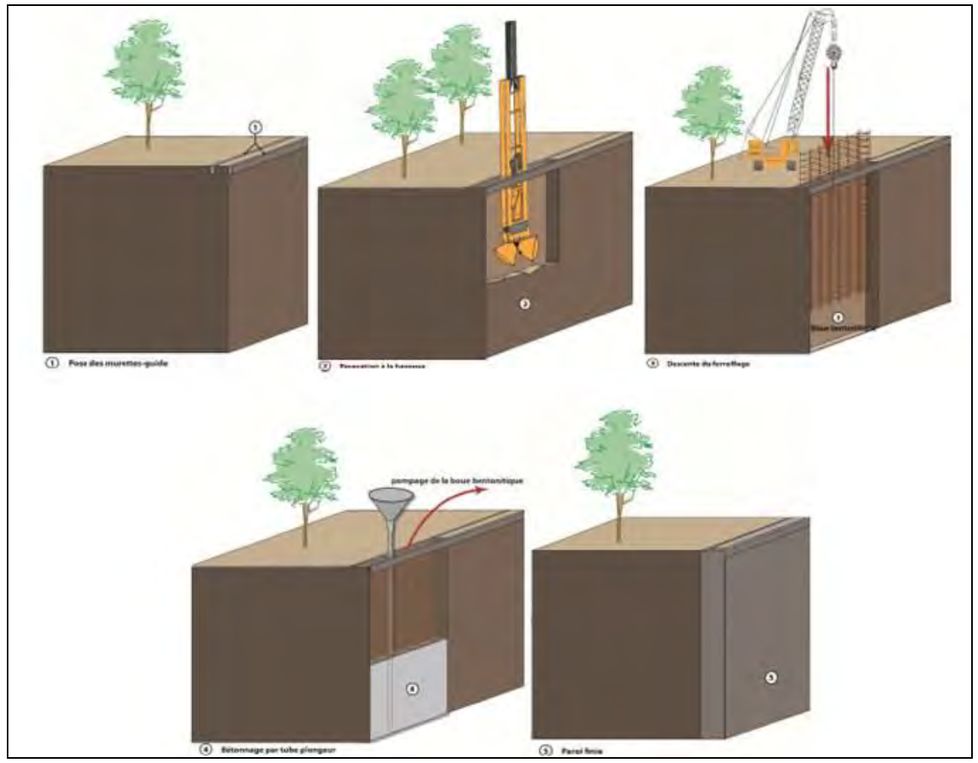
Cette méthode constructive permet ainsi de réduire à un niveau négligeable les modifications de de circulations souterraines des nappes traversées.

b. Principes généraux de la construction : réalisation des ouvrages

La prise en compte des différentes contraintes a conduit à adopter divers mode de construction des gares et ouvrages annexes.

De manière générale les gares, les puits ainsi que certaines sous-sections (zones d'attaque et d'émergence du tunnelier) seront construit avant l'arrivée du tunnelier. Cette méthode de conception, dite « en tranchée couverte » est entreprise depuis la surface. Le principe de la « boite » consiste à réaliser, avant tout creusement, une paroi moulée autour de la future gare souterraine. Ces parois permettent de s'affranchir des circulations horizontales d'eau entre l'extérieur et l'intérieur de la boîte gare.

Une paroi moulée est un écran en béton armé directement moulé dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe d'eau traversée et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations.



Principe général de mise en œuvre de parois moulées
(Source : Société du Grand Paris)

En fonction du contexte souterrain (géologique et hydrogéologique) dans lequel s'insère l'ouvrage considéré, la profondeur d'ancrage des parois moulées est très variable.

Le dimensionnement de la fiche des soutènements doit être réalisé de manière à assurer en premier lieu leur stabilité mécanique. Ensuite, si le fond de l'ouvrage est situé sous une nappe d'eau souterraine, il est nécessaire de prévoir un dispositif d'épuisement provisoire afin de pouvoir terrasser à sec. La faisabilité et les contraintes associées à un dispositif d'épuisement dépendent de la quantité d'eau souterraine potentielle à gérer, de sa qualité et des possibilités en termes de solutions de rejet.

La démarche qui a été retenue pour le projet a consisté à privilégier les solutions techniques permettant de réduire le débit d'épuisement autant que possible.

En fonction du contexte souterrain, différents cas de figures peuvent être rencontrés.

Si les parois moulées de l'ouvrage sont implantées pour des raisons géométriques et mécaniques au sein d'une couche géologique naturellement peu ou modérément perméable, les débits d'épuisement attendus sont faibles ou modérés et il n'est pas nécessaire de prévoir des dispositifs particuliers permettant de limiter le débit d'épuisement en phase chantier.

Si l'ouvrage et ses parois moulées sont implantés au sein d'une formation potentiellement assez perméable, le débit résiduel à gérer est alors susceptible d'être important. Dès lors, un premier calcul est effectué sur le débit d'épuisement en fonction des caractéristiques des terrains. En fonction du résultat de cette évaluation, des solutions constructives complémentaires sont dimensionnées afin de réduire autant que possible le débit d'épuisement, à savoir :

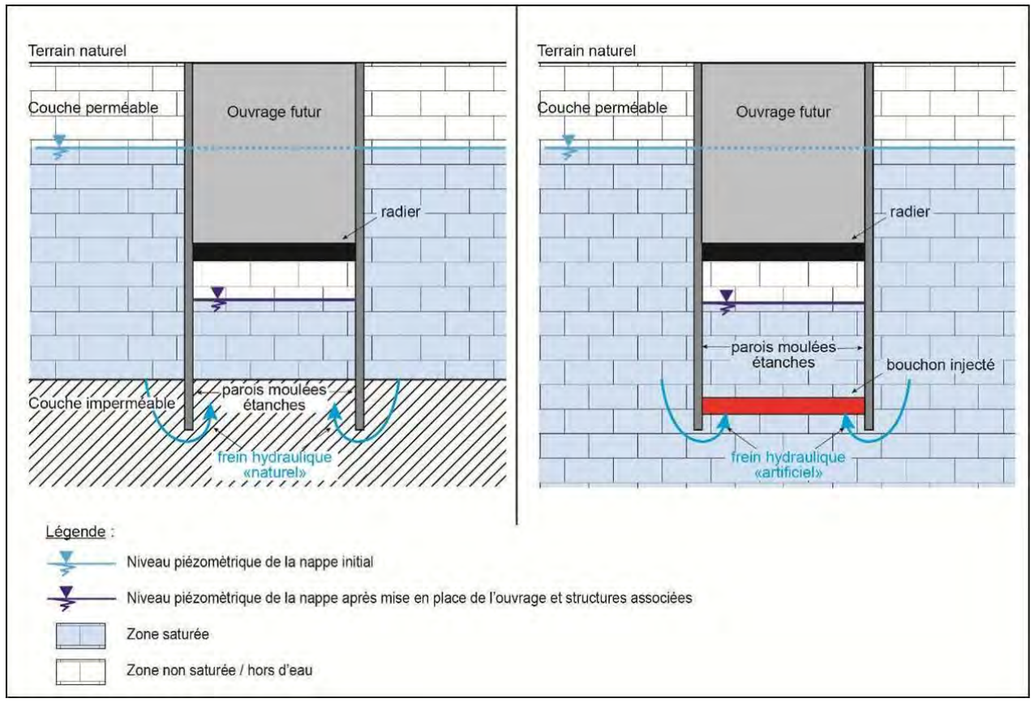
- le prolongement des parois moulées vers des horizons naturellement peu perméables. Une fiche « hydraulique de parois moulée », qui correspond à la profondeur que la paroi moulée doit atteindre pour limiter le débit résiduel significativement, est alors définie. La fiche hydraulique est nécessairement équivalente ou plus profonde que la fiche mécanique qui correspond à la profondeur que doit atteindre la paroi moulée pour assurer uniquement la stabilité mécanique de l'ouvrage ;

- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée atteignant un horizon naturellement peu perméable. La réalisation d'une jupe injectée consiste à créer un rideau d'injection de sols sous les parois moulées avec un coulis de bentonite-ciment destiné à colmater les fissures ou pores des terrains de sorte à réduire artificiellement sa perméabilité naturelle. Les parois moulées ont généralement une épaisseur de 2 à 3 mètres. Cette technique permet de réduire significativement la perméabilité des terrains en place mais, à la différence de la paroi moulée, ne permet pas de rendre totalement étanche le rideau de terrain injecté. Cette technique est privilégiée dans les terrains durs qui sont difficiles à forer pour poser des panneaux de parois moulées comme dans les Calcaire grossiers par exemple,

- la mise en place en pied de parois moulées d'un fond ou « bouchon » injecté. Un bouchon injecté est réalisé depuis le sol. Cette technique consiste à injecter les terrains en place en profondeur d'un coulis de bentonite-ciment par un réseau de forages au maillage serré. L'objectif est ici aussi de réduire artificiellement sur une épaisseur maîtrisée (environ 3 à 5 mètres) la perméabilité des terrains en place de sorte à limiter significativement le débit d'épuisement. Généralement, un bouchon injectée est réalisé dès lors qu'aucun horizon naturellement peu perméable n'est pas atteignable par une paroi moulée ou une jupe injectée dans des conditions raisonnables (c'est-à-dire quand les horizons naturellement peu perméables sont trop profonds) ;

- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée et la mise en place d'un bouchon injecté en pied de jupe. Il s'agit cette fois d'une combinaison des deux techniques précédentes. Cette solution est privilégiée lorsque les terrains concernés sont trop résistants pour la pose de parois moulées profondes et lorsque qu'il n'existe pas d'horizons peu perméables sous les parois moulées à une profondeur raisonnable.

Le schéma ci-dessus présente le concept des gares permettant ainsi de mieux appréhender les propos qui suivent.



Conception de gares étanches – deux configurations possibles (cas A : paroi moulée ancrée dans une couche imperméable ; cas B : paroi moulée avec ajout d'un bouchon injecté)
(Source : Société du Grand Paris)

Pour les rameaux (parties horizontales) de connexion, entre les ouvrages annexes et le tunnel ou ouvrage principal, il est prévu l'injection au préalable des terrains en place avant creusement de sorte à réduire significativement les venues d'eau.

Il est important de souligner que des solutions de réduction de débit d'épuisement ont été considérées comme nécessaires dès lors que le contexte hydrogéologique n'apparaissait pas suffisamment favorable pour obtenir des débits d'épuisement limités sans dispositions particulières. En effet, le choix de la solution constructive à adopter est fonction du débit d'épuisement envisageable. Dans un premier temps, une évaluation du débit d'épuisement est réalisée en tenant compte uniquement de la géométrie des parois moulées imposée par les caractéristiques mécaniques des sols. Si le calcul indique des débits faibles, aucune solution complémentaire est testée car non nécessaire. Si le calcul montre un débit potentiellement important alors des solutions de réduction complémentaires sont envisagées selon le contexte géologique local. L'efficacité de ces solutions en termes de réduction de débit est testée par calcul. Au stade actuel, les caractéristiques hydrogéologiques des terrains qui sont retenues pour évaluer si une solution constructive complémentaire est nécessaire sont plutôt défavorables (c'est-à-dire dans la tranche haute des perméabilités attendues). Ainsi, une solution de réduction de débit résiduel a été retenue dès lors que les parois moulées ne pénètrent pas dans un horizon franchement peu perméable (comme des argiles). Les essais en cours permettront de préciser les caractéristiques hydrogéologiques des aquifères concernés au droit de chaque gare. Si la perméabilité des terrains devait être beaucoup plus modérée de ce qui est considérée actuellement, la mise en œuvre de solutions de limitation de débit résiduel pourra ne plus apparaître comme indispensable. Pour que cette optimisation soit envisageable, la perméabilité des terrains en place devra être suffisamment basse pour que le débit d'épuisement attendu soit au moins aussi limité que celui qui est considérée actuellement avec les solutions de réduction de débit d'ores et déjà prévues.

En phase d'exploitation, il est prévu la réalisation d'ouvrages qui seront étanches à l'eau souterraine. Ceci étant, d'éventuelles infiltrations résiduelles à travers la structure peuvent subsister ; auquel cas, un recueil et une évacuation de ces eaux d'infiltration sera réalisé. Il s'agit de débits extrêmement réduits.

La méthodologie détaillée suivie pour l'évaluation des débits d'exhaure est fournie aux chapitres « Évaluation des débits d'épuisement en phase travaux » et « Évaluation des débits d'épuisement e, phase d'exploitation ».

1.6.1.3 Prise en compte des remontées d'eau souterraines dans la conception du projet en phase travaux et phase d'exploitation

Le niveau piézométrique des nappes fluctue naturellement selon les phénomènes suivants :

- le battement naturel de la nappe, en fonction de la recharge par les pluies, les fuites de réseau, ou les alimentations verticales en provenance des nappes sus-jacentes ou sous-jacentes ;
- la propagation d'ondes de crues des cours d'eau dans l'aquifère pour les nappes en relation hydraulique avec des cours d'eau ;
- l'arrêt éventuel de pompages existants dans le voisinage (industriel, parkings souterrains, climatisations, travaux de génie civil nécessitant un pompage etc.) ;
- les interactions avec les structures enterrées (effet barrage).

Pour les nappes phréatiques (c'est-à-dire la première nappe rencontrée sous le niveau du sol), ces mouvements d'eau souterraine peuvent entrainer des inondations d'infrastructures ou même du sol par un phénomène dit de « remontée de nappe ».

De par sa position sous le niveau de une à plusieurs nappes, le projet qui est conçu pour être étanche, doit tenir compte des variations prévisibles de niveau de l'eau souterraine pour les raisons suivantes :

- l'eau souterraine au contact des parois et du fond d'une infrastructure entraine des efforts mécaniques (poussées latérales et verticales) qu'il convient de prendre en compte dans le dimensionnement des fondations,
- les parois des ouvrages doivent être étanches à l'eau souterraine dans toutes les conditions possibles de niveau de nappe au risque de voir l'infrastructure noyée.

Pour ces raisons, une étude hydrogéologique spécifique est réalisée pour tous les ouvrages. Elle consiste à évaluer, pour toutes les nappes concernées, les remontées de nappe prévisibles et leur récurrence en tenant compte de chacun des phénomènes précédemment décrits. Cette étude hydrogéologique, dite de « niveaux de plus hautes eaux souterraines » doit permettre d'aboutir à plusieurs niveaux de référence selon leur probabilité d'occurrence. Ces niveaux de référence sont décrits dans les normes de conception d'ouvrages souterrains (EUROCODE 7). *In fine*, deux niveaux principaux de hautes eaux souterraines sont retenus pour la conception du projet :

- un niveau de hautes eaux pour la phase chantier. Ce niveau de hautes eaux est défini selon une probabilité d'occurrence raisonnable en tenant compte de la durée du chantier. Il doit permettre de protéger le chantier des conséquences liées à une remontée de nappe majeure. La résistance mécanique des fondations en phase de construction et le débit d'épuisement des fouilles sont définis selon ce niveau de référence. En cas de dépassement de ce niveau d'eau, il est toléré une inondation provisoire de la fouille, en prenant en compte les dispositions nécessaires pour ne pas entraîner de risques de contamination des eaux souterraines ;
- un niveau de hautes eaux exceptionnel pour toute la durée de vie du projet. Ce niveau « de très hautes eaux » est défini pour l'ouvrage soit résistant et étanche à l'eau souterraine quel que soit les conditions de niveau d'eau souterraine extérieure prévisibles.

Ainsi, les phénomènes de remontée de nappe sont étudiés spécifiquement et font parties intégrantes des données de conception du projet.

1.6.1.4 Présentation détaillée des dispositions constructives prévues pour chaque ouvrage afin de limiter les débits d'exhaure

Le projet intègre d'ores et déjà des mesures constructives permettant de réduire le débit d'épuisement. Ces mesures ont été prévues dès lors que le contexte hydrogéologique ne permettait pas d'obtenir des débits d'épuisement modérés en considérant uniquement les profondeurs des ouvrages et des parois moulées imposées par les contraintes mécaniques. Pour mémoire, les solutions complémentaires de réduction du débit résiduel sont :

- l'approfondissement des parois moulées jusqu'à un horizon de perméabilité réduite ;
- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée jusqu'à un horizon de perméabilité réduite ;
- la réalisation d'un bouchon injecté en pied de paroi moulée ;
- le prolongement des parois moulées par une jupe injectée et par un bouchon injecté.

Les solutions constructives retenues pour chaque ouvrage ont été intégrées au modèle hydrogéologique. Ainsi, l'évaluation des effets piézométriques intègre d'ores et déjà des mesures de réduction de l'impact.

L'ensemble des caractéristiques hydrogéologiques et des dispositions constructives permettant de limiter les débits au droit de chaque gare ont fait l'objet de fiches spécifiques. Ces fiches synthétiques ci-dessous, permettent de visualiser pour chaque gares et ouvrages :

- la localisation géographique de l'ouvrage ;
- le contexte géologique issu de l'interprétation des sondages géotechniques ;
- la géométrie « souterraine » de l'ouvrage ;
- les nappes interceptées par l'ouvrage ;
- les débits estimés en phase travaux et en phase d'exploitation ;
- les dispositions constructives permettant de limiter les débits.

Ce travail de synthèse a également été réalisé pour l'ensemble des ouvrages annexes et est présenté dans le tableau suivant les fiches gares.

L'évaluation détaillée des impacts pour les thématiques « géologie » et « hydrogéologie » est présentée dans les chapitres suivants.

FICHE DE SYNTHESE N° 2
Pont de Sèvres

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	30,5 m NGF	**Cote de la base du radier**	-4,9 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	3,5	Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine	HE : + 28,2 m NGF BE : + 26,7 m NGF
Alluvions modernes	4,5		
Alluvions anciennes	6		
Craie altérée (Ca1 et Ca2)	22		
Craie saine	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Fond de fouille ancré dans la Craie altérée, très perméable.
Paroi moulée ancrée hydrauliquement dans la Craie saine peu perméable.

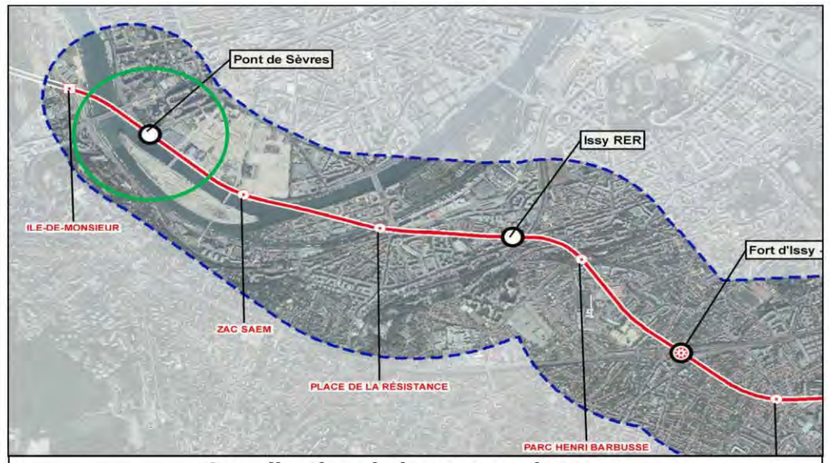
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine	28,2 m NGF	33,1 m

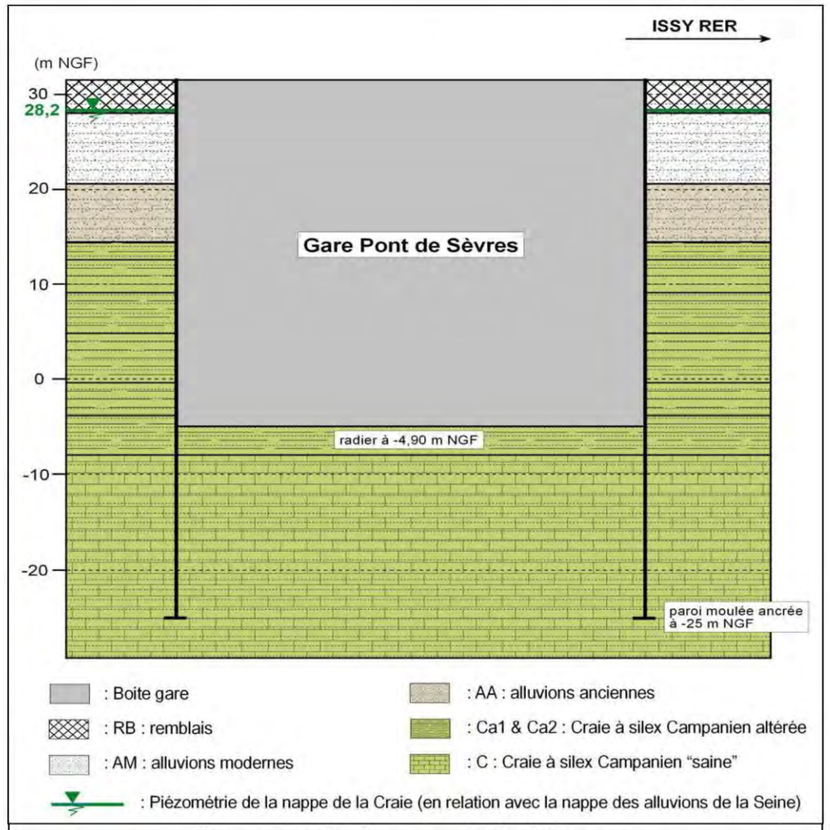
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux (m^3/h)	En phase définitive (m^3/h)
85 m3/h	1,3 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	83 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

FICHE DE SYNTHESE N° 5
Issy RER

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	35 m NGF à l'ouest 36,2 m NGF à l'est	**Cote de la base du radier**	7,67 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	5,3 / 3,7	Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine	HE : + 28 m NGF BE : + 26 m NGF
Eboulis	4,2 / 4,5		
Alluvions anciennes	8 / 10,2		
Craie altérée (Ca1 et Ca2)	7,2 / 5,3		
Craie saine	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Parois moulées ancrées mécaniquement dans la Craie saine, peu perméable

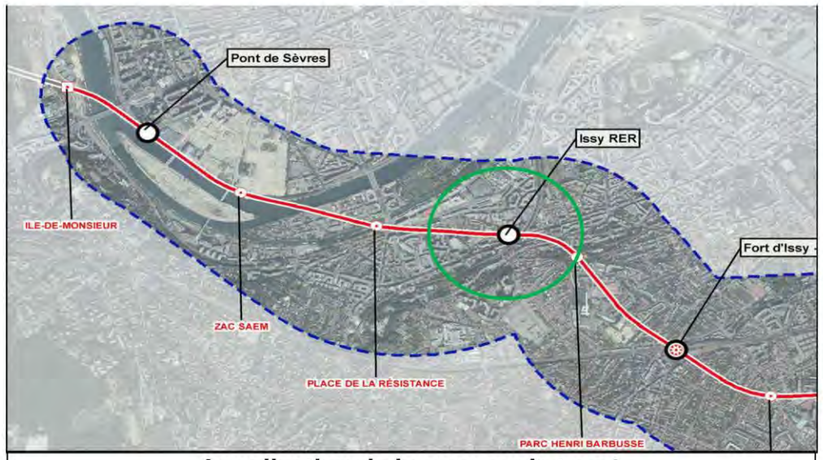
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe de la Craie en relation hydraulique avec la nappe des alluvions de la Seine	HE : + 28 m NGF	20,3 m

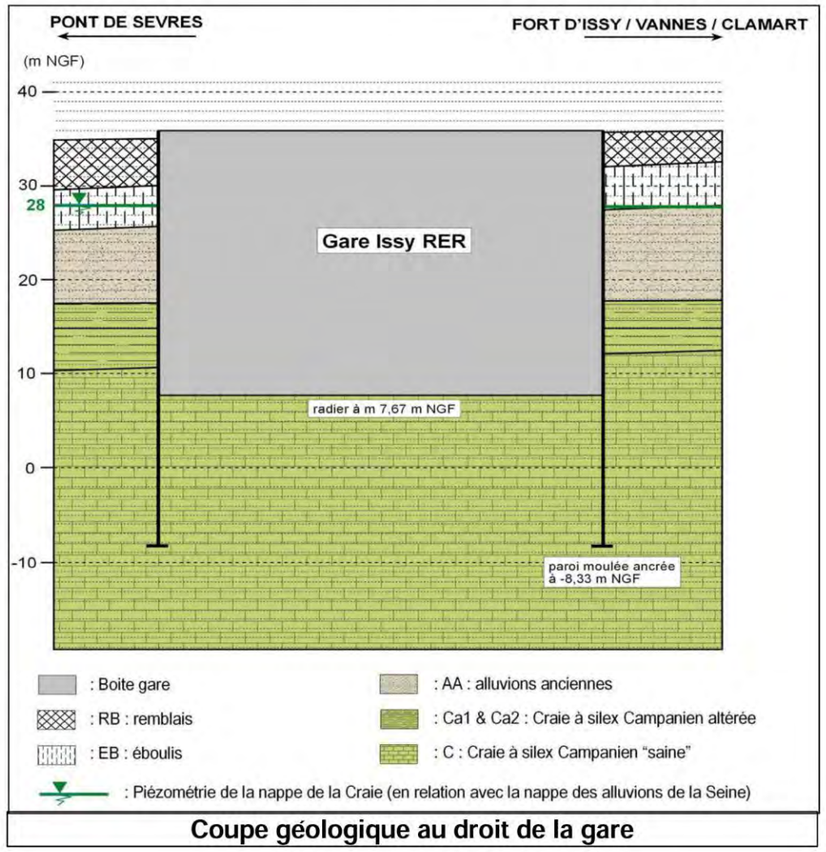
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux (m^3/h)	En phase définitive (m^3/h)
31,4 m3/h	0,1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	25,6 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 7

Fort Issy / Vanves / Clamart

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	76,2 m NGF	**Cote de la base du radier**	44,82 m NGF

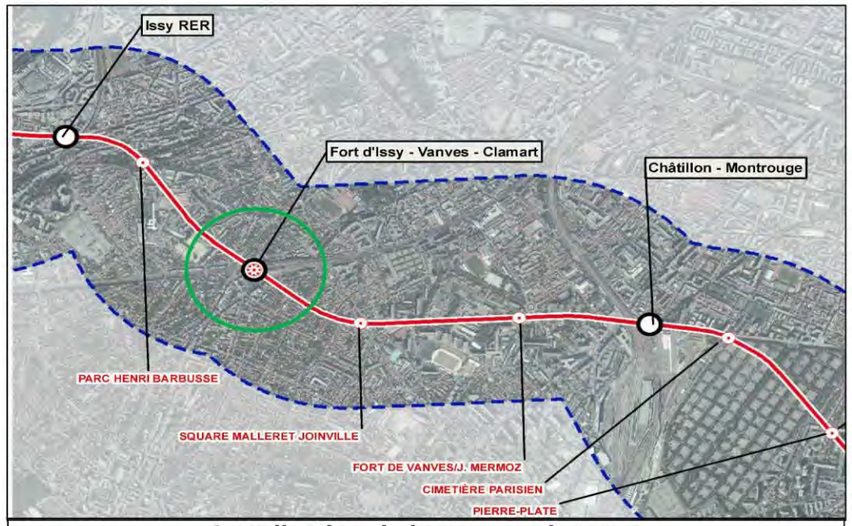
Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
mblais (de comblement d'anciennes carrièr	15 à 18	Nappe des Calcaires Grossiers (Lutétien)	+ 61 m NGF
Calcaire Grossier	3 à 5		
Argiles Plastiques	6	Nappe du Montien et de la Craie	+ 40 m NGF
Marnes de Meudon	10		
Craie saine	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT
Fond de fouille ancré dans les Marnes de Meudon, 5 mètres au-dessus du niveau statique de la nappe contenue dans ces formations. Paroi moulée ancrée mécaniquement dans la Craie saine peu perméable.

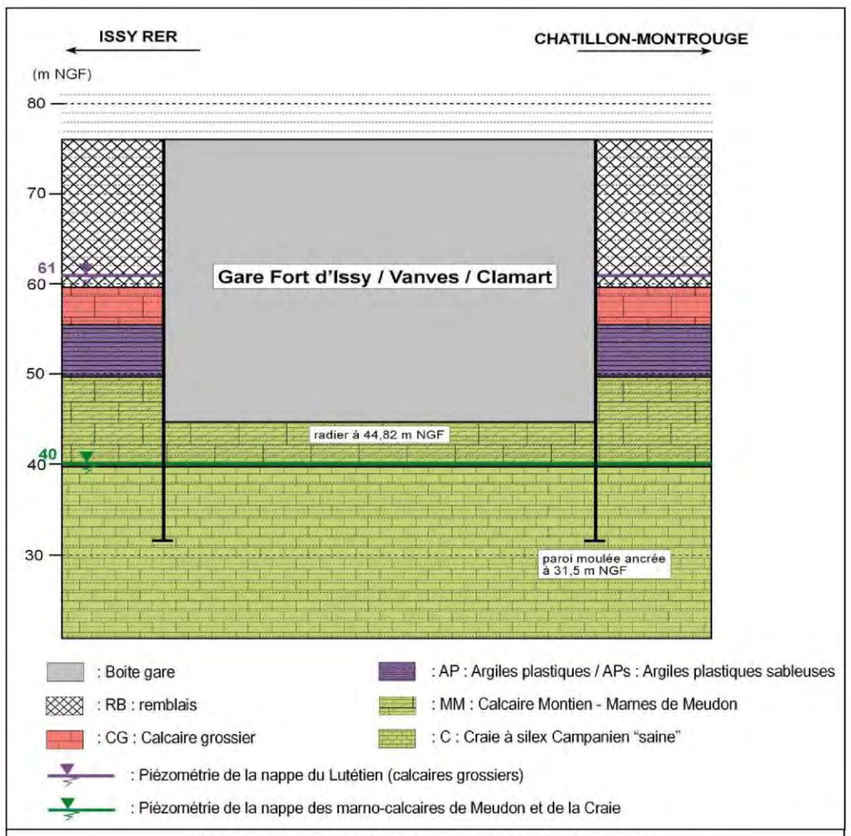
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES		
Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	**Niveau de la nappe**	**Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)**
Nappe des marno-calcaires de Meudon et de la Craie	40 m NGF	Niveau statique sous le fond de fouille mais risque de remontée par drainance verticale

Débit de pointe à prévoir	
En phase travaux	**En phase définitive**
4 m3/h	**<1 m3/h**

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	**47,85 semaines**



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 10

Chatillon-Montrouge

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	76,49 m NGF à l'ouest 77,57 m NGF à l'est	**Cote de la base du radier**	40,97 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Sables de Beauchamp	1,5	Nappe du Lutétien	+ 53 à 56 m NGF
Marnes et Caillasses	8,5		
Calcaire Grossier	22		
Fausses Glaisses	1,5	Nappe des marno-calcaires de Meudon et de la Craie	+ 29 m NGF
Argiles plsatiques	9,5		
Marnes de Meudon	5,5		
Craie	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

L'ancrage du fond de fouille dans la formation peu perméable des Argiles Plastiques (AP) ainsi que les parois moulées ancrées mécaniquement dans la Craie saine peu perméable permettront de limiter le débit résiduel en phase chantier.

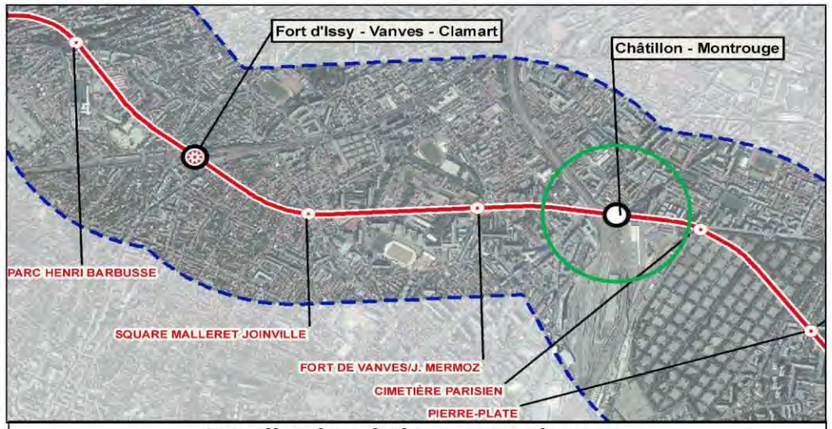
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Fond de fouille ancré dans les Argiles Plastiques (AP) constituant le mur de la nappe du Lutétien	-	-

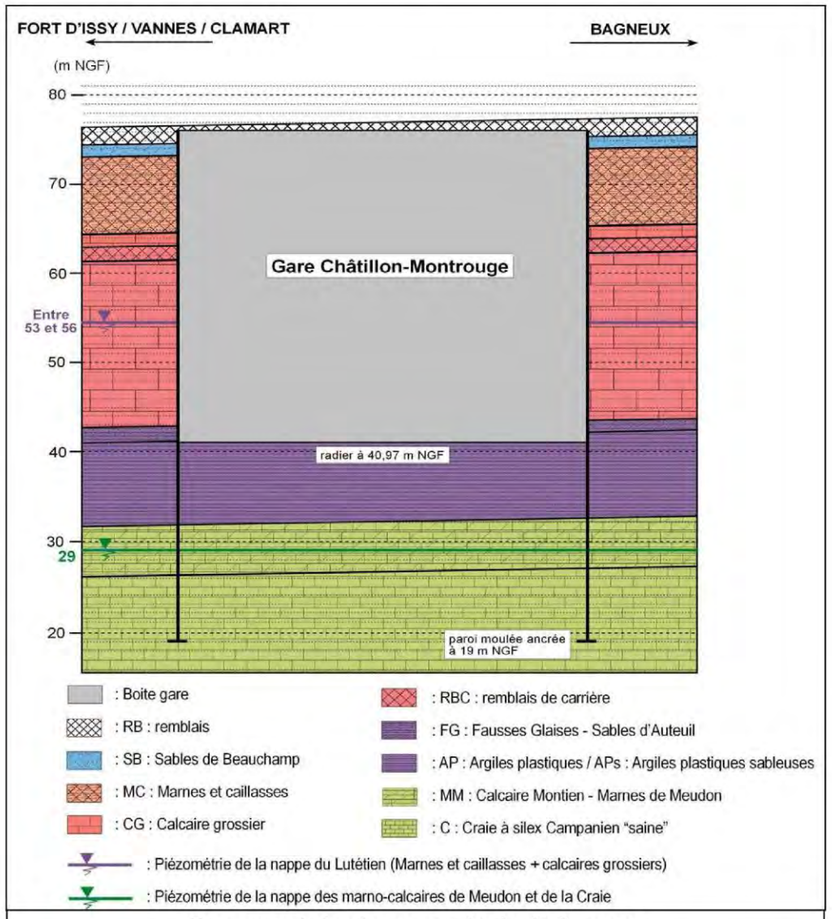
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
4 m3/h	<1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	30,7 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 13
Bagneux

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	82,3 m NGF	**Cote de la base du radier**	38,5 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	1,5	Nappe de l'Eocène supérieur	+ 69 m NGF
Marno-calcaire de Saint-Ouen	8,5		
Sables de Beauchamp	3		
Marnes et Caillasses	10	Nappe des Calcaires Grossiers (Lutétien)	+ 53 m NGF
Calcaire Grossier	19		
Fausses Glaises	2		
Argiles Plastiques	11	Nappe du Montien et de la Craie	+ 28 m NGF
Marnes de Meudon	10		
Craie	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

L'ancrage du fond de fouille dans la formation peu perméable des Argiles Plastiques ainsi que les parois moulées ancrées mécaniquement dans la Craie saine peu perméable permettront de limiter le débit résiduel en phase chantier.

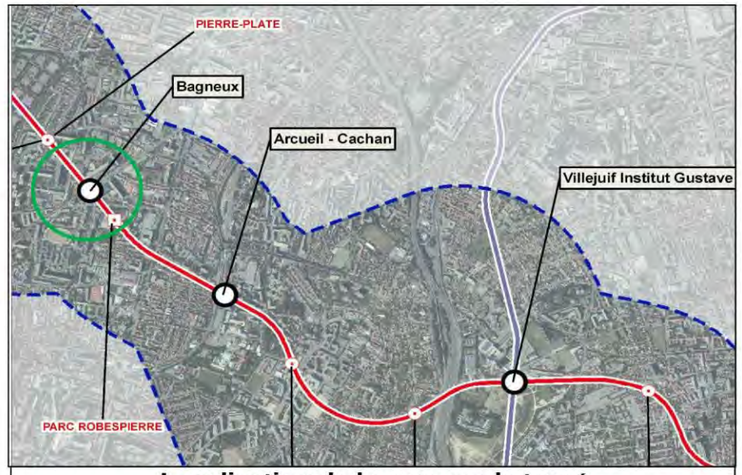
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Fond de fouille ancré dans les Argiles Plastiques (AP) constituant le mur de la nappe du Lutétien	-	-

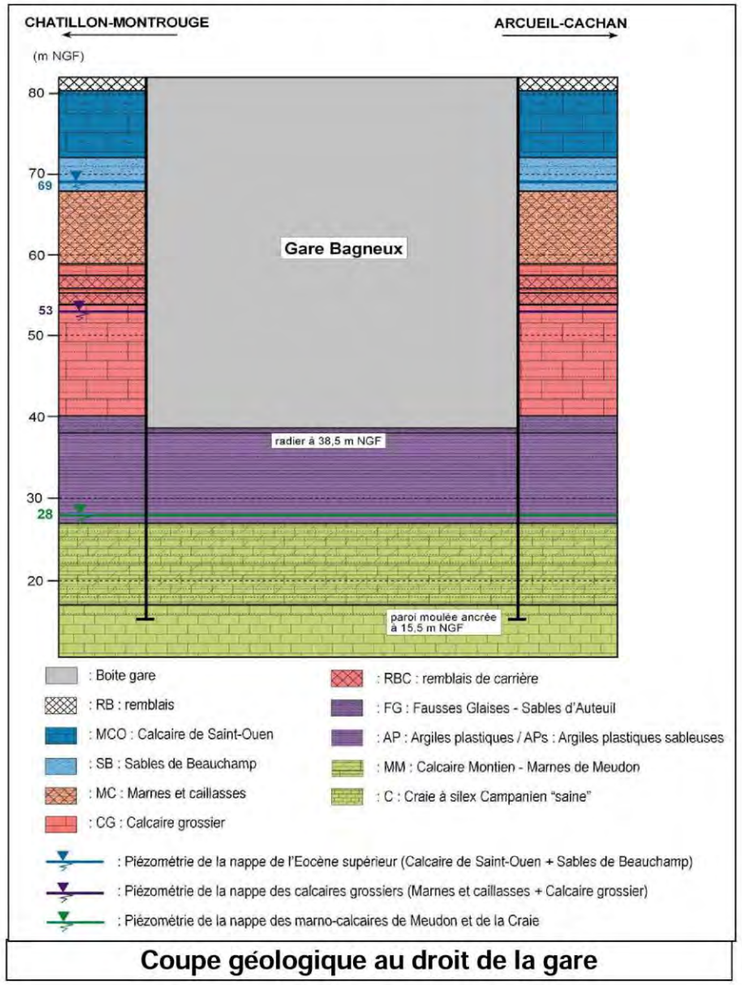
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
4 m3/h	<1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	En phase définitive	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	34,71 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 15
Arcueil-Cachan

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	59 m NGF	**Cote de la base du radier**	28,4 m NGF (+ 0,5 m de vide sanitaire)

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	8	Nappe des Calcaires Grossiers (Lutétien)	+ 40 à + 44 m NGF
Remblais de Calcaire Grossier	11		
Calcaire Grossier	5		
Fausses Glaises	3	Nappe du Montien et de la Craie	+ 30,5 m NGF
Argiles Plastiques	13,5		
Marnes de Meudon	13,5		
Craie	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Parois moulées ancrées dans le marno-calcaire de Meudon ; l'horizon peu perméable des Argiles Plastiques, présent sous le fond de fouille, limite les remontées d'eau.

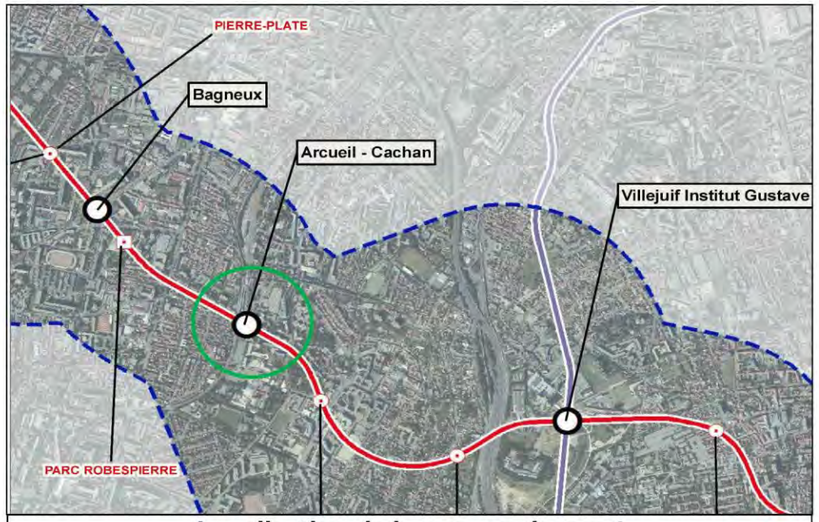
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
La formation peu perméable des Argiles Plastiques (AP) dans laquelle est ancrée le fond de fouille constitue le mur de la nappe du Lutétien.	-	-

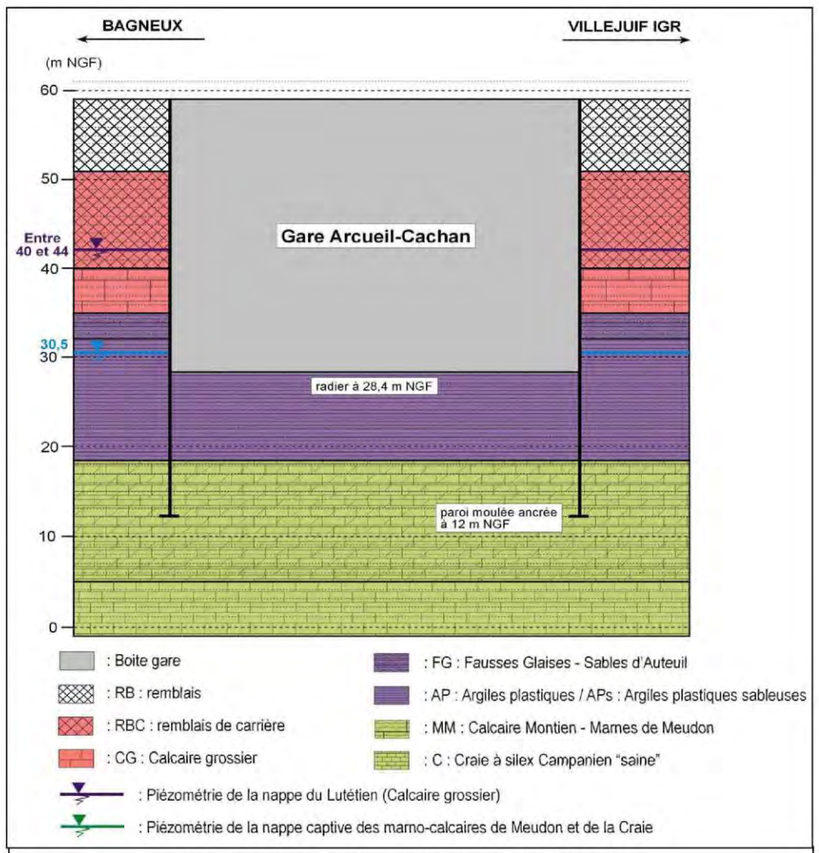
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
5 m3/h	1,4 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	26 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 18
Villejuif IGR

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	120 m NGF	**Cote de la base du radier**	70,5 m NGF et 66,6 m NGF sous la ligne rouge

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	16	Nappe des Sables de Fontainebleau	+ 105 m NGF
Sables de Fontainebleau	1		
Marnes à Huitres	2	Nappe du Calcaire de Brie	+ 98m NGF
Calcaire de Brie	4		
Argiles vertes	7		
Marnes de Pantin	4	Nappe des Marnes supra-gypseuses	+ 89 m NGF
Marnes d'Argenteuil	12		
Masses et Marnes du Gypse	18	Nappe des Masses et Marnes du Gypse	+ 62 m NGF
Marnes infragypseuses	4		
Marno-calcaire de Saint-Ouen	10		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Fond de fouille ancré dans les Masses et Marnes du Gypse.
Parois moulées ancrées dans les Marnes d'Argenteuil peu perméables et prolongement par une paroi en béton coffré sous la paroi moulée dans les Masses et Marnes du Gypse.

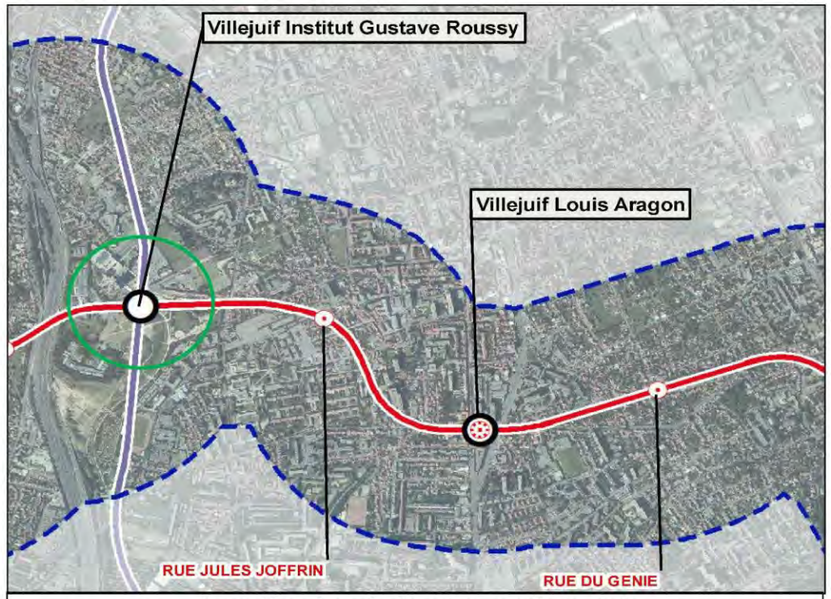
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe des masses et marnes du gypse	62 m NGF	Niveau statique sous le fond de fouille mais risque de remontée par drainance verticale

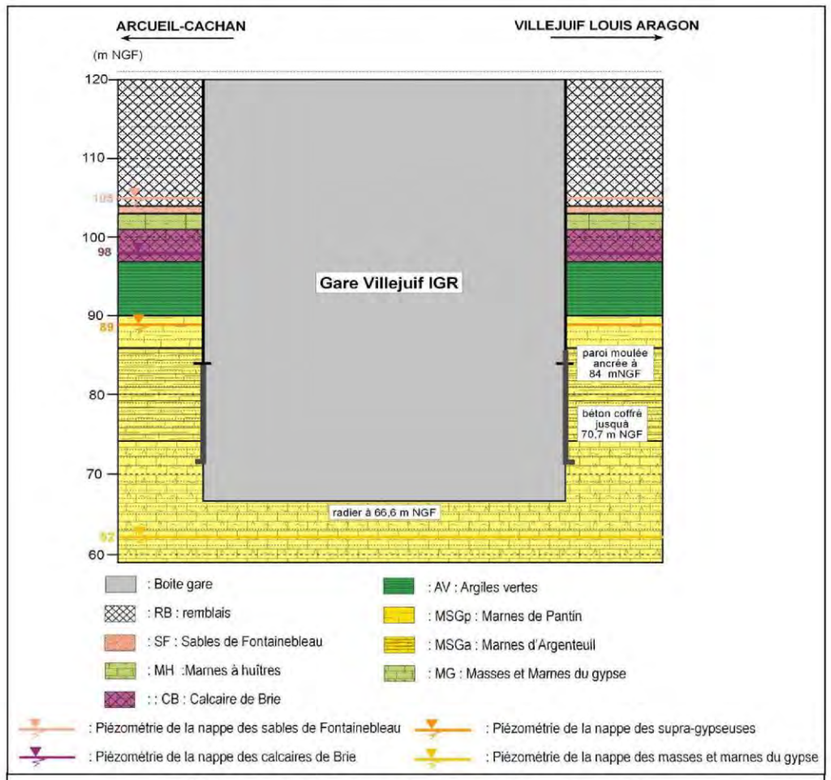
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
4 m3/h	<1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	95,7 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

FICHE DE SYNTHESE N° 20
Villejuif Louis Aragon

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	98,7 m NGF	**Cote de la base du radier**	64,2 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	1	Nappe des Calcaires de Brie	+ 95 m NGF
Sables de Fontainebleau	2		
Calcaire de Brie	6		
Argiles vertes	7		
Marnes de Pantin	5	Nappe des Marnes supra-gypseuses	+ 85 m NGF
Marnes d'Argenteuil	10		
Masses et Marnes du Gypse	-		
Marnes infragypseuses	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Paroi moulée ancrée mécaniquement dans l'horizon Masses et Marnes du Gypse.
Cet horizon très peu perméable permet de limiter les débits résiduels.

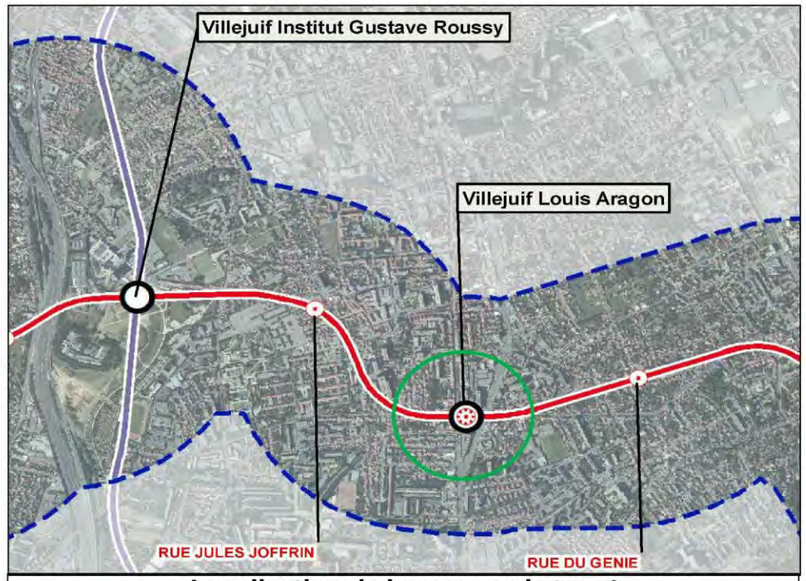
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe potentiellement contenue dans les masses et marnes du gypse (pas de niveau d'eau recensé au droit de la gare)	-	-

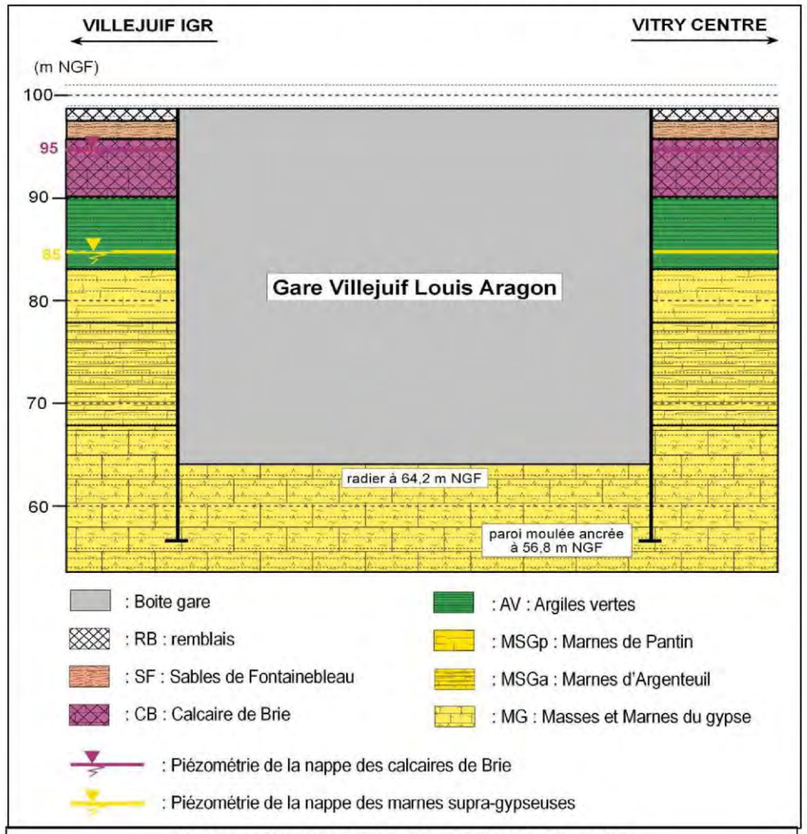
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
4 m3/h	<1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	En phase définitive	
Rejet au réseau	Rejet au réseau	47,8 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

FICHE DE SYNTHESE N° 22
Vitry Centre

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	51,5 m NGF	**Cote de la base du radier**	20,97 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	2,6	Nappe alluviale	+ 41 m NGF
Alluvions anciennes	10,2		
Masses et Marnes du Gypse	15	Nappe des masses et marnes du Gypse	+ 37,1 m NGF
Calcaires de Saint-Ouen	9		
Sables de Beauchamp	4,1	Nappe de l'Eocène supérieur	+ 30,9 m NGF
Marnes et Caillasses	13,1		
Calcaire Grossier	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Parois moulées ancrées à 5 m NGF dans le toit des Marnes et Caillasses de perméabilité réduite (radier injecté dans les Marnes et Caillasses en provision pour risque).

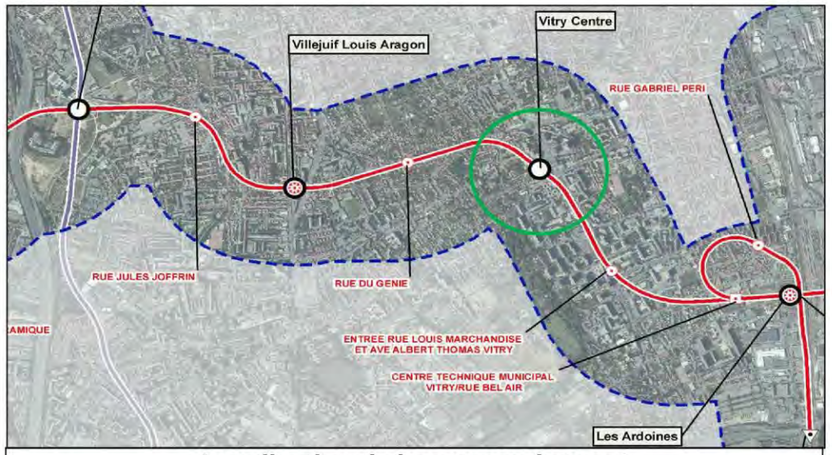
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe de l'Eocène supérieur (MCO, SB)	30,9 m NGF	20,5 m NGF (H = 10 m)

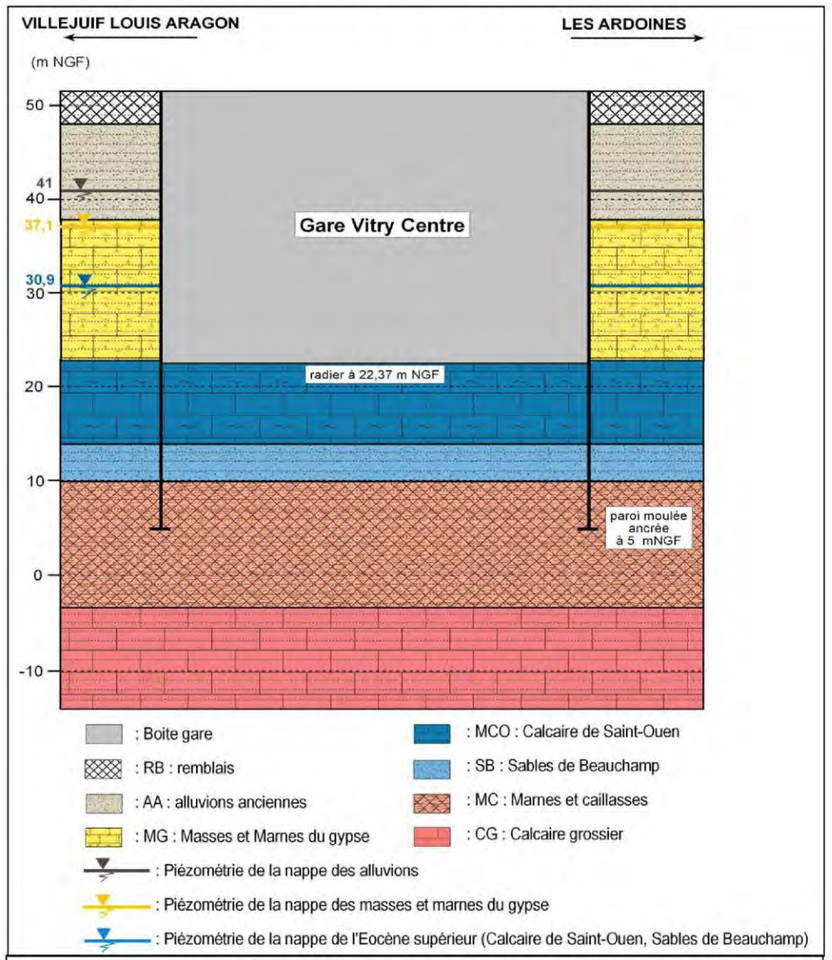
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
200 m3/h	**8,3 m3/h**

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel	Rejet au réseau	**80 semaines**



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 26
Les Ardoines

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	33,5 m NGF	**Cote de la base du radier**	7,20 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	3,1	Nappe alluviale	+ 30,9 m NGF
Alluvions anciennes	8		
Calcaires de Saint-Ouen	15,7	Nappe de l'Eocène supérieur	+ 30,8 m NGF
Sables de Beauchamp	4,7		
Marnes et Caillasses	14,8	Nappe du Lutétien	+ 30,7 m NGF
Calcaire Grossier			

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Parois moulées ancrées dans le Calcaire Grossier à -14 m NGF prolongées par une jupe injectée jusqu'à -28 m NGF et un fond injecté de 5 m d'épaisseur (-23 à -28 m NGF).

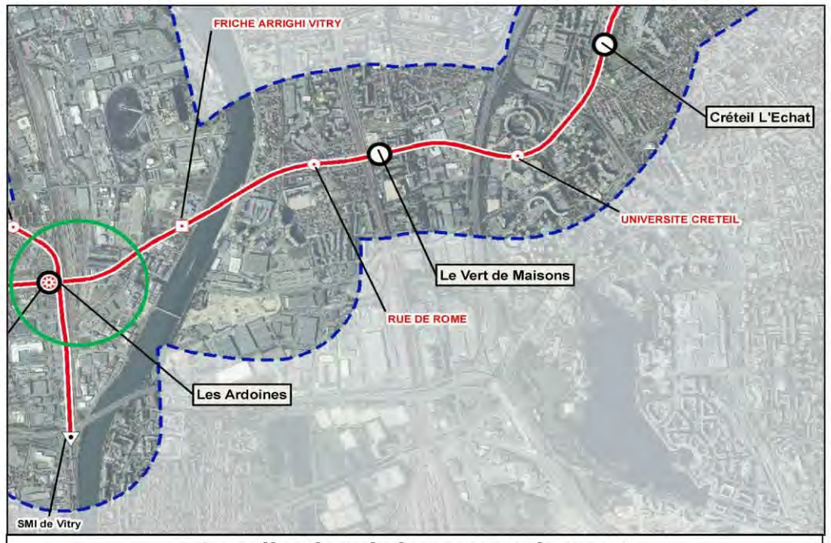
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe des calcaires grossiers (probablement en relation avec la nappe des alluvions et de l'Eocène supérieur au regard de la faible épaisseur des Sables de Beauchamp, horizon peu perméable séparant les deux nappes)	30,7 m NGF	4,5 m NGF (H = 26,2 m)

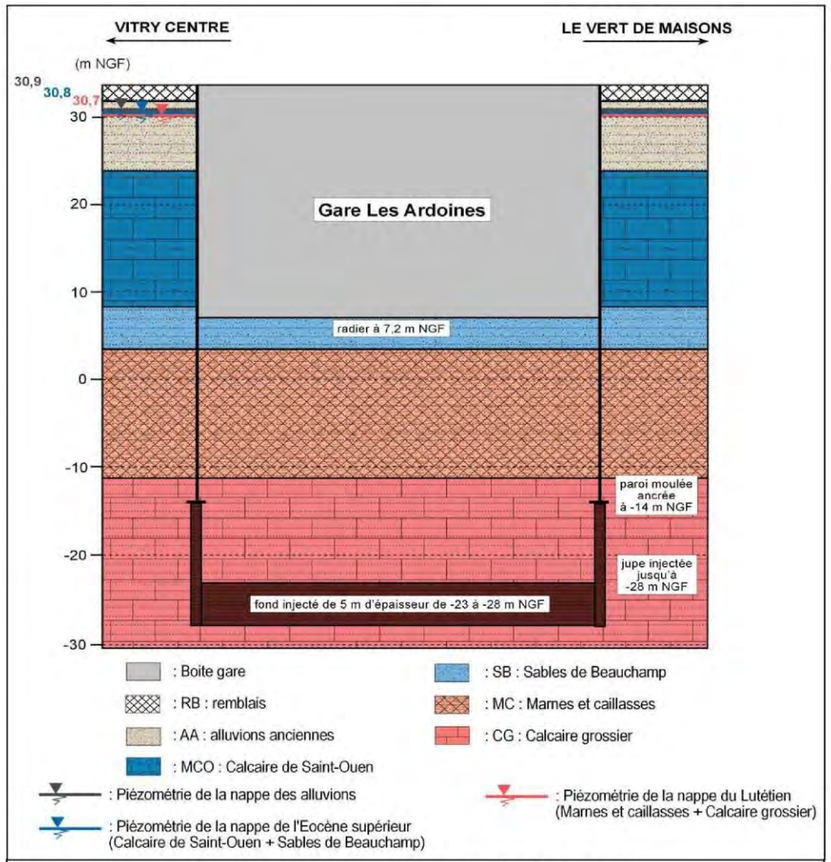
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
250 m3/h	<1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel	Rejet au réseau	117 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 29
Le Vert de Maisons

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	35 m NGF	**Cote de la base du radier**	-7,43 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	4,2	Nappe alluviale	+ 29,3 m NGF
Alluvions modernes	0,4		
Alluvions anciennes	7,1		
Calcaires de Saint-Ouen	12,6	Nappe de l'Eocène supérieur	
Sables de Beauchamp	4,5		
Marnes et Caillasses	11,9	Nappe du Lutétien	+ 29,1 m NGF
Calcaire Grossier	25		
Argiles Plastiques	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Parois moulées ancrées dans les calcaires grossiers prolongées par une jupe injectée jusqu'à l'horizon peu perméable du Spanacien, à environ -30 m NGF.

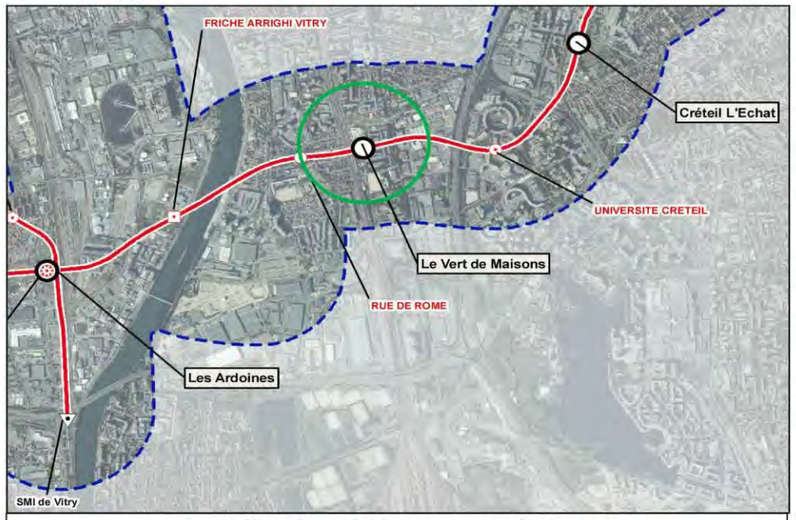
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe des calcaires grossiers (probablement en relation avec la nappe des alluvions et de l'Eocène supérieur au regard de la faible épaisseur des Sables de Beauchamp, horizon peu perméable séparant les deux nappes)	29,1 m NGF	-8 m NGF (H = 37 m)

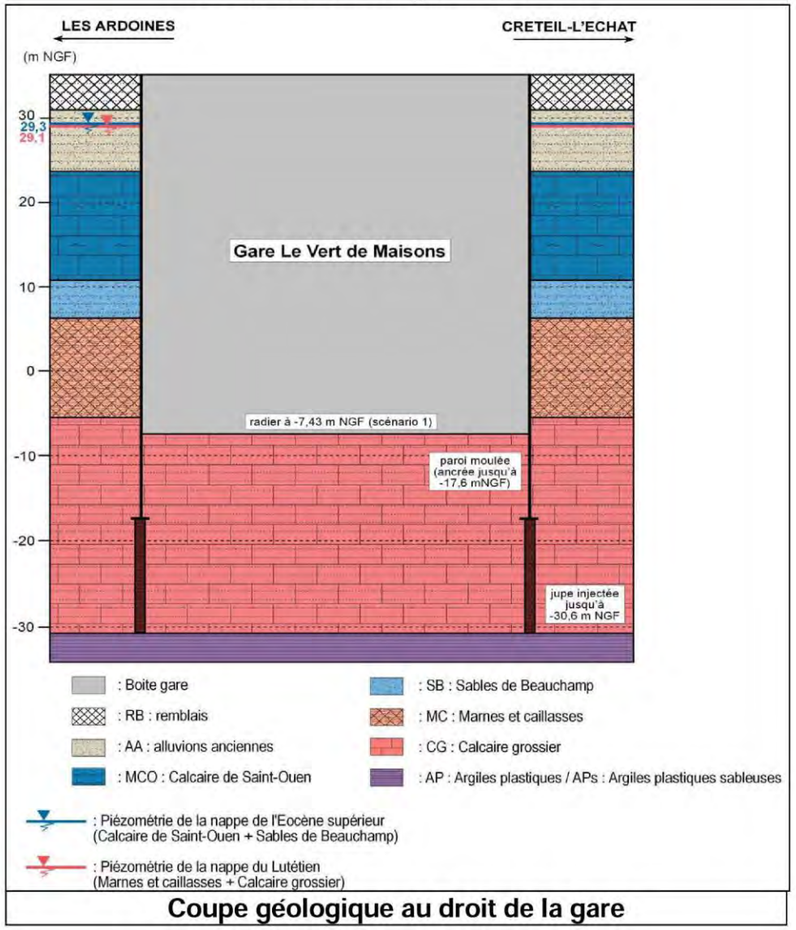
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
300 m3/h	14,5 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EU ou rejet en eau de surface	Rejet au réseau	137 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 31
Créteil l'Echat

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	37 m NGF	**Cote de la base du radier**	11,8 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	10,7	Nappe alluviale	+ 30,7 m NGF
Alluvions anciennes	2,3		
Calcaires de Saint-Ouen	0,6	Nappe de l'Eocène supérieur	
Sables de Beauchamp	4,1		
Marnes et Caillasses	16	Nappe du Lutétien	+ 30,6 m NGF
Calcaire Grossier	25		
Argiles Plastiques	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Parois moulées ancrées dans le Calcaire Grossier à -1,3mNGF avec une jupe injectée de 2 m d'épaisseur jusqu'à -12mNGF et un fond injecté de 5 m d'épaisseur (de -7 à -12mNGF).

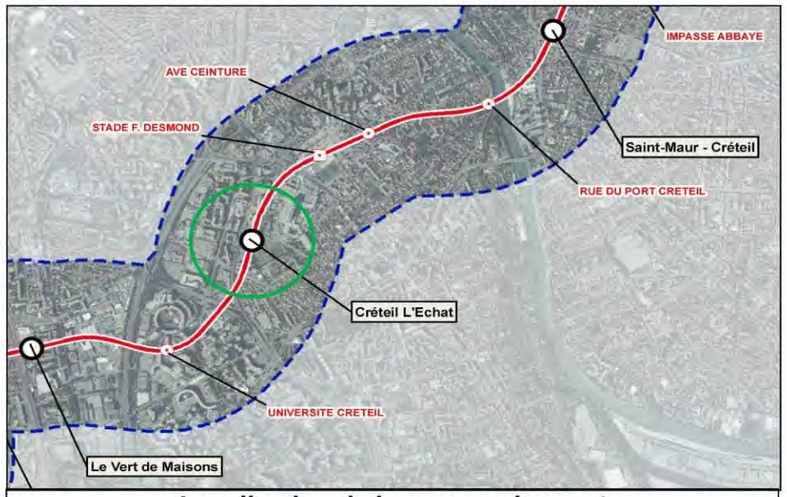
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe des calcaires grossiers (en relation avec la nappe des alluvions)	30,6 m NGF	11,5 m NGF (H = 19 m)

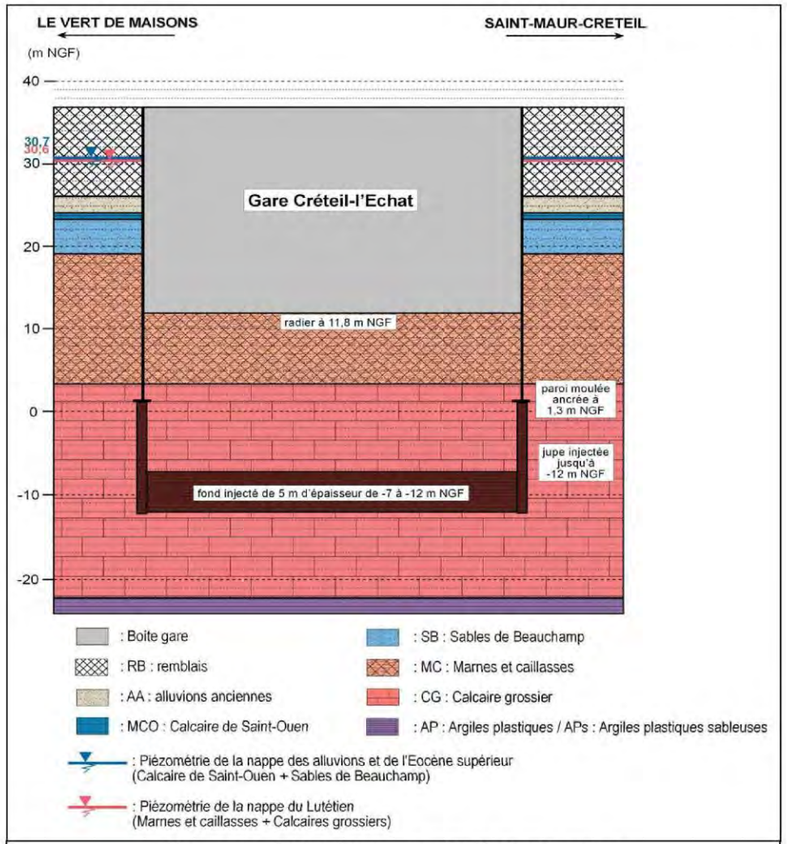
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
250 m3/h	6,5 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel	Rejet au réseau	68 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 35
Saint-Maur-Créteil

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	38 m NGF	**Cote de la base du radier**	-19,6 m NGF (scénario gare profonde)

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	2,3	Nappe alluviale	+ 31,2 m NGF
Alluvions anciennes	6		
Fausses Glaises	2,5		
Argiles Plastiques	22,8		
Marno-calcaires du Montien	4,5	Nappe du Montien et de la Craie	+ 27,3 m NGF
Craie campanienne altérée	5,7		
Craie campanienne saine	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Fond de fouille et parois moulées ancrées dans la Craie saine peu perméable

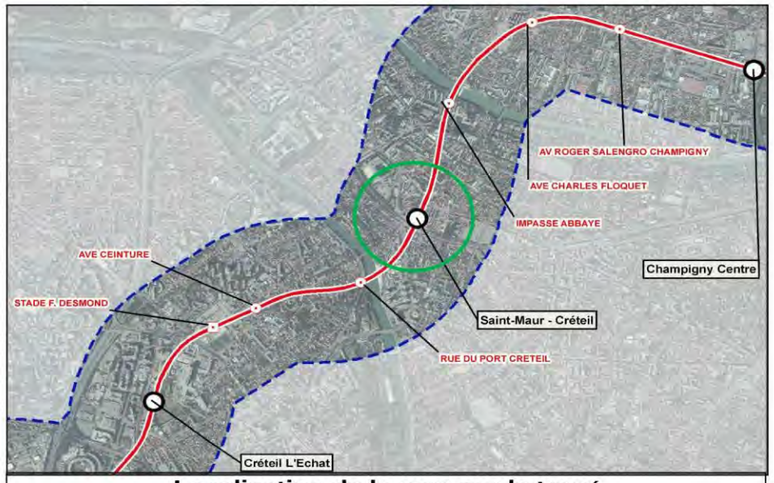
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe des marno-calcaires de Meudon et de la Craie (scénario gare profonde)	27,3 m NGF	-20 m NGF H = 47 m (scénario gare profonde)

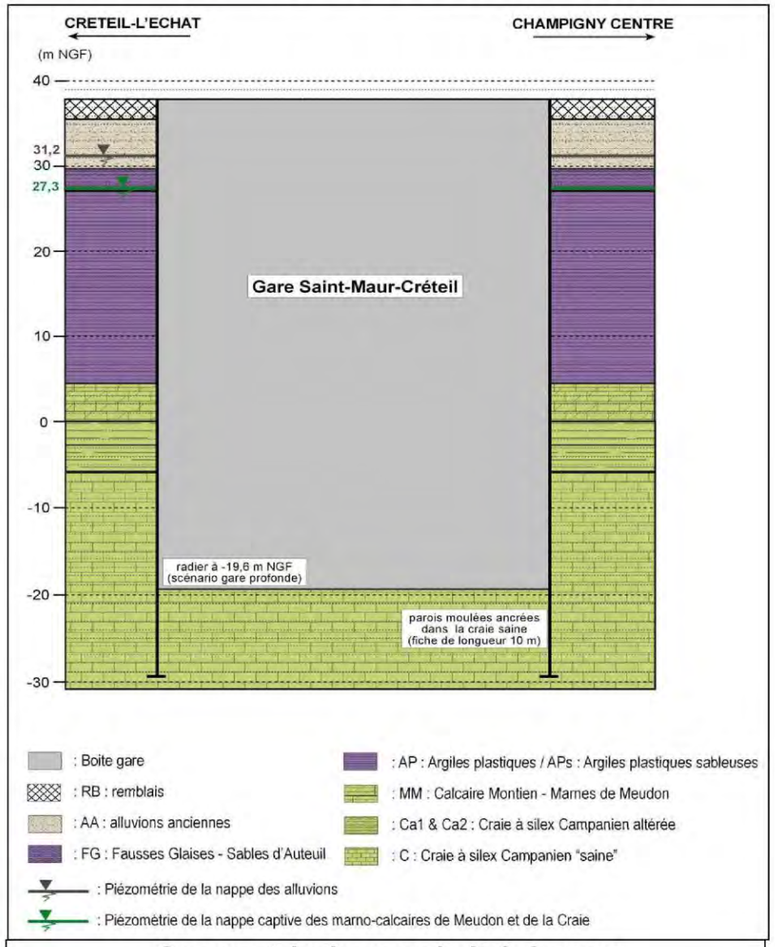
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
250 m3/h	<1 m3/h (scénario gare profonde)

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EU ou rejet en eau de surface	Rejet au réseau	77 semaines



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 39
Champigny Centre

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	38,22 m NGF	**Cote de la base du radier**	14,1 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	10,7	Nappe du Lutétien	+ 33,1 m NGF
Alluvions anciennes	2,3		
Calcaires Grossiers	0,6		
Fausses Glaises	4,1		
Argiles Plastiques	16	Nappe du Montien et de la Craie	+ 27,3 m NGF
Marno-calcaires du Montien	25		
Craie campanienne	-		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Les formations peu perméables des Fausses Glaises (FG) et des Argiles Plastiques (AP) dans lesquelles sont ancrés respectivement le fond de fouille et les parois moulées permettront de limiter les débits résiduels en phase chantier.

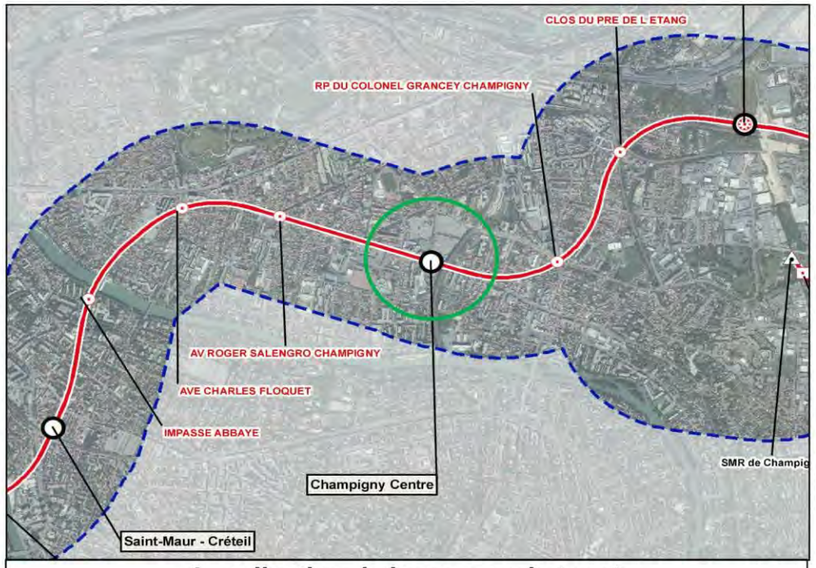
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Fond de fouille ancré dans les Fausses Glaises (FG) constituant le mur de la nappe du Lutétien avec les Argiles Plastiques (AP)	-	-

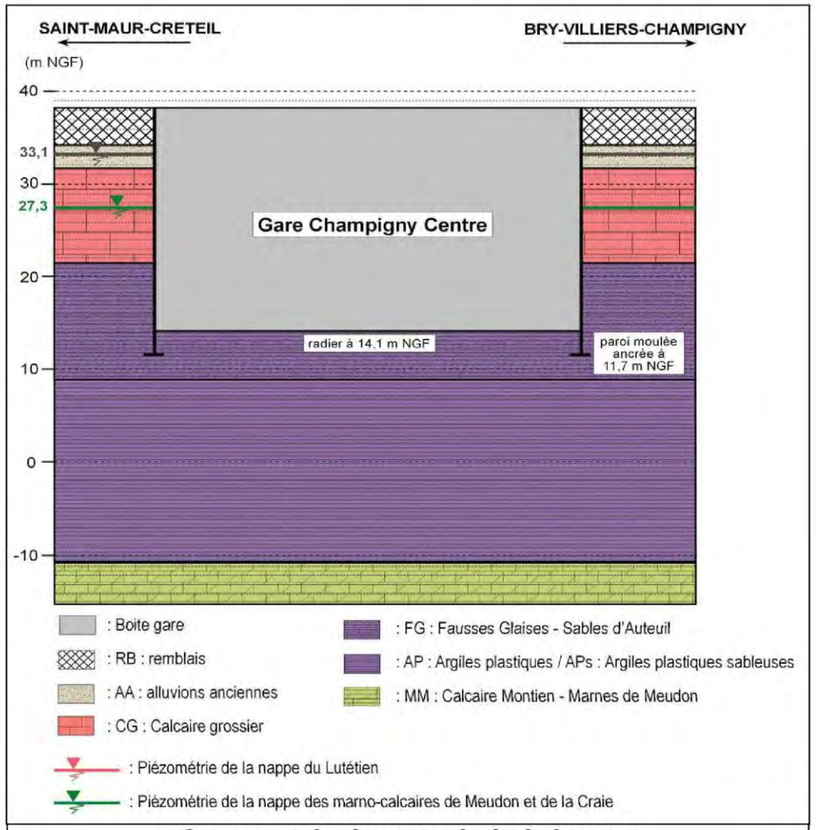
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
< 1 m3/h	**7,5 m3/h**

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel	Rejet au réseau	-



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

FICHE DE SYNTHESE N° 44

Bry-Villiers-Champigny

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	Entre 80 et 85 m NGF	**Cote de la base du radier**	Entre 54,94 et 57,5 mNGF selon le scénario

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	5,8	Nappe des marnes supra-gypseuses	Nappe perchée probablement présente mais niveau non connu au droit de la gare
Manres de Pantin	2,3		
Marnes d'Argenteuil	6,4		
Calcaire de Champigny	22,6		
Sables verts	0,7	Nappe de l'Eocène supérieur	+ 57,2 m NGF
Calcaire de Saint-Ouen	9,8		
Sables de Beauchamp	6		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Fond de fouille ancré dans le Calcaire de Champigny, au-dessus (solutions hautes) ou au-dessous (solutions basses) du niveau de la nappe.
Parois moulées ancrées dans le calcaire de Champigny.

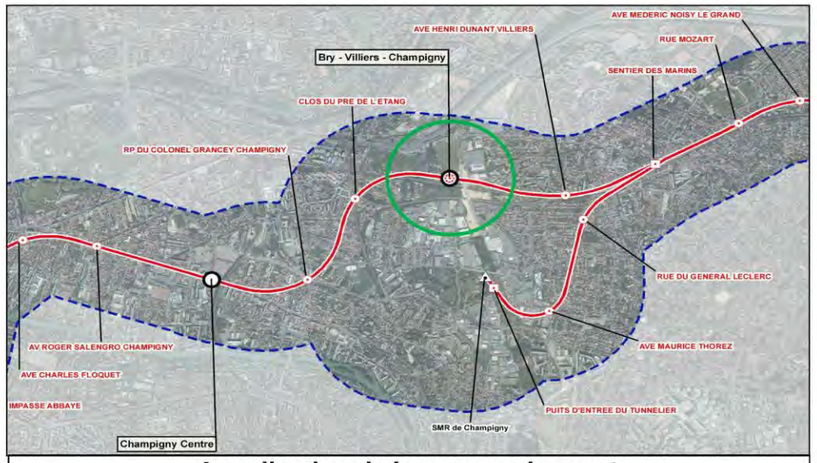
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
Nappe de l'Eocène supérieur	57,2 m NGF	0 à 2,26 m

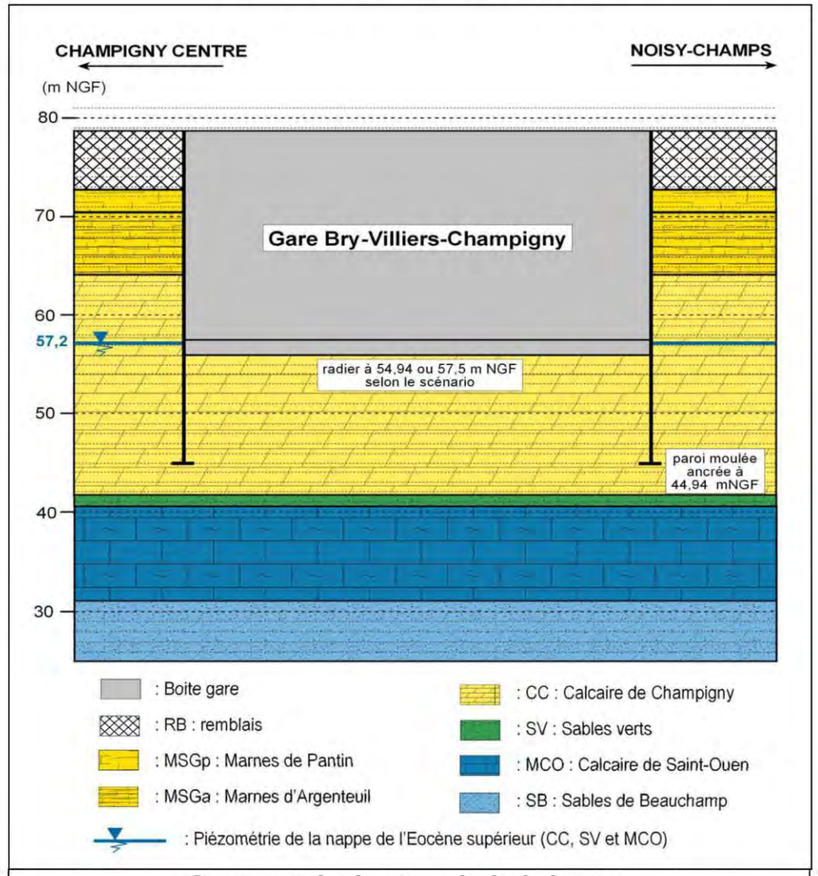
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux (m^3/h)	En phase définitive (m^3/j)
80 m3/h	< 1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel	Rejet au réseau	-



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

BURGEAP

Société du Grand Paris

FICHE DE SYNTHESE N° 53

Noisy-Champs

DONNEES CONSTRUCTIVES			
Cote du TN	Vers 96 m NGF	**Cote de la base du radier**	71 m NGF

Géologie		Hydrogéologie	
Formation	**Epaisseur (m)**	**Nappes concernées par le projet**	**Niveaux des nappes concernée**
Remblais	5,8	Nappe des marnes supra-gypseuses	Nappe perchée probablement présente mais niveau non connu au droit de la gare
Manres de Pantin	2,3		
Marnes d'Argenteuil	6,4		
Calcaire de Champigny	22,6		
Sables verts	0,7	Nappe de l'Eocène supérieur	+ 57,2 m NGF
Calcaire de Saint-Ouen	9,8		
Sables de Beauchamp	6		

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES LIMITANT LES DEBITS D'EPUISEMENT

Réalisation d'une paroi berlinoise et de deux rideaux de parois moulées dont la plus profonde est ancrée dans la formation des marnes d'Argenteuil

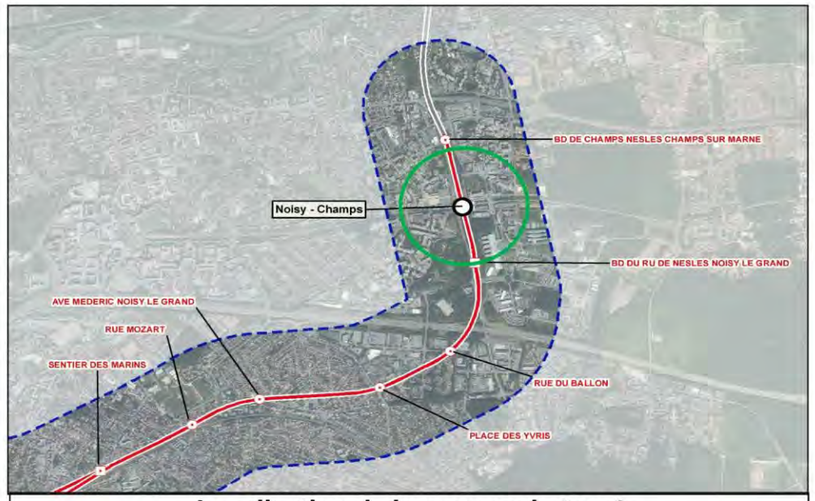
EVALUATION DES DEBITS DE POMPAGE EN LIEN AVEC LA GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Nappe principale concernée par les pompages en phase travaux	Niveau de la nappe	Cote de dénoyage (Hauteur d'eau concernée)
-	-	-

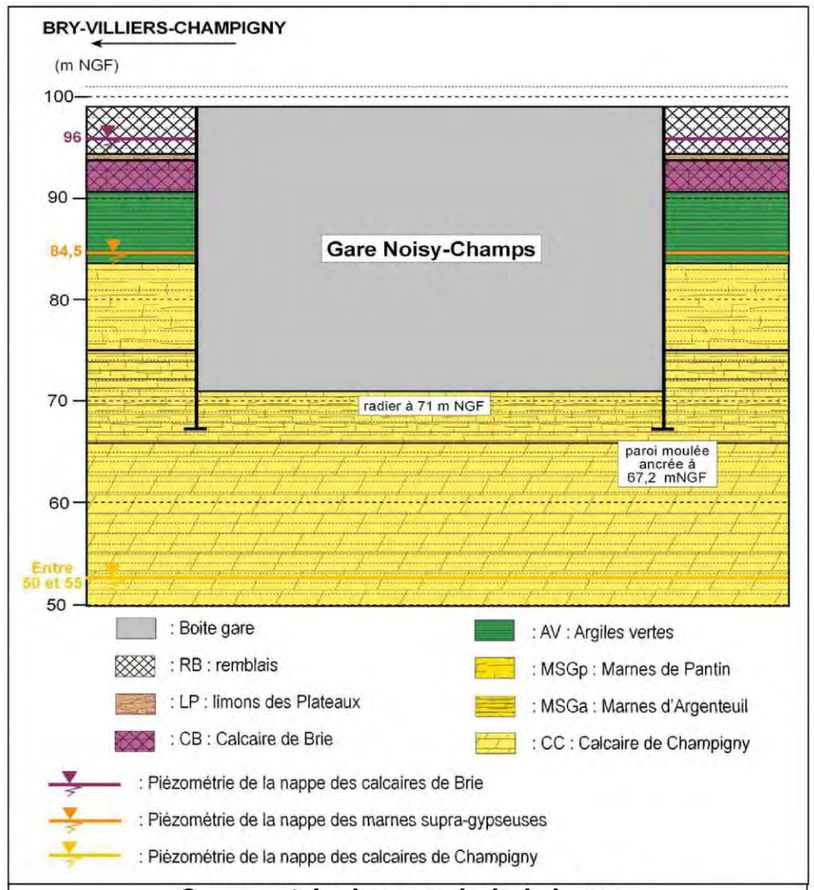
Débit de pointe à prévoir

En phase travaux	En phase définitive
< 1 m3/h	<1 m3/h

Solution de rejet privilégiée		Durée de pompage en phase travaux
En phase travaux	**En phase définitive**	
Rejet en réseau EP à destination directe du milieu naturel	Rejet au réseau	-



Localisation de la gare sur le tracé



Coupe géologique au droit de la gare

Caractéristiques des ouvrages annexes

Code	Nom de l'ouvrage	Commune	Type d'ouvrage	Cote du TN (m NGF)	Cote du radier (face supérieure)	Cote du fond de fouille (m NGF)	Gare de référence pour la coupe géologique	Formation d'ancrage du fond de fouille	Cote ancrage paroi moulée (m NGF)	Formation d'ancrage des parois moulées	Nappes traversées	Nappe concernée	Niveau de nappe (EB en m NGF)	Abaissement du niveau piézométrique	Débit de pointe estimé		Durée de prélèvement (en semaine)
															Phase travaux (en m^3/h)	Phase définitive (en m3/j)	
2301P	Ile de Monsieur (OA13)	SEVRES	Puits d'attaque tunnelier et OA à terme	30.2	-1.72	-3.2	Pont-de-Sèvres	Craie saine	-25	Craie saine	Alluvions sur Craie	Alluvions sur Craie	27.6	30.8	25.1	16	17.4
2203P	ZAC SAEM (OA12)	BOULOGNE-BILLANCOURT	Puits de ventilation	31	-8.52	-10.5	Pont-de-Sèvres	Craie saine		Craie saine	Alluvions sur Craie	Alluvions sur Craie	28.2	38.7	8	6	158.8
2201P	Place de la Résistance (OA10)	ISSY-LES-MOULINEAUX	Puits de ventilation	31	-5.66	-7.6	Pont-de-Sèvres	Craie saine		Craie saine	Alluvions sur Craie	Alluvions sur Craie	28.2	35.8	4.5	4	161.3
2101P	Parc Henri Barbusse (OA9)	ISSY-LES-MOULINEAUX	Puits de ventilation	76.3	12.9	10.4	Issy RER / Fort d'Issy	Craie saine		Craie saine	Lutétien Craie	Craie	27.64	17.2	3	38	195.5
2002P	Square Malleret - Joinville (OA8)	MALAKOFF	Puits de ventilation	76.3	25.2	24.05	Fort d'Issy	Craie saine	19.05	Craie saine	Lutétien Craie	Craie	27.64	4	4	65	8.7
2001P	Fort de Vanves (OA7)	MALAKOFF	Puits de voie d'évitement	85.45	33.5	32.31	Bagneux	Argiles plastiques sableuses	27.51	Argiles plastiques sableuses	Lutétien (CG)	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (58,75 mNGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie (28,5 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			4	31	8.7
1902P	Cimetière parisien de Bagneux (OA6)	BAGNEUX	Puits de ventilation	80	38.7	37.5	Bagneux	Argiles Plastiques	32.5	Marno-calcaire de Meudon	Lutétien (CG)	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (54,21 mNGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			5.5	18	73
1901P	La pierre Plate (OA5)	BAGNEUX	Puits de ventilation	84.44	33.52	32.32	Bagneux	Marno-calcaire de Meudon	27.52	Marno-calcaire de Meudon	Marno-calcaire de Saint-Ouen / sables de Beauchamp Lutétien	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré sous le mur de la nappe du Lutétien (56,42 mNGF) et au-dessus du niveau piézométrique de la nappe contenue dans les formations du Montien et de la Craie. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			14	51	91

Code	Nom de l'ouvrage	Commune	Type d'ouvrage	Cote du TN (m NGF)	Cote du radier (face supérieure)	Cote du fond de fouille (m NGF)	Gare de référence pour la coupe géologique	Formation d'ancrage du fond de fouille	Cote ancrage paroi moulée (m NGF)	Formation d'ancrage des parois moulées	Nappes traversées	Nappe concernée	Niveau de nappe (EB en m NGF)	Abaissement du niveau piézométrique	Débit de pointe estimé		Durée de prélèvement (en semaine)
															Phase travaux (en m^3/h)	Phase définitive (en m3/j)	
1801P	Parc Robespierre (OA4)	BAGNEUX	Puits de ventilation et puits d'attaque tunnelier	83	37.21	34.71	Bagneux	Argiles Plastiques	16.71	Marno-calcaire de Meudon	Marno-calcaire de Saint-Ouen / sables de Beauchamp Lutétien Craie	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (53,35 mNGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie (32,09 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			4	7	26
1702P	Square Général de Gaulle (OA3)	CACHAN	Puits de ventilation	45.8	12.38	11.18	Arcueil - Cachan	Argiles Plastiques	6.38	Argiles Plastiques	Lutétien (CG)	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe du Lutétien (40,09 m NGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les formations du Montien et de la Craie. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			5.5	59	99
1701P	Jardin panoramique (OA2)	CACHAN	Puits de ventilation	97	46.2	40	Villejuif Louis Aragon	Marnes infragypseuses	40	Marno-calcaire de Saint-Ouen	Alluvions Marnes supra-gypseuses Marno-calcaire de Saint-Ouen	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré au-dessus du niveau piézométrique de la nappe contenue dans les formations des marno-calcaire de Saint-Ouen. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			4	25	8.7
1601P	J. Joffrin (OA1)	VILLEJUIF	Puits de ventilation	110	63.86	62.66	Villejuif Louis Aragon	Masses et Marnes du Gypse	57.86	Masses et Marnes du Gypse	Sables de Fontainebleau / Calcaire de Brie Marnes supra-gypseuses	Le fond de fouille est ancré sous la cote du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses. Aucun niveau de nappe n'a été mis en évidence dans les masses et marnes du gypse au droit de l'ouvrage mais des venues d'eau sont probables. Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			11	67	94.7
1501P	Rue Galiménat	VITRY-SUR-SEINE	Puits d'accès pompiers et rameau	95.53	45.32	44.7	Villejuif Louis Aragon	Masses et Marnes du Gypse	24.75	Marno-calcaire de Saint-Ouen / Masses et Marnes du Gypse	Calcaire de Brie Marnes supra-gypseuses Masses et Marnes du gypse	Masses et Marnes du gypse	57.5	12.8	10	152.7	8
1402P	Rue Louis Marchandise et Av. A. Thomas RD 5 (Terrain de boules)	VITRY-SUR-SEINE	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	43.94	2.55	1.25	Les Ardoines	Marnes et caillasses	-16.52	Calcaire Grossier	Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien	Lutétien	30	28.75	-	-	-

Code	Nom de l'ouvrage	Commune	Type d'ouvrage	Cote du TN (m NGF)	Cote du radier (face supérieure)	Cote du fond de fouille (m NGF)	Gare de référence pour la coupe géologique	Formation d'ancrage du fond de fouille	Cote ancrage paroi moulée (m NGF)	Formation d'ancrage des parois moulées	Nappes traversées	Nappe concernée	Niveau de nappe (EB en m NGF)	Abaissement du niveau piézométrique	Débit de pointe estimé		Durée de prélèvement (en semaine)
															Phase travaux (en m^3/h)	Phase définitive (en m3/j)	
1401P	Centre technique municipal	VITRY-SUR-SEINE	Débranchement SMI devenant puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	35.33	6,67 à 8,3	4.78	Les Ardoines	Sables de Beauchamp/Marnes et Caillasses	-26.16	Calcaire Grossier	Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien	Marno-calcaire de Saint-Ouen	29.7	24.92	17	53	87.4
1404S	Accès secours - Rue L. Geoffroy (1404S)	VITRY-SUR-SEINE	Tunnel et entonnement	34	6.68	13.2	Les Ardoines	Calcaire de Saint-Ouen	5.2	Sables de Beauchamp	Alluvions Marno-Calcaire de Saint-Ouen	Marno-calcaire de Saint-Ouen	30.3	17.1			
1302P	Friche Arrighi	VITRY-SUR-SEINE	Puits d'attaque tunnelier et puits d'accès pompiers-ventilation	36	0,47 à 2,1	-1.67	Le Vert-de-Maisons	Marnes et caillasses	-20 (jupe injectée jusqu'à -33 mNGF)	Calcaire Grossier	Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien	Lutétien	29.2	30.87	200	175	31
1301P	Rue de Rome	ALFORTVILLE	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	31.45	-2.62	-4.32	Le Vert-de-Maisons	Calcaire Grossier	-9.08	Calcaire Grossier	Alluvions Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien	Lutétien	29.3	33.62	79	175	7
1201P	Université Créteil	CRETEIL	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	34	6.19	4,88 à 3,59	Le Vert-de-Maisons	Marnes et caillasses	-1.12	Marnes et caillasses	Alluvions Lutétien	Lutétien	29.6	24,72 à 26,01	61	196.3	7
1103P	Stade F. Desmond	CRETEIL	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	45.84	18.4	17,12 à 16,12	Créteil-L'Echat	Calcaire Grossier	11.12	Calcaire Grossier	Alluvions Lutétien	Lutétien	28.2	11,08 à 12,08	61	1	4
1102P	Avenue Ceinture	CRETEIL	Puits d'accès pompiers et rameau	45.9	17.19	15.62	-	Calcaire Grossier	10.59	Calcaire Grossier	Alluvions Lutétien	Lutétien	28.2	12.58	non significatif	65.5	-
1101P	Rue du Port	CRETEIL	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	34.4	7.46	5.76	Saint-Maur-Créteil	Argiles Plastiques	-4.24	Craie	Alluvions sur Craie	Alluvions sur Craie	26.9	21.14	44	281.8	5
1003P	Impasse abbaye	SAINT-MAUR-DES-FOSSES	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	35.65	1.3	-0.5	Saint-Maur-Créteil	Marno-calcaire de Meudon	-8.55	Marno-calcaire de Meudon	Alluvions sur Craie	Alluvions sur Craie	26.9	27.4	65	346.8	7
1002P	Rue Charles Floquet	JOINVILLE-LE-PONT	Puits d'accès pompiers et rameau	41.35	6.85	5.78	Champigny Centre	Argiles Plastiques	-1.22	Argiles Plastiques	Alluvions Lutétien	Lutétien	32.9	27.12	-	-	-
1001P	Av. Roger Salengro	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers et rameau	37,47 à 42	11.5	9.4	Champigny Centre	Argiles Plastiques	4.3	Argiles Plastiques	Alluvions Lutétien	Lutétien	32.9	23.5	-	-	-
0902P	Rond-Point du Colonel Grancey	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	55	22.54	22,34 à 21,04	Créteil-L'Echat	Calcaire Grossier	17.34	Calcaire Grossier	Lutétien	Lutétien	32.4	10,06 à 11,36	70	152.4	3
0901P	Clos du Pré de l'Etang	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers et rameau	57.59	38.2	35.99	Bry-Villiers-Champigny	Marnes et caillasses	30.99	Marnes et caillasses	Marno-calcaire de Saint-Ouen Lutétien	Le fond de fouille de cet ouvrage est situé au-dessus du niveau piézométrique de la nappe du Lutétien (EB = 33,9 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	173.3	-

Code	Nom de l'ouvrage	Commune	Type d'ouvrage	Cote du TN (m NGF)	Cote du radier (face supérieure)	Cote du fond de fouille (m NGF)	Gare de référence pour la coupe géologique	Formation d'ancrage du fond de fouille	Cote ancrage paroi moulée (m NGF)	Formation d'ancrage des parois moulées	Nappes traversées	Nappe concernée	Niveau de nappe (EB en m NGF)	Abaissement du niveau piézométrique	Débit de pointe estimé		Durée de prélèvement (en semaine)
															Phase travaux (en m^3/h)	Phase définitive (en m3/j)	
0813S	Rue du Pr. P. Millez (0813S)	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	Puits d'attaque tunnelier (SMR) devenant puits d'accès pompiers	93	69.9	69.3	Bry-Villiers-Champigny	Calcaire de Champigny	59.31	Calcaire de Champigny	Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 61 m NGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	-	-
0811S	Av. M. Thorez	CHAMPIGNY-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers et rameau	86.85	64.13	64,47 à 62,23	Bry-Villiers-Champigny	Calcaire de Champigny	-	-	Calcaire de Champigny	Le fond de fouille de cet ouvrage est situé au-dessus du niveau piézométrique de la nappe des Calcaires de Champigny (EB = 57,8 m NGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	-	-
0810S	Rue du Général Leclerc	VILLIERS-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers et rameau	79.3	51.98	50.98	Bry-Villiers-Champigny	Calcaire de Champigny	45.88	Calcaire de Saint-Ouen	Calcaire de Champigny	Calcaire de Saint-Ouen	61	10.02	-	-	-
0808P	Av. H. Dunant	VILLIERS-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers et rameau	75	?	44.11	Bry-Villiers-Champigny	Calcaire de Champigny	34.11	Calcaire de Saint-Ouen	Calcaire de Champigny	Calcaire de Saint-Ouen	59.2	15.09	-	-	-
0807P	Sentier des Marins	VILLIERS-SUR-MARNE	Débranchement SMR devenant puits d'accès pompiers-ventilation et rameau	84.83	51.54	49.34	Noisy-Champs	Calcaire de Champigny	32.84	Calcaire de Champigny	Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny	Calcaire de Champigny	54.7	5.36	6	152.1	61
0806P	Rue Mozart	VILLIERS-SUR-MARNE	Puits d'accès pompiers et rameau	91	61.57	59.97	Noisy-Champs	Calcaire de Champigny	52.97	Calcaire de Champigny	Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	119.5	-
0805P	Av. Médéric	NOISY-LE-GRAND	Puits d'accès pompiers -ventilation et rameau	94.7	67	65.12	Noisy-Champs	Marnes d'Argenteuil/calcaire de Champigny	55.12	Calcaire de Champigny	Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	-	-

Code	Nom de l'ouvrage	Commune	Type d'ouvrage	Cote du TN (m NGF)	Cote du radier (face supérieure)	Cote du fond de fouille (m NGF)	Gare de référence pour la coupe géologique	Formation d'ancrage du fond de fouille	Cote ancrage paroi moulée (m NGF)	Formation d'ancrage des parois moulées	Nappes traversées	Nappe concernée	Niveau de nappe (EB en m NGF)	Abaissement du niveau piézométrique	Débit de pointe estimé		Durée de prélèvement (en semaine)
															Phase travaux (en m^3/h)	Phase définitive (en m3/j)	
0804P	Place des Yvris	NOISY-LE-GRAND	Puits d'accès pompiers -ventilation et rameau	98.81	70.21	69.41	Noisy-Champs	Calcaire de Champigny	60.41	Calcaire de Champigny	Marnes supra-gypseuses Calcaire de Champigny	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré à une cote inférieure à celle du mur de la nappe des marnes supra-gypseuses et au-dessus du niveau de la nappe contenue dans les Calcaires de Champigny (EB = 55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	-	-
0803P	Rue du Ballon	NOISY-LE-GRAND	Puits d'accès pompiers et rameau	99	75.25	73.46	Noisy-Champs	Marnes supra-gypseuses (Marnes d'Argenteuil)	66.46	Marnes d'Argenteuil/calcaire de Champigny	Marnes supra-gypseuses Masses et marnes du Gypse	Le fond de fouille de cet ouvrage est ancré dans un horizon très peu perméable, isolant la nappe des marnes supra-gypseuses (84 m NGF) de la nappe sous-jacente contenue dans les masses et marnes du gypse (55,2 mNGF). Pas de venues d'eau permanentes ; pompage uniquement pour vidanger l'eau contenue dans les terrains excavés.			non significatif	162.5	-

1.6.1.5 Démarche globale de l'analyse des impacts

La Ligne 15 Sud, de par sa profondeur, va se situer majoritairement sous nappe. De ce fait, sa réalisation est susceptible de générer différents phénomènes :

- impacts liés aux **effets piézométriques des débits d'épuisement** en phase travaux et de la **récupération des eaux d'infiltration** en phase définitive ;
- impacts liés au **rejet des eaux souterraines** ;
- impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation : " **effet barrage** " ;
- impacts du projet sur la **qualité des eaux souterraines** - mise en communication de nappes.

Les deux premiers phénomènes sont plutôt caractéristiques des impacts associés à la phase travaux dans la mesure où c'est durant le terrassement des ouvrages que les débits résiduels sont susceptibles d'être les plus importants mais temporaires. Les deux derniers phénomènes sont plutôt caractéristiques de la phase d'exploitation dans la mesure où un impact résiduel éventuel serait permanent.

Malgré les dispositions prises dès la conception du projet pour réduire autant que possible les débits d'épuisement durant la phase travaux, il est difficilement envisageable, dans certains contextes hydrogéologiques, d'annuler complètement les impacts résiduels. C'est pourquoi, l'impact résiduel en termes d'abaissement piézométrique durant la phase travaux a fait l'objet d'une évaluation spécifique dont la méthodologie est précisée ci-après.

De même, il est inévitable que le tunnel et les ouvrages interfèrent avec une ou plusieurs nappes. C'est pourquoi l'effet barrage du projet a été évalué avec la méthodologie décrite ci-après.

Le résultat de l'évaluation des impacts permet ensuite de proposer des mesures d'accompagnement complémentaires spécifiques si nécessaire.

1.6.2 Impacts du projet en phase travaux sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques)

1.6.2.1 Rappel des enjeux liés à la réalisation de prélèvements d'eau souterraine par le projet

En raison de sa position, le projet interceptera nécessairement plusieurs aquifères et sera, sur une grande partie du tracé, situé sous le niveau de l'eau souterraine.

La méthode de construction au tunnelier n'induisant pas de prélèvements d'eau souterraine significatifs, le creusement du tunnel en lui-même ne présente que peu de risques hydrogéologiques liés aux prélèvements d'eau souterraine.

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches une fois réalisés. Il demeurera toutefois quelques suintements résiduels d'eau souterraine en phase d'exploitation mais qui resteront très faibles et qui ne sont pas de nature à modifier significativement les niveaux piézométriques.

Ainsi, les conséquences potentielles liées aux prélèvements d'eau souterraine concernent essentiellement les **pompages d'épuisement** en phase travaux nécessaires pour la réalisation des gares et ouvrages annexes.

La présence d'aquifères potentiellement productifs fait partie intégrante des conditions géologiques prises en compte pour le choix des méthodes constructives. Comme évoqué précédemment, les dispositions constructives choisies ont été définies de sorte à ce que le débit d'épuisement en phase travaux soit le plus limité possible (solutions constructives tels que : parois moulées, bouchons injectés, jupes injectées, etc…). Néanmoins, un débit d'épuisement résiduel d'eau souterraine, susceptible d'être non négligeable, sera nécessairement prélevé lors de la construction de certains ouvrages. Les méthodes de calcul et les résultats de l'évaluation des débits d'épuisement nécessaires pour les phases travaux et exploitation sont détaillés aux chapitres « Évaluation des débits d'épuisement en phase travaux » et « Évaluation des débits d'épuisement en phase d'exploitation ».

Les conséquences potentielles majeures de ces prélèvements sont :

- le déclenchement de « conflits d'usage »;
- l'apparition de désordres d'ordre mécanique sur le bâti ;
- la dissolution de minéraux solubles tels que le gypse ;
- la modification dans la propagation de panaches de pollution éventuellement présents dans les eaux souterraines.

Suivant le secteur concerné, la sensibilité à ces différents phénomènes est plus ou moins importante suivant les caractéristiques hydrogéologiques locales. Le tableau ci-dessous, issu de l'analyse croisée des aléas et enjeux de chaque secteur spécifique, résume l'échelle de sensibilité liée à la réalisation de pompages d'eau souterraine.

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Aquifère très productif. Nombreuses exploitations d'eau souterraine.
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Aquifère de productivité modérée peu exploité.
Secteur du plateau de Villejuif	Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse.
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Aquifère très productif. Nombreuses exploitations d'eau souterraine. Présence de niveaux de gypse. Présence de couches géologiques sensibles au tassement. Contamination avérée de l'eau souterraine.
Secteur du plateau de Champigny	Aquifère de faible productivité

Légende :

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

Hiérarchisation de la sensibilité liée au pompage d'eau souterraine
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.6.2.2 Évaluation des débits d'épuisement en phase travaux

L'estimation des débits d'épuisement en phase travaux concerne différents types d'ouvrages, à savoir :

- les gares ;
- les ouvrages annexes ;
- leurs correspondances situées sous le niveau de la nappe ;
- les rameaux de jonction entre les ouvrages annexes et le tunnel.

L'objectif de cette partie est de présenter les méthodes d'évaluation du débit à extraire de la fouille en phase de travaux.

Le pompage dans une nappe entraîne un abaissement de sa surface libre et une modification du champ d'écoulement. L'influence du pompage se fait sentir sur une certaine distance notée R (rayon d'action de l'axe du puits), qui correspondra aux limites du domaine dans la plupart des méthodes de calculs.

La méthodologie retenue distingue les débits de la phase travaux (provenant du pompage en fond de fouille, de l'exhaure du creusement et de l'essorage des déblais) des débits de la phase d'exploitation provenant de la percolation de l'eau à travers le revêtement des différents ouvrages.

Le calcul du débit d'épuisement à pomper en phase chantier a été réalisé par les Maîtres d'Œuvre, sur la base des méthodes constructives choisies selon la démarche évoquée aux chapitres suivants.

La première étape a consisté à déterminer, sur la base des données disponibles dans la bibliographie, des intervalles de perméabilité attendue pour les différentes couches lithologiques concernées par chaque ouvrage.

Des hypothèses conservatrices ont été adoptées en attendant les résultats de pompages d'essai actuellement en cours. Cela signifie que les débits résiduels évalués sont surestimés (hors éventuelles anomalies locales imprévisibles).

Le calcul a ensuite été mené à partir des formules de Davidenkoff, Dupuit et/ou Darcy en fonction du contexte identifié. Ces différentes méthodes de calcul usuelles sont présentées dans les paragraphes suivants.

a. Débit d'exhaure au travers des jupes et bouchons injectés - Méthode de Darcy

La dynamique de l'eau en milieu poreux saturé est régie par une équation principale qui est la loi de Darcy.

Henry Darcy a montré que le volume d'eau, « Q » en m^3/s, filtrant de haut en bas dans une colonne de sol de hauteur « l » en m, à travers la section totale, perpendiculaire à la direction verticale d'écoulement, « A » en m^2, est fonction d'un coefficient de proportionnalité, « K » en m/s, caractéristique du sable et de la perte de charge par unité de longueur du cylindre de sable, h/l sans dimension ; d'où l'expression de la loi de Darcy :

$$Q = K.A.\frac{h}{l}$$

Avec

- Q : le débit en sortie de la colonne (m^3/s) ;
- K : coefficient de perméabilité (m/s) : ce paramètre est relié à la viscosité du fluide qui est la mesure de sa résistance à l'écoulement et à la dimension et la connexion des pores entre eux, appelé perméabilité intrinsèque, k ;
- A : section de l'échantillon (m^2) ;
- h/l : ce rapport appelé perte de charge, est défini comme le gradient hydraulique, noté i.

Cette équation introduit la notion de perméabilité d'un sol, paramètre nécessaire pour l'évaluation des débits d'exhaure. La perméabilité est l'aptitude d'un réservoir à se laisser traverser par l'eau, sous l'effet d'un gradient hydraulique. Elle exprime la résistance du milieu à l'écoulement de l'eau qui le traverse.

Cette méthode a été utilisée pour évaluer le débit susceptible de percoler à travers un fond injecté et une jupe injectée situés dans un milieu globalement très perméable. Elle est appliquée en fixant la perméabilité résiduelle du terrain après injection (k), l'épaisseur d'injection efficace (l), la surface de terrains injectés (A), la différence de charge entre la nappe à l'extérieur et la nappe descendue sous le fond de fouille (h).

b. Débits d'exhaure en fond de fouille sans radier injecté : méthode de Davidenkoff

La méthode de Davidenkoff, est une méthode empirique de détermination des débits d'exhaure en fond de fouille. L'une des hypothèses de cette méthode est que le niveau piézométrique de la nappe n'est pas modifié à l'extérieur de l'enceinte.

Dans le cas particulier où l'aquifère étudié est captif et comporte un horizon drainant en tête, les conditions pour l'emploi de la méthode de Davidenkoff sont donc réunies puisqu'il suppose un

rechargement constant induit par l'horizon drainant et donc une charge hydraulique constante en tête de l'aquifère.

A l'inverse, lorsque l'aquifère n'est pas alimenté par un ou des horizons drainants, la principale hypothèse de cette méthode de calcul, n'est pas vérifiée et son utilisation tend à maximiser les débits d'exhaure.

Pour une enceinte rectangulaire, le débit d'exhaure en fond de fouille est donné par la formule suivante :

$$Q = \frac{2.k.\Delta H.L}{\emptyset_1 + \emptyset_2}\left(1 + \frac{B}{L}\right)\left(1 - 0{,}3\,\frac{B}{L}\right)$$

Avec :

- k : la perméabilité de la couche d'ancrage des parois moulée, en m/s ;
- ΔH : la différence de charge entre l'extérieur de l'enceinte et le fond de fouille, en m ;
- L : la longueur de l'excavation, en m ;
- B : la largeur de l'excavation, en m ;
- $\emptyset_1$ et $\emptyset_2$: des fonctions de charge données par l'abaque de Davidenkoff.

Cette méthode permet l'évaluation des débits d'épuisement résiduels lorsqu'une paroi moulée est réalisée. Elle permet de calculer un débit en renseignant la distance (entres autres) de la paroi moulée et l'horizon imperméable le plus proche.

c. *Débits d'exhaure en fond de fouille sans radier injecté : méthode de Dupuit*

Dans le cas où la profondeur de pénétration de la fiche hydraulique dans l'aquifère est faible en comparaison à l'épaisseur de l'aquifère, les écoulements seront davantage laminaires et la formule de Dupuit est la plus adaptée.

La formule de Dupuit permet de lier le débit de pompage au rayon d'action en fonction de la perméabilité. En faisant les hypothèses suivantes, la formule de Dupuit est applicable et permet d'estimer les débits d'exhaure en assimilant l'excavation à un puits équivalent :

- Milieu homogène, isotrope et indéformable ;
- Écoulement horizontal ;
- Vitesse d'écoulement identique en tout point d'une même verticale.

Cependant, la formule de Dupuit est en théorie valable pour un puits crépiné sur toute la hauteur de l'aquifère, ce qui n'est pas le cas du « puits équivalent » formé par les ouvrages du projet. Les débits de pompage obtenus par cette méthode seront donc surestimés, notamment si la profondeur de pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère est faible, soit inférieure à 50 %.

d. *Calculs numériques locaux*

Pour les cas de figure complexes ne pouvant être évalués analytiquement avec une précision satisfaisante, les Maîtres d'Œuvre ont réalisés des calculs numériques locaux.

Ces calculs numériques consistent à représenter sur un logiciel, de manière schématique mais exhaustive, l'ensemble des couches géologiques concernées en leur attribuant des paramètres hydrodynamiques propres (perméabilités horizontales et verticales notamment). Généralement, le système est schématisé sous la forme d'une coupe verticale passant par l'ouvrage considéré.

Le logiciel permet de représenter également la géométrie et les caractéristiques des parois moulées, des jupes injectées ou des bouchons injectés de manière précise. Un potentiel imposé (c'est-à-dire un niveau de nappe constant) en périmètre du domaine de calcul permet de représenter le niveau de la nappe concerné par le pompage d'épuisement. Un niveau de nappe à atteindre sous le fond de fouille est fixé au niveau de l'ouvrage de sorte à ce que le logiciel puisse évaluer quel débit d'eau souterraine est nécessaire pour assurer la mise hors d'eau des travaux.

e. *Principaux paramètres retenus pour les calculs et résultats*

Dans le secteur de la **Boutonnière de Boulogne**, la nappe des alluvions et celle de la Craie sont en communication. Ce secteur qui comprend deux gares (Pont de Sèvres et Issy RER) est caractérisé par la succession des formations géologiques suivante : remblais, Alluvions et Craie. Le complexe Alluvions et Craie a été considéré comme très perméable (3.10^{-3} m/s). Un horizon intermédiaire de Craie altéré de perméabilité $3{,}5.10^{-4}$ m/s a également été considéré. Ainsi, afin de limiter les débits de pompage en fond de fouille, ces derniers ont été calculés en considérant une fiche hydraulique des parois de 20 m pour la gare Pont-de-Sèvres et de 16 m pour la gare Issy RER. Ces parois seront donc ancrées dans la Craie saine, formation pour laquelle la perméabilité retenue est 5.10^{-6} m/s.

Sur **le secteur du plateau d'Issy à Cachan**, il existe deux nappes : celle du Lutétien portée par les Argiles Plastiques et celle du Montien. Pour toutes les gares de ce secteur (Fort d'Issy – Vanves – Clamart, Champigny Centre, Bagneux et Arcueil Cachan) les enceintes des parois moulées sont ancrées dans les Argiles Plastiques (voire les Marnes de Meudon), formations très peu perméables. De plus il n'y a pas de nappe au niveau du fond de fouille des gares du secteur, hormis au droit de la gare Arcueil Cachan. Par conséquent, les débits calculés en fond de fouille sont très faibles.

Sur **le secteur du plateau de Villejuif**, plusieurs nappes sont distinguées : celle du Calcaire de Brie, des Sables de Fontainebleau et celle des Marnes supra-gypseuses. Les gares de ce secteur (Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon), ont leurs enceintes ancrées dans les Masses et Marnes du Gypse, formation peu perméable. La perméabilité retenue pour cette formation au droit des gares est de 1.10^{-7} m/s. Il en résulte des débits de pompage du fond de fouille très faibles.

Pour les deux secteurs suivants**, la plaine de Vitry et le plateau de Champigny**, le contexte hydrogéologique a conduit à la mise en œuvre d'injection de sol pour la plupart des gares de sorte à réduire autant que possible le débit d'épuisement.

Les gares du secteur de la **plaine de Vitry,** pouvant être regroupées en fonction de leurs caractéristiques, sont les suivantes :

- Les Ardoines, Le Vert-de-Maisons, Créteil L'Échât : une perméabilité globale caractéristique de l'aquifère du Lutétien a été considérée pour toutes ces gares comme supérieure à 5.10^{-5} m/s. En considérant une telle perméabilité, les débits de pompage du fond de fouille, sans protection particulière apparaissaient forts. Par conséquent, pour ces gares, les débits de pompage ont été évalués en calculant les débits d'infiltration au travers d'un radier injecté de 5 m d'épaisseur dans les Calcaires Grossiers prolongé à la base des parois moulées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur. La perméabilité attendue de ces radiers et jupes est de 1.10^{-6} m/s ce qui est une performance tout à fait atteignable dans ce contexte et pour ce type d'ouvrage. Néanmoins, le débit d'exhaure retenu, et présenté ci-après, a été calculé avec un coefficient de sécurité de l'ordre de 1,5 à 2 sur la performance des injections de sol de sorte à couvrir la possibilité d'aléas géologiques locaux ne permettant pas de réaliser des injections de qualité homogène sur toute la surface des terrains injectés. Ces aléas sont notamment des hétérogénéités de perméabilité des terrains injectés liées à la fissuration naturelle ou à la présence de vides locaux potentiellement associés au phénomène de

dissolution du gypse. Ainsi, les débits d'exhaure présentés dans le tableau ci-après sont surévalués par sécurité.

- Vitry Centre : cette gare est caractérisée par la présence d'une paroi moulée ancrée dans le toit des Marnes et Caillasses, horizon dans lequel il est probable de rencontrer des horizons peu perméables. Ce scénario hydrogéologique a été retenu afin de bénéficier de ces horizons peu perméables naturels. Néanmoins, la perméabilité verticale retenue dans les Marnes et Caillasses pour évaluer le débit d'épuisement est bien supérieure à la perméabilité usuellement rencontrée dans cette couche. Le débit d'épuisement est donc surévalué pour couvrir le risque de rencontrer localement des fissures dans les Marnes et Caillasses.
- Saint-Maur Créteil : le scénario retenu est celui considérant une perméabilité de la Craie de 1.10^{-5} à 1.10^{-4} m/s (sans distinction entre la Craie saine et la Craie fracturée).
- Champigny centre : bouchon naturel formé par les Argiles Plastiques suffisamment stable pour ne pas prévoir de dispositif de mise hors d'eau du fond de fouille.

Deux gares sont présentes sur le secteur du **Plateau de Champigny** :

- Bry-Villiers-Champigny : l'hypothèse retenue est celle considérant une perméabilité moyenne des formations contenant la nappe de l'Éocène supérieur allant de 7.10^{-6} à 2.10^{-4} m/s ; les débits résultants peuvent atteindre 80 m^3/h selon les hypothèses considérées ;
- Noisy-Champs : le fond de fouille est situé au-dessus du niveau de la nappe donc aucun dispositif de pompage n'est à prévoir.

Les tableaux des pages suivantes présentent les débits d'épuisement pour chaque ouvrage de la Ligne 15 Sud.

f. Synthèse des débits d'exhaure en phase travaux retenus par ouvrage

Les Maîtres d'Œuvre ont utilisé les différentes méthodes de calcul de débit d'épuisement présentées dans les paragraphes précédents afin d'évaluer les débits résiduels selon différents cas de figure de dispositions constructives. Le choix de la méthode de calcul est réalisé en fonction de la complexité du milieu souterrain et les caractéristiques des ouvrages à représenter.

Les évaluations réalisées par les Maîtres d'œuvre sont sécuritaires dans la mesure où celles-ci devront permettre de dimensionner un système d'épuisement efficace et aboutir au choix d'une solution de rejet.

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase travaux (1/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen (m^3/h)	Débit de pointe (m^3/h)	Durée de prélèvement (semaines)	Volume prélevé (m^3)
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	15	25.1	17.4	42 600
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	41	85	83	571 200
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	3	8	158.8	69 024
OA10 + rameau (place de la Résistance)	1	4.5	161.3	37 368
Gare Issy RER	27	31.4	25.6	115 680
Émergence Issy RER C et connexion	13	14	4	9 000
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	1	3	195.5	41 496
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	4	4	47.9	32 160
OA 8 (Square Malleret Joinville)	1	4	8.7	1 459
OA7 (Fort de Vanves)	1	4	8.7	1 459
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	4	4	30.7	20 640
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	2	5.5	73.0	23 580
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	2	14	91.0	32 270
Gare de Bagneux (BAG)	4	4	34.7	23 347
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	2	4	26.0	8 755
Gare Arcueil Cachan (ACA)	4	5	26.0	16 416
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	1	5.5	99.0	24 305
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	1	4	8.7	1 459
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	4	4	95.7	64 320
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	1	11	94.7	18 881
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	4	4	47.8	32 160
1505S	39	56	23.0	151 000
P23/1501P (rue du génie)	6	10	8.0	7 600
Gare de Vitry Centre	88	200	80.0	1 176 000
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	31	54	6.0	32 000
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	10	17	53.0	89 000
PS21/1404S (rue Gabriel Peri)	11	18	4.0	7 600
Gare les Ardoines	130	250	117.0	2 587 000
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	129	200	31.0	672 000
P18/1301P (rue de Rome)	46	79	7.0	54 000
Gare de Vert-De-Maisons	162	300	137.0	3 730 000

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase travaux (2/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen (m^3/h)	Débit de pointe (m^3/h)	Durée de prélèvement (semaines)	Volume prélevé (m^3)
P17/1201P (Université Créteil)	35	61	7.0	41 000
Gare de Créteil L'Echat	155	250	68.0	1 785 000
P16/1103P (stade F. Desmond)	38	61	4.0	26 000
P15/1102P (Av Ceinture)		non significatif	-	-
P14/1101P (rue du Port Créteil)	27	44	5.0	23 000
Gare Saint Maur Créteil	165	250	77.0	2 154 000
P13/1003P (impasse Abbaye)	38	65	7.0	45 000
P12/1002P (av Charles Floquet)	7	11	3.0	3 700
P11/1001P	-	non significatif	-	-
Gare Champigny Centre		non significatif	-	-
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)	35	70	3.0	24 000
P09/0901P	-	non significatif	-	-
Gare de Bry-Villiers-Champigny	78.7	80	31	410000
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)	-	non significatif	-	-
PSMR/0813S	-	non significatif	-	-
PS12/0811S (avenue Maurice Thorez)	-	non significatif	-	-
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)	20	25	2.0	6 600
P07/807P (sentier des marins) Caverne	35	35	61.0	359 000
P07/807P (sentier des marins) Puits	3	6	61.0	31 000
P06/806P (rue Mozart)	-	non significatif	-	-
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)	-	non significatif	-	-
P04/804P (place des Yvris)	-	non significatif	-	-
P03/803P (rue du Ballon)	-	non significatif	-	-
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)	-	non significatif	-	-
Gare Noisy-Champs	-	non significatif	-	-
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)	-	non significatif	-	-

VOLUME TOTAL PRELEVE =	**14 602 079**
VOLUME ANNUEL MAXIMAL (ESTIMATION) =	**6 146 940**
VALEUR MOYENNE ANNUELLE (ESTIMATION) =	**3 548 020**

1.6.2.3 Présentation des systèmes d'épuisement d'eau de nappe pour réaliser les ouvrages en phase travaux et mesures associées

Les travaux de la Ligne 15 Sud nécessiteront la mise en œuvre de dispositifs d'épuisement de fouille en phase travaux sur la majeure partie des ouvrages envisagés.

Les débits d'épuisement d'eaux souterraines ont été estimés pour chaque gare et chaque ouvrage annexe. Des dispositions constructives seront mises en œuvre afin de limiter autant que possible les débits à gérer en fond de fouille (parois moulées profondes ancrées dans des formations géologiques peu perméables comme la Craie saine ou les Argiles Plastiques de l'Yprésien, injections de sols de type jupes injectées, radiers injectés,etc…). Il sera toutefois nécessaire, pour travailler à sec et durant la phase travaux, de mettre en place des systèmes de captage temporaires qui permettront d'évacuer l'eau contenue dans les terrains terrassés et l'eau d'exhaure qui proviendra des terrains au sein desquels seront ancrées les fondations spéciales.

Ainsi, afin de gérer les eaux d'exhaure résiduelles attendues en fond de fouille en phase travaux, trois techniques différentes pourront être employées en fonction du contexte :

- puits de pompage ;
- pointes filtrantes ;
- tranchées drainantes.

La mise en place de puits de pompage sera privilégiée pour pomper l'eau dans des terrains assez perméables. Les puits de pompage peuvent permettre de pomper l'eau à une profondeur importante sous le fond de fouille à la différence des deux autres techniques.

La mise en place de pointes filtrantes est une technique adaptée aux terrains sablo-argileux peu à moyennement perméables. Cette technique ne peut être mise en œuvre que si la baisse de niveau d'eau dans les pointes n'excède pas 6 à 7 mètres car elle fonctionne avec une pompe à vide de surface.

La mise en œuvre de tranchées drainantes est une technique qui peut être envisagée pour pomper dans des terrains tendres, seule ou en complément des deux techniques présentées précédemment (puits de pompage / pointes filtrantes). Cette technique est souvent utilisée pour récupérer l'eau résiduelle de faible débit à faible profondeur sous le fond de fouille.

Ces différentes techniques sont donc complémentaires dans la mesure où elles permettent de répondre à des contextes techniques différents.

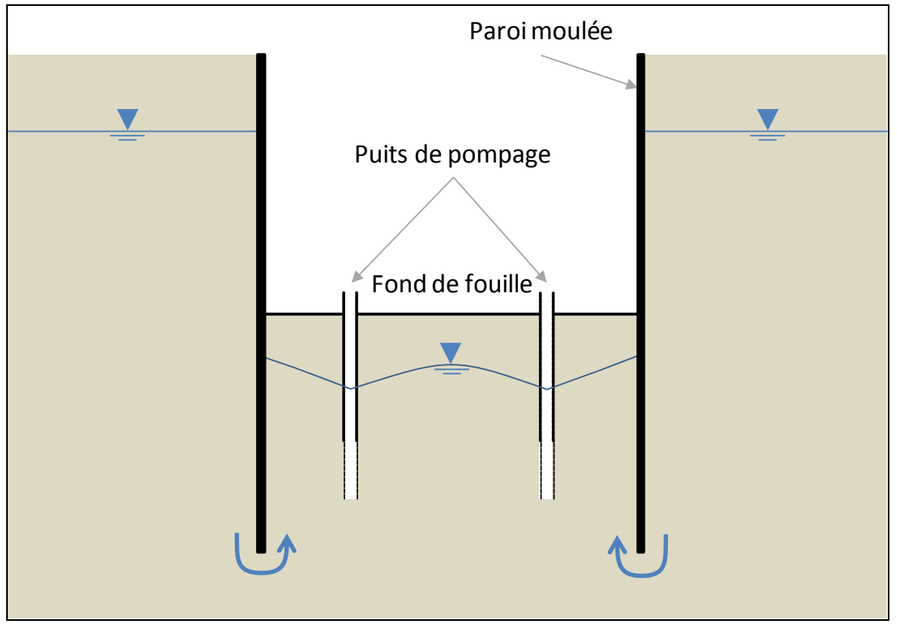


Schéma de principe d'un épuisement en fond de fouille par puits
(Source : BURGEAP)

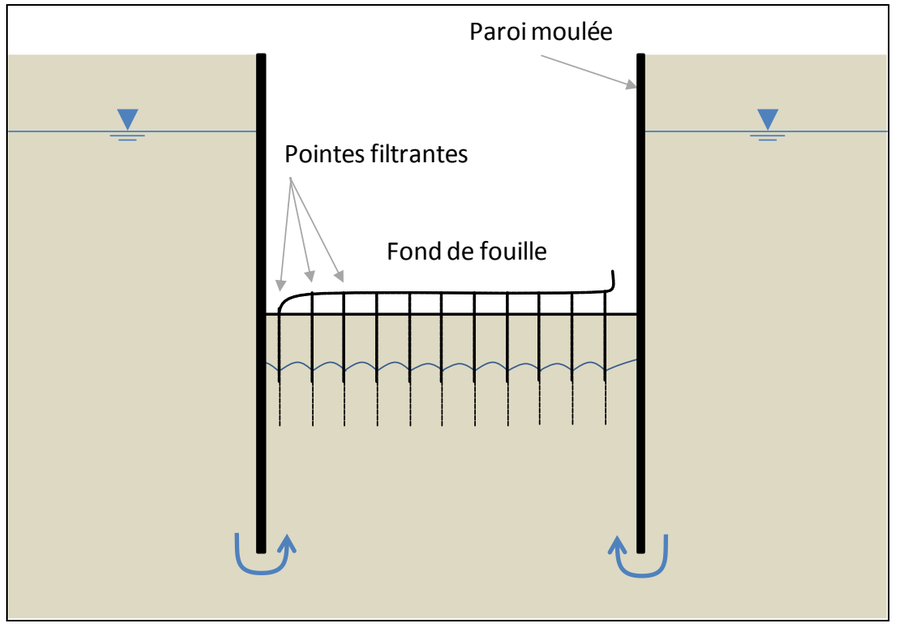


Schéma de principe d'un épuisement en fond de fouille par pointes filtrantes
(Source : BURGEAP)

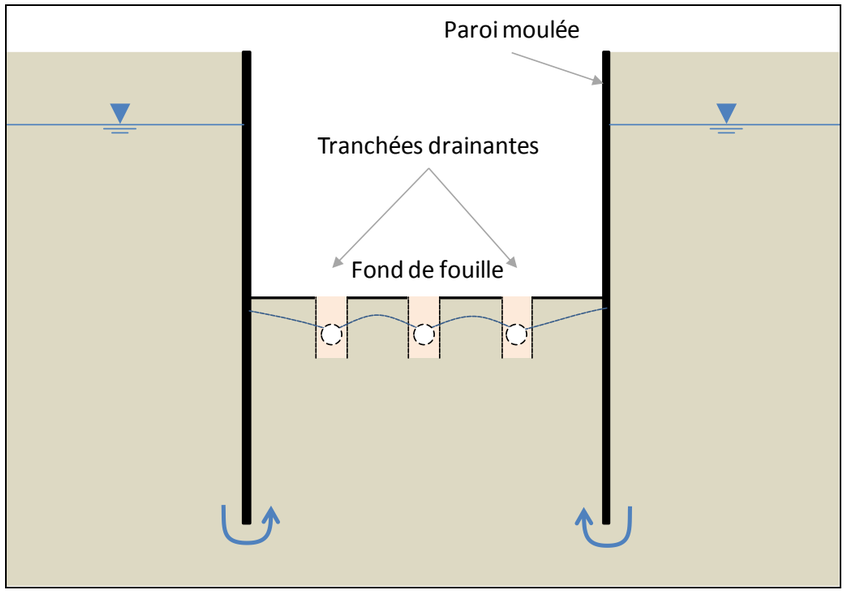


Schéma de principe d'un épuisement en fond de fouille par tranchées drainantes
(Source : BURGEAP)

Les paragraphes suivants présenteront successivement les principes généraux qui seront pris en compte pour la mise en place d'un dispositif d'exhaure, puis les caractéristiques techniques principales de chacune des trois méthodes précitées. Il s'agit de méthodes usuelles de gestion des eaux souterraines pour les chantiers mises en œuvre couramment dans des travaux de ce type.

a. *Principes généraux*

Tous les ouvrages nécessaires à l'épuisement des fouilles seront réalisés dans les règles de l'art, conformément aux normes en vigueur et notamment :

- la norme NF X10-999 « Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisées par forages » d'avril 2007 et documents associés ;
- le guide d'application de l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau.

Le respect des normes permettra notamment aux ouvrages de pompages de ne pas être à l'origine d'entrainement de fines, ni à l'origine de transfert de polluants potentiels depuis la surface vers les nappes captées par l'intermédiaire des forages. Les ouvrages seront réalisés de manière à ne pas constituer des vecteurs de communication entre aquifères naturellement séparés.

Conformément à l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003, l'implantation des ouvrages sera telle qu'aucune installation susceptible d'altérer la qualité des eaux souterraines n'est située à proximité des points d'implantation. Les ouvrages seront en particulier implantés à plus de 200 m de toute décharge ou installation de stockage des déchets ménagers ou industriels et à plus de 35 m de stockages de produits phytosanitaires. Des stockages d'hydrocarbures et de produits chimiques seront nécessaires sur le chantier et pourront donc être situés à moins de 35 mètres des forages. Toutefois, ces stockages seront réalisés sur des aires étanches et bacs de rétention empêchant tout risque de migration de polluants vers les forages de pompage d'épuisement.

L'implantation définitive des ouvrages sera réalisée sur la base des résultats de DICT en écartant tout point présentant un risque de percement de réseau. Par ailleurs, les ouvrages de pompage seront implantés dans des chantiers délimités et surveillés au sein de structures étanches constitués par les parois moulées de sorte que ceux-ci ne peuvent présenter un risque de contamination d'eau souterraine par des installations existantes comme le précise l'article 4 de l'arrêté du 11 septembre 2003.

Les risques de percement de tout ouvrage d'assainissement collectif ou non collectif, de canalisations d'eaux usées ou transportant des matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines seront par conséquent nuls.

b. *Mesures préventives pour préserver la qualité des eaux souterraines*

Lors des travaux de forage, des précautions seront prises pour prévenir les risques de pollution conformément aux règles de l'art, et ainsi éviter tout risque d'atteinte à la qualité des ressources en eau.

- ***Mesures pour éviter la mise en communication des aquifères et les infiltrations d'eaux superficielles dans les ouvrages***

Les ouvrages seront réalisés de telle manière à ce qu'ils ne puissent pas mettre en communication différents aquifères. Ils seront crépinés uniquement au droit de l'aquifère cible et les formations superficielles sus-jacentes seront isolées par un tubage plein dont l'espace annulaire sera cimenté jusqu'en surface. Cette cimentation permettra d'une part d'isoler l'aquifère cible des aquifères sus-jacents et d'autre part d'empêcher l'infiltration des eaux de surface vers les eaux souterraines.

Il convient de rappeler que les parois moulées isoleront déjà naturellement les aquifères et que de ce fait, les ouvrages d'épuisement ne pourront en aucun cas être susceptibles de mettre en communication les différents aquifères.

D'autre part, les ouvrages seront équipés d'une tête de protection hors-sol dépassant d'au moins 50 cm du terrain en cours de terrassement, et scellée dans une margelle en ciment (dalle de propreté) afin d'éviter toute intrusion d'eau superficielle. Les têtes des ouvrages seront également closes et cadenassées, empêchant ainsi toute intervention sur ces ouvrages, hors personnel autorisé pour la gestion, l'entretien et la maintenance du dispositif d'exhaure.

- ***Mesures pour prévenir les risques de pollution des nappes et/ou des sols pendant la phase des travaux***

Les moyens généraux prévus pour prévenir tout risque de pollution lors de la mise en place des dispositifs d'exhaure seront les suivants :

- délimitation des zones d'interventions et mise en place de clôtures de protection autour des chantiers ;
- éloignement des produits potentiellement polluants des forages ;
- surveillance des abords des ateliers de forage afin de détecter toute perte ou égoutture de produits potentiellement polluant (hydrocarbures) ;
- tenue d'un cahier de chantier par les entreprises, indiquant l'avancement des chantiers et les difficultés rencontrées ;
- nettoyage et entretien préalable du matériel et des engins préalablement à leur amenée sur les chantiers ;
- réalisation du plein des réservoirs des engins avant le début des chantiers ;

- stockage des hydrocarbures, des huiles et des graisses utilisés sur les chantiers sur des dispositifs de rétention éloignés des forages, de façon à éviter tout risque de fuite susceptible d'atteindre le réseau d'eaux pluviales ou les eaux souterraines ;

- mise à disposition de dispositifs de lutte contre l'écoulement de polluants ;

- gestion des eaux pluviales en phase chantier afin d'interdire leur pénétration dans les forages ;

- évacuation des déblais de forage ;

- en fin de travaux, rebouchage des ouvrages conformément aux règles de l'art et en respectant la norme NF X10-999. Les puits seront notamment comblés par un matériau inerte au droit de la zone saturée puis par une cimentation jusqu'en surface. Les pointes filtrantes seront quant à elles arrachées, les vides seront alors remblayés par un matériau inerte (en terrain consolidé). Pour les tranchées, les drains seront si possible arrachés, sinon, ils seront laissés en place.

Par ailleurs, en zone inondable, l'organisation du chantier prendra en compte le risque d'inondation par crue et des têtes étanches seront mises en place sur les puits de pompage.

Dans l'hypothèse d'un déversement accidentel d'un produit potentiellement polluant (hydrocarbures par exemple), un protocole de réaction pour le bon déroulement de l'intervention sera élaboré et scrupuleusement respecté en cas de crise. Il sera basé sur les principes suivants :

- arrêt de la source de pollution ;

- confinement des déversements et récupération immédiate, par terrassement, du maximum de terres polluées ;

- stockage immédiat et provisoire de ces terres sur une aire ou une benne étanche ;

- arrêt immédiat des postes à proximité de la zone de sinistre ;

- avertissement du maître d'ouvrage et des administrations compétentes, avec description sommaire de l'accident et évaluation du risque ;

- intervention d'une entreprise spécialisée pour l'évacuation des terrains pollués.

Une personne formée à l'appréciation du risque accidentel et capable d'organiser les premières interventions sera présente sur chaque site au cours des travaux de forage.

Des produits absorbants et membranes étanches seront tenus à disposition sur les différents sites pour les interventions d'urgence.

Enfin, tout incident ou accident ayant porté ou susceptible de porter atteinte à la qualité des eaux et les premières mesures prises pour y remédier seront déclarés au préfet dans les meilleurs délais.

c. *Présentation des principaux dispositifs qui pourront être mis en œuvre*

- ***Puits de pompage***

La mise en place de puits de pompage est une technique d'épuisement de fouille particulièrement adaptée aux aquifères perméables et productifs comme la nappe de la Craie au niveau de la boutonnière de Boulogne-Billancourt.

Les puits de pompages seront réalisés à l'intérieur des enceintes de parois moulées. Leur nombre dépendra du débit d'exhaure à extraire et du débit unitaire prévisionnel par ouvrage.

Rappelons qu'en cas de pompage dans un aquifère profond, toutes les dispositions seront prises pour isoler l'aquifère cible des aquifères superficiels et ainsi éviter toute communication entre les différents aquifères traversés. Les puits de pompage seront donc conçus dans les règles de l'Art, en respectant la norme NF X10-999 « Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisées par forages » d'avril 2007, et l'arrêté interministériel du 11 septembre 2003 relatif à la rubrique 1.1.0 de la nomenclature eau (cf. chapitre 1.1).

La méthode de forage sera adaptée à la nature géologique des terrains, à la profondeur à atteindre et au diamètre souhaité. Les fluides de forage utilisés (eau, air, boue…) répondront aux exigences de la sauvegarde et de la protection de l'environnement et seront conformes aux normes en vigueur. Les diamètres de foration et d'équipement seront choisis en fonction du débit d'exhaure prévisible par ouvrage, et de la vitesse d'entrée d'eau dans les crépines qui ne devra pas dépasser 3 cm/s.

Les puits de pompage seront crépinés uniquement au droit de l'aquifère cible. Le type de crépine, la forme, et la dimension des fentes seront adaptés aux terrains pour permettre le passage de l'eau sans entrainer de particules fines du terrain après développement des ouvrages. Un massif filtrant sera mis en place autour des crépines. Il sera constitué de graviers siliceux roulés, calibrés, lavés et désinfectés. L'épaisseur de massif filtrant devra respecter les valeurs indiquées dans la norme NF X 10-999, à savoir à minima 75 mm pour un puits de pompage, et 50 mm pour des ouvrages en petit diamètre comme des piézomètres de surveillance. Afin d'éviter de contaminer l'aquifère cible par les aquifères sus jacents ou par des eaux de surface, un bouchon d'argiles sera mis en place au-dessus du massif filtrant puis l'espace annulaire sera cimenté jusqu'en surface (à l'extrados du tube plein).

Chaque puits sera équipé d'une tête de protection hors sol cadenassée et d'une dalle de propreté. Au fur et à mesure de l'avancement des terrassements, les têtes de forage seront recépées.

Suite aux travaux de forage, les puits feront l'objet d'un développement afin d'éliminer le restes des fluides de forage et les éléments fins qui colmatent naturellement le terrain. Plusieurs méthodes de développement pourront être employées (air-lift, pompage alterné, développement à la pompe...), et seront maintenues jusqu'à obtenir une eau claire.

Chaque ouvrage fera ensuite l'objet de pompages d'essai (par paliers et longue durée) afin de vérifier ses capacités de production.

Enfin, conformément à l'arrêté du 11 septembre 2003, un rapport de fin de travaux sera communiqué au Préfet dans les deux mois maximum après les travaux de forage.

- ***Pointes filtrantes***

La mise en place de pointes filtrantes est une technique adaptée aux terrains sablo-argileux peu perméables, parce qu'il est possible économiquement et techniquement d'en réaliser un maillage assez serré (faible rayon d'action d'un puits classique dans des matériaux peu perméables).

Cette technique pourra être mise en place pour pomper l'eau d'exhaure dans une enceinte de paroi moulée lorsque les terrains concernés sont plutôt sablo-argileux. Cette technique ne peut être mise en œuvre que si la baisse de niveau d'eau dans les pointes n'excède pas 6 à 7 mètres car elle fonctionne avec une pompe à vide de surface.

Dans certains cas, elle pourra également être mise en place en plus des puits de pompage au démarrage de travaux d'épuisement, afin de désaturer plus rapidement les matériaux superficiels peu perméables (remblais ou les alluvions modernes de Seine par exemple).

Une pointe filtrante est un tube métallique ou plastique percé de très fines fentes de crépine. Comme pour un puits, le choix de l'ouverture des crépines est fonction de la granulométrie des terrains. Un massif de gravier additionnel peut être également mis en place afin de filtrer les éléments fins. La longueur du tube crépiné est généralement comprise entre 0,5 et 1,5 m. La pointe est prolongée jusqu'au sol par un tube plein. En général, sur un rideau de pointes, celles-ci sont espacées de 1 à 2 mètres environ (pour des matériaux fins comme les sables de Fontainebleau par exemple). Souvent, les pointes sont mises par lançage ou par forage. Le diamètre d'une pointe est de quelques centimètres (5 à 6). Elles sont branchées sur un collecteur, lui-même relié sur une pompe à vide.

La hauteur maximum d'aspiration d'une pointe filtrante est de l'ordre de 6-7 mètres (limite physique). Ainsi, en cas de terrassements sur des hauteurs importantes, les pointes filtrantes devront être réalisées à partir d'une cote de pré-terrassement calée au-dessus du niveau statique de la nappe. Et en cas d'épuisement sur des hauteurs importantes (supérieures à 4 m), il conviendra d'envisager plusieurs étages successifs ou privilégier des puits de pompage.

- ***Tranchées drainantes***

La mise en œuvre de tranchées drainantes est une technique qui peut être envisagée pour pomper dans des terrains tendres, seule ou en complément des deux techniques présentées précédemment (puits de pompage / pointes filtrantes). Cette technique est souvent utilisée pour récupérer l'eau résiduelle à faible profondeur sous le fond de fouille.

Il peut s'agir soit de tranchées drainantes périmétriques, soit d'un réseau de tranchées longitudinales. Généralement réalisées à la haveuse, elles disposent d'une largeur d'environ 0,6 m pour une profondeur maximale comprise entre 6 et 8 m maximum. Les tranchées sont équipées au fond d'un drain crépiné de diamètre adapté au débit à drainer, mis en place dans un massif de gravier filtre siliceux. Comme pour les puits et les pointes filtrantes, le choix de l'ouverture des crépines et la taille du massif filtrant est fonction de la granulométrie des matériaux traversés. Au-dessus du massif, les tranchées seront remblayées à la bentonite, jusqu'en surface, afin de préserver les eaux souterraines de toute infiltration d'eau de surface.

Toutes ces techniques sont classiques et sont couramment mises en œuvre par les entreprises spécialisées en épuisements de fouilles.

Enfin, rappelons que quel que soit le dispositif d'exhaure mis en place, des piézomètres de surveillance seront mis en place à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes de parois moulées, afin de suivre les niveaux d'eau tout au long de la phase d'épuisement. Ce suivi sera exercé en continu à l'aide de sondes de mesures automatiques dans un réseau piézométrique constitué à minima de deux ouvrages par site et par aquifère impacté.

1.6.2.4 Effets piézométriques liés à la construction du tunnel en phase travaux

Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au tunnelier qui est une méthode ne nécessitant aucun pompage. En effet, la pressurisation du front de taille fait obstacle à l'entrée de l'eau dans le tunnel. La mise en place de voussoirs en béton avec injection de mortier permet d'assurer l'étanchéité en arrière de la machine.

La technique du tunnelier permet d'éviter tout rabattement de nappe en créant une paroi étanche à l'avancement de l'excavation, du fait de la mise sous-pression de la chambre d'abattage.

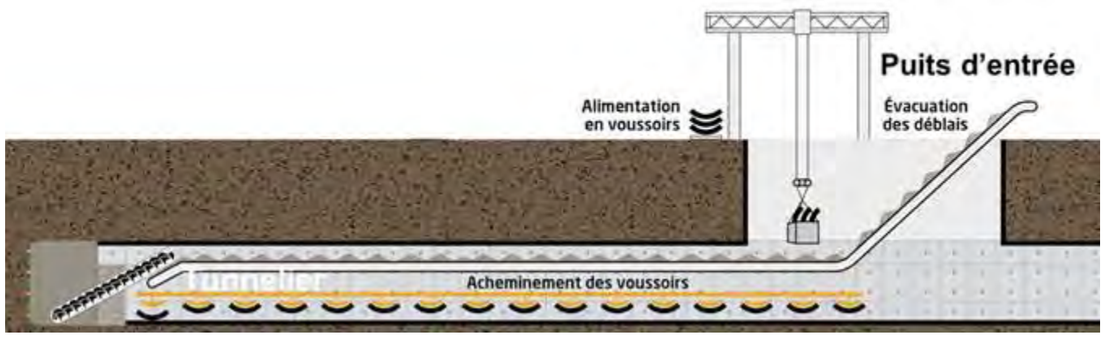


Schéma de la construction du tunnel avec la technique du tunnelier

La construction du tunnel ne présente donc pas d'impact sur les nappes souterraines en phase travaux.

1.6.2.5 Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la construction des ouvrages en phase travaux

Durant la phase chantier, et malgré les dispositions constructives prises pour limiter les débits d'épuisement (parois moulées, jupes injectées, bouchons injectées), des débits non négligeables d'eau souterraines seront nécessairement prélevées pendant la phase de travaux. Par ailleurs, le planning prévisionnel global du chantier prévoit la réalisation de certaines gares voisines à la même période. Des pompages d'épuisement seront donc susceptibles d'être effectués en même temps dans un secteur géographique donné.

Pour toutes ces raisons, il a été décidé pour la Ligne 15 Sud de mettre en œuvre des modélisations hydrogéologiques en 3 trois dimensions à une échelle suffisamment large pour intégrer de possibles effets cumulés entre ouvrages. Le contexte hydrogéologique étant varié et non homogène au droit de la Ligne 15 Sud, 2 modèles hydrogéologiques mitoyens ont été réalisés :

- un premier modèle hydrogéologique situé au niveau de la boutonnière de Boulogne-Billancourt. Le secteur modélisé est caractérisé par la présence d'un seul aquifère bicouche (alluvions et Craie) très productif, une nappe à faible profondeur et l'existence de multiples exploitations d'eaux souterraines. Ce modèle permet d'évaluer les impacts du tunnel et des ouvrages depuis le puits d'accès du tunnelier de l'île Monsieur jusqu'à la gare Issy RER ;

- un second modèle dont l'extension latérale est comprise entre la rive droite de la Seine à Issy-les-Moulineaux et le versant sud de la Marne vers Noisy-le-Champ. Ce modèle comprend deux secteurs distincts :

  - le secteur Ouest entre Issy-Les-Moulineaux et la Bièvre est caractérisé par la présence de la nappe des Calcaires Grossiers partiellement saturée et de productivité modérée ; le tunnel et les ouvrages traverseront cette nappe ;

  - le secteur Est entre la vallée de la Bièvre à l'ouest et le versant sud de la Marne vers Noisy-le-Champ, caractérisé par la présence d'un aquifère productif et captif constitué par les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier sous couvert des formations plus récentes comme les Sables de Beauchamp et les Calcaires de Saint-Ouen puis les alluvions de la Seine et de la Marne. Compte tenu de la position profonde du projet, les débits d'épuisement attendus sont assez importants malgré les solutions de réduction prévues. Dans ce secteur de plaine alluviale, le niveau de la nappe est par ailleurs peu profond.

Ces deux modèles ont été réalisés afin de permettre de quantifier les effets piézométriques attendus liés aux pompages d'épuisement en phase travaux pour toutes les gares présentant des débits d'épuisement non négligeables. Cela concerne les gares situées sur les secteurs de la boutonnière de Boulogne-Billancourt et de la plaine de Vitry.

Les deux modèles ont été construits sur la base du logiciel FEFLOW 6.2 qui est un code de calcul numérique aux éléments finis, basé sur un maillage triangulaire Ce type de maillage est particulièrement bien adapté aux projets de construction souterrains car il permet une représentation fine des structures enterrées comme les parois moulées.

La modélisation hydrogéologique comprend 4 principales étapes :

- la schématisation conceptuelle ;
- la construction ;
- le calage ;
- les simulations.

La schématisation conceptuelle consiste à analyser le contexte hydrogéologique au regard du projet afin de déterminer, entre autres :

- l'étendue du modèle à construire ;
- les couches qui doivent être représentées ;
- les conditions à appliquer aux bordures du modèle et à l'intérieur (cours d'eau en relation avec les eaux souterraines par exemple).

Il a été décidé la construction de modèles vastes permettant la prise en compte de possibles effets cumulés entre pompages d'épuisement, les relations nappe-rivière, les relations entre aquifères superposés et la présence d'exploitations d'eau souterraine constituant un enjeu vis-à-vis de l'effet piézométrique possible des débits d'épuisement.

La construction du modèle consiste à représenter la géométrie des différentes couches « hydrogéologiques » qui jouent un rôle dans les écoulements à représenter. Cette géométrie a été représentée de manière précise au droit du tracé grâce à l'apport des sondages des missions géotechniques G1 et G2. Pour le reste des domaines modélisés, les sondages de la banque de données du sous-sol ont été analysés et interprétés de sorte à pouvoir interpoler la géométrie des couches sur tout le domaine modélisé. Le maillage du modèle est également dessiné lors de cette phase de construction (éléments de calcul plus fins aux bordures des ouvrages et plus larges dans les secteurs les plus éloignés du modèle). Enfin, des propriétés hydrogéologiques, comme la perméabilité, sont attribuées à chacune des couches modélisées. Ces paramètres sont initialement définis sur la base d'une synthèse de l'ensemble des données existantes dans le secteur d'étude. Les sources de données principales qui ont été exploitées sont les données issues de la thèse d'Aurélie Lamé, les données issues des archives de BURGEAP et les résultats des pompages d'essai menés lors des missions de reconnaissance géotechnique par la Société du Grand Paris.

Le calage consiste à restituer avec le modèle un état piézométrique de référence déterminé pour chaque couche hydrogéologique sans le projet. Ces états piézométriques de référence ont été définis grâce aux mesures piézométriques réalisées lors des missions géotechniques G1 et G2 complétées par des données bibliographiques (résultats de mesures piézométriques issus de la BSS et des archives de BURGEAP). La première étape de calage est effectuée en régime permanent, c'est-à-dire que en simulant un état stable. L'état piézométrique de référence est considéré comme un état stabilisé, sans effets transitoires dus par exemple à l'arrêt de pompages ou une crue de la Seine. En cas de divergence entre l'état piézométrique de référence et l'état piézométrique simulé, certains paramètres sont ajustés (par exemple les perméabilités) afin d'obtenir une représentation satisfaisante de l'état piézométrique de référence. Les ajustements se doivent d'être réalisés dans des limites « raisonnables », définis grâce à l'analyse des données sources concernant les paramètres. Certains paramètres sont bien connus d'autres moins car difficile à mesurer sur le terrain. En complément de cette étape de calage en régime permanent, des calages en régime transitoire reproduisant les effets piézométriques liés au passage de crues de la Seine ont été réalisés. Cette fois ci, l'objectif consiste à reproduire avec le modèle l'évolution piézométrique dans le temps. Le facteur de colmatage des rivières est le principal paramètre du modèle permettant d'ajuster le modèle à ces observations. .

Enfin, l'étape de simulation consiste à intégrer dans le modèle les structures enterrées du projet (tunnel, parois moulées, jupes et fonds injectés). La perméabilité des éléments représentant ces structures sont adaptées (perméabilité très faibles pour le tunnel et les parois moulées, et modérément faibles pour les jupes et fonds injectés). Pour la phase travaux, un dénoyage des ouvrages concernés est simulé en imposant dans le modèle la cote d'épuisement souhaitée. Le modèle restitue le débit nécessaire à cet épuisement et permet de visualiser l'effet piézométrique résultant (abaissement du niveau des nappes par exemple).

Les simulations ont été effectuées en régime permanent qui suppose des pompages de durée infinie. Cette approche tend à surestimer les impacts car les pompages d'épuisement seront en réalité temporaires.

En complément de l'étape de simulation, des tests de sensibilité sont réalisés sur certains paramètres hydrodynamiques de sorte à quantifier l'influence de ces paramètres sur les résultats. En effet, certains paramètres sont bien connus d'autres moins car difficiles à mesurer sur le terrain. Les tests de sensibilité sont réalisés dès l'étape de calage ou avec un scénario de simulation. De nombreux tests ont été réalisés en particulier avec le modèle 2 au niveau de la plaine de Vitry car de nombreux paramètres hydrodynamiques entrent en jeu dans ce secteur.

Dans le secteur de plaine de Vitry, les simulations de l'effet piézométrique ont été réalisées en retenant un cas probable et un cas extrême sur les débits d'épuisement nécessaires à la mise hors d'eau du chantier. Le cas probable traduit l'effet piézométrique attendu en retenant des performances normales pour les dispositions constructives prévues pour limiter les débits d'épuisement tels que les jupes et les fonds injectés. Le cas extrême tient compte de performances dégradées de ces dispositifs en raison d'aléas géologiques susceptibles d'influer sur la performance et la qualité des injections. Le cas extrême est celui intégrant les débits d'épuisement retenus par les maitres d'œuvre.

Le secteur de la boutonnière de Boulogne étant bien connu et présentant peu d'aléas géologiques, il n'a pas été nécessaire de réaliser des simulations avec plusieurs cas de figure sur la performance attendue des dispositions constructives permettant de limiter les débits d'épuisement.

Aucune simulation spécifique n'a été réalisée pour la phase définitive car les débits d'infiltration prévus sont trop faibles pour engendrer des impacts significatifs.

En complément de ces modèles et pour le cas particulier de la gare de Bry-Villiers-Champigny qui présente un débit d'épuisement significatif en phase travaux dans une nappe superficielle (Eocène supérieur), l'impact piézométrique du pompage d'éopuisement a été évalué par calcul semi-analytique grâce au logiciel TIGRE (BRGM).

Le logiciel TIGRE (Théorie des Images dans une Géométrie Rectangulaire) permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements résultant d'un ensemble de puits de pompage situés dans une nappe souterraine homogène. La méthode basée sur la théorie des images, utilise une solution analytique : les calculs sont réalisés directement, sans aucune discrétisation du temps ou de l'espace, par superposition de l'influence de chaque puits et limite selon la formule de Theis.La modélisation numérique permet d'évaluer les effets sur les niveaux de nappe des débits d'épuisement. L'impact, quant à lui est évalué en déterminant les conséquences de ces modifications piézométriques sur :

- les phénomènes de tassement au sein des couches sensibles et donc sur les risques de désordre sur le bâti ;
- les risques d'accélération des processus de dissolution de gypse ;
- la migration d'éventuels polluants ;
- la ressource en eau et les exploitations d'eau souterraine.

Certaines conséquences peuvent être évaluées de manière assez précise sur la base de formules analytiques simples. C'est par exemple le cas de l'évaluation du tassement consécutif à une baisse piézométrique. D'autres phénomènes comme le risque de dissolution du gypse sont par contre plus difficiles à évaluer quantitativement. Dans ce cas une approche qualitative est proposée.

Une présentation simplifiée de chaque modèle et de la démarche utilisée est présentée en première partie de chacun des secteurs associés.

1.6.2.6 Impacts hydrogéologiques sur le secteur de la boutonnière de Boulogne (Modèle 1) – Annexe 4

a. *Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la construction des ouvrages en phase travaux*

Modèle conceptuel et limites du domaine

Les limites du domaine hydrogéologique considéré sont représentées sur les figures ci-contre. L'extension du modèle répond à une logique hydrogéologique (limites d'alimentation sur tout le pourtour du modèle, excepté au nord où l'extension est superposée à une ligne de séparation des eaux, c'est-à-dire une limite sans apports).

Le domaine hydrogéologique ainsi délimité représente environ 6,2 km de long sur 5,5 km de large, soit une surface de l'ordre de 34 km².

À l'intérieur même du domaine hydrogéologique, les alluvions anciennes et la craie se comportent, du point de vue piézométrique, comme un seul et même aquifère, à l'exception des zones, au nord, où ces deux formations sont séparées par les Marnes de Meudon et les Argiles Plastiques.

Les sorties d'eau du domaine hydrogéologique considéré sont la Seine, les prélèvements pour l'alimentation en eau (géothermie essentiellement) et surtout les drainages de mise hors d'eau d'infrastructures (RATP, parkings souterrains, autres infrastructures).

Les échanges entre la nappe et la Seine sont contrôlés par le paramètre de colmatage, spécifié le long des berges et du lit du fleuve. La valeur du facteur de colmatage a fait l'objet, entre autres, du calage du modèle.

La Seine a été représentée comme un potentiel imposé à la cote 26,73 m NGF (hors crue).

Enfin, les prélèvements connus et déclarés ont été pris en compte dans le modèle hydrogéologique. Les prélèvements connus mais non déclarés ont également été pris en compte. Des prélèvements en nappe supplémentaires ont dû être imposés de manière à reproduire correctement les dépressions piézométriques observées au centre de la boucle de Boulogne.



Limites du domaine modélisé
(Source : BURGEAP)

Couches géologiques représentées

Le modèle géologique comprend toutes les couches géologiques situées entre le terrain naturel et la craie. Il comprend donc les unités stratigraphiques suivantes :

- Alluvions modernes ;
- Alluvions anciennes ;
- Argiles Plastiques (érodées au droit du projet) ;
- Marnes de Meudon (érodées au droit du projet) ;
- Craie fracturée perméable ;
- Craie saine peu perméable.

La base du modèle géologique est donc constituée par la Craie peu perméable.

Une synthèse géologique à l'échelle de l'ensemble de la boucle de Boulogne a été établie sur la base des éléments suivants :

- données issues des reconnaissances géologiques G1 et G2 menées par la SGP au droit du tronçon ;
- base de données de la BSS ;
- archives internes de Burgeap.

Sur la base de ces données, les altitudes du toit et du mur de chacune des unités stratigraphiques précédemment citées ont été cartographiées et introduites dans la géométrie du modèle.

Le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt est caractérisé par la présence de nombreuses infrastructures souterraines atteignant la nappe (parking de bureaux notamment). Une représentation dans le modèle des infrastructures souterraines, en particulier au droit des ZAC de Boulogne-Billancourt et d'Issy-Les-Moulineaux a donc été réalisé afin de prendre en compte l'existence d'obstacles aux écoulements souterrains. Le recensement des infrastructures a été réalisé sur la base des archives de BURGEAP qui a suivi de nombreuses études dans ces secteurs.

Opérations de calage du modèle

Une opération de calage en régime permanent a consisté à reproduire une piézométrie de référence pour la nappe des alluvions et de la craie. Cette piézométrie de référence est jugée stable car elle a été mesurée en l'absence notamment d'une crue de la Seine.

Ce calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres, dont :

- la perméabilité horizontale des alluvions anciennes et de la craie fracturée ;
- les volumes pompés par des puits « fictifs », justifiés par la présence d'importantes dépressions piézométriques.

Le calage en régime permanent suppose les hypothèses suivantes :

- les paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des couches géologiques sont homogènes dans l'espace à l'exception de la craie fracturée ;
- la perméabilité de la craie fracturée est variable suivant les situations : valeur faible sous recouvrement, valeur intermédiaire hors recouvrement mais éloigné de la Seine, valeur forte à proximité immédiate du lit mineur de la Seine. Cette gradation de perméabilité rend compte de la progression de la fracturation de la craie plus la distance à la Seine est faible.

En complément, le modèle a été calé en régime transitoire. Le calage en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire les transmissions d'onde de crues de Seine dans l'aquifère qui ont été enregistrées en quatre points de la boucle, en bordure de Seine (Pont de Saint-Cloud, Parc André Citroën, entre le pont d'Issy et le pont de Billancourt, au pont d'Issy).

Le calage en régime transitoire a ainsi été réalisé en ajustant les paramètres suivants :

- le coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine ;
- la porosité des alluvions modernes.

En effet, outre la transmissivité de l'aquifère, qui a été calée en régime permanent, ce sont ces deux paramètres qui conditionnent essentiellement l'évolution piézométrique de la nappe du complexe alluvions-craie lorsque la Seine est sujette à une crue.

Paramètres hydrodynamiques retenus

Les valeurs de perméabilités retenues à l'issue des opérations de calage sont les suivants :

	Perméabilité horizontale (m/s)	Perméabilité verticale (m/s)
Alluvions modernes	1.10^{-5}	5.10^{-7}
Alluvions anciennes	3.10^{-3}	1.10^{-4}
Argiles plastiques de l'Yprésien	6.10^{-5}	2.10^{-9}
Marnes de Meudon	$1,7.10^{-5}$	$1,7.10^{-6}$
Craie perméable	3.10^{-3}	3.10^{-3}
Craie peu perméable	5.10^{-6}	5.10^{-6}

Paramètres hydrodynamiques des formations géologiques
(Source : BURGEAP)

Les opérations de calage en régime transitoire ont par ailleurs conduit à la mise en place d'un colmatage géographiquement différencié entre l'amont de l'ile Seguin d'une part et l'aval de l'ile Seguin. L'importance des pompages en nappe dans le secteur amont de l'île Seguin, auraient vraisemblablement attirés des particules fines de la Seine vers l'aquifère et auraient donc accroit le colmatage du lit de la Seine.

	Coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine (s^{-1})
Amont de l'ile Seguin	8.10^{-8}
Aval de l'ile Seguin	1.10^{-5}

Facteur de colmatage de la Seine obtenu après calage du modèle en régime transitoire
(Source : BURGEAP)

Les paramètres hydrodynamiques retenus à la fin du processus de calage traduisent bien la forte productivité de l'aquifère de la craie et des alluvions dans ce secteur et sont tout à fait cohérents avec les résultats des multiples pompages d'essai dont dispose BURGEAP.

Un pompage d'essai mené pour le compte de la SGP au droit de la gare ISSY RER est d'ores et déjà disponible. La transmissivité de la craie a été déterminée entre 5,5 10^{-2} m²/s et 9.10^{-2} m^2/s suivant les piézomètres d'observation ce qui conduit à une perméabilité moyenne de craie comprise entre $4,5.10^{-3}$ m/s et $7,5.10^{-3}$ m/s. Ces valeurs confirment la très bonne perméabilité de la craie.

Les valeurs issues du pompage d'essai sont supérieures à la valeur retenue dans le modèle. Il est possible toutefois que la perméabilité de la craie déterminée par pompage d'essai soit légèrement surestimée, du fait notamment que l'interprétation du pompage d'essais est fait abstraction de l'influence probable des alluvions.

Des informations plus détaillées et complémentaires sur le modèle n°1 peuvent être consultées dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe 4.

b. Effets piézométriques liés à la réalisation des pompages d'épuisement en phase travaux et impacts directs sur les exploitations d'eaux souterraines

- ***Présentation des simulations***

Sur ce secteur, des pompages d'épuisement significatifs en phase travaux seront réalisés pour la construction des gares Pont-de-Sèvres et Issy-RER et de leur émergences et connexions. Pour mémoire, il a été évalué par le maître d'œuvre un débit de pompage d'épuisement de 85 m^3/h pour la gare Pont-de-Sèvres et de 45 m^3/h pour la gare Issy-RER (connexions et émergences comprises). Ces deux ouvrages sont situés dans un contexte hydrogéologique analogue représenté par un aquifère bi-couches très productif d'alluvions anciennes de Seine et de craie.

Les solutions constructives prévues et les principales caractéristiques des ouvrages sont rappelées dans le tableau suivant :

	Solution constructive retenue pour limiter le débit d'épuisement	Cote et hauteur de dénoyage de la nappe à l'intérieur des parois moulées	Débit d'épuisement estimé (avec connexions)
Gare Pont-de-Sèvres	Parois moulées ancrées de 20 m dans la craie saine	Dénoyage à -5 NGF soit sur une hauteur de 32 m	85 m^3/h
Gare Issy-RER	Parois moulées ancrées de 16 m dans la craie saine	Dénoyage à 7 NGF soit sur une hauteur de 19 m	45 m^3/h

Caractéristiques principales des pompages d'épuisement des gares du secteur de la boutonnière de Boulogne

Les simulations effectuées pour évaluer l'impact de ces deux gares ont été réalisées en reproduisant dans le modèle les caractéristiques techniques énoncées ci-avant à savoir la profondeur d'ancrage des parois moulées et la cote d'épuisement à atteindre.

Les simulations ont été réalisées sur la base des hypothèses suivantes :

- les parois moulées sont représentées par des mailles de perméabilité très faible dans la mesure où celles-ci sont pratiquement imperméables. Le débit d'épuisement est restitué en appliquant à l'intérieur des parois moulées une cote de dénoyage imposée à la nappe ;
- les simulations ont été réalisées en régime permanent uniquement et pour un niveau de Seine normale étant entendu qu'il s'agit du cas le plus défavorable vis-à-vis des exploitations d'eau souterraine ;
- le planning prévisionnel des travaux prévoit la réalisation de ces deux gares de manière concomitante. Les simulations ont donc été réalisées en appliquant le dénoyage maximal au sein de chacune des deux gares de sorte à évaluer les éventuels effets cumulés entre elles ;
- les ouvrages annexes du secteur ne seront pas à l'origine de débits d'épuisement significatifs, la durée de pompage sera de plus très courte. Ils n'ont donc pas été représentés dans le modèle car ils ne sont pas susceptibles d'engendrer des impacts significatifs.

- les structures souterraines connues occultant tout ou partie de l'aquifère sont représentées dans le modèle de sorte à évaluer les éventuels effets cumulés entre le projet et l'occupation du sous-sol. Certaines infrastructures prises en compte dans le modèle ne sont pas encore réalisées dans la mesure où elles sont encore en phase de projet. Elles ont tout de même été représentées par mesure de précaution ;

- les exploitations souterraines recensées existantes dans le secteur modélisé sont représentées. Un grand projet de géothermie sur nappe est actuellement en cours de réalisation porté par l'entreprise IDEX. Ce projet important prévoit la réalisation de 10 forages constitués de 4 forages de pompage et de 6 forages d'injection pour un débit de pointe de 1500 m^3/h. Compte tenu de l'importance de ce projet et du fait qu'il n'est pas encore en fonctionnement, deux simulations ont été réalisées : avec et sans ce projet. L'implantation des forages IDEX reste approximative.

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

- ***Résultat des simulations***

Les débits restitués par le modèle sont donnés dans le tableau suivant.

	Débit d'épuisement restitué par le modèle (avec connexions)
Gare Pont-De-Sèvres	75 m^3/h
Gare Issy-RER	50 m^3/h

Débits d'épuisement restitués par le modèle en régime permanent

Les débits d'épuisement restitués par le modèle sont tout à fait cohérents avec les évaluations réalisées par le Maître d'œuvre avec des méthodes de calcul simplifiées.

Les figures suivantes présentent l'effet piézométrique des pompages d'épuisement sur la nappe des alluvions et de la Craie. Ces figures ont été établies par comparaison entre l'état initial (sans projet) et l'état simulé avec les gares en cours de pompage. Pour l'évaluation de l'effet piézométrique tenant compte du projet IDEX (ZAC de l'Ile Seguin), un état piézométrique initial « futur » a été simulé dans un premier temps. Pour réaliser ce nouvel état de référence initial, le projet IDEX a été simulé à son régime d'exploitation maximal.

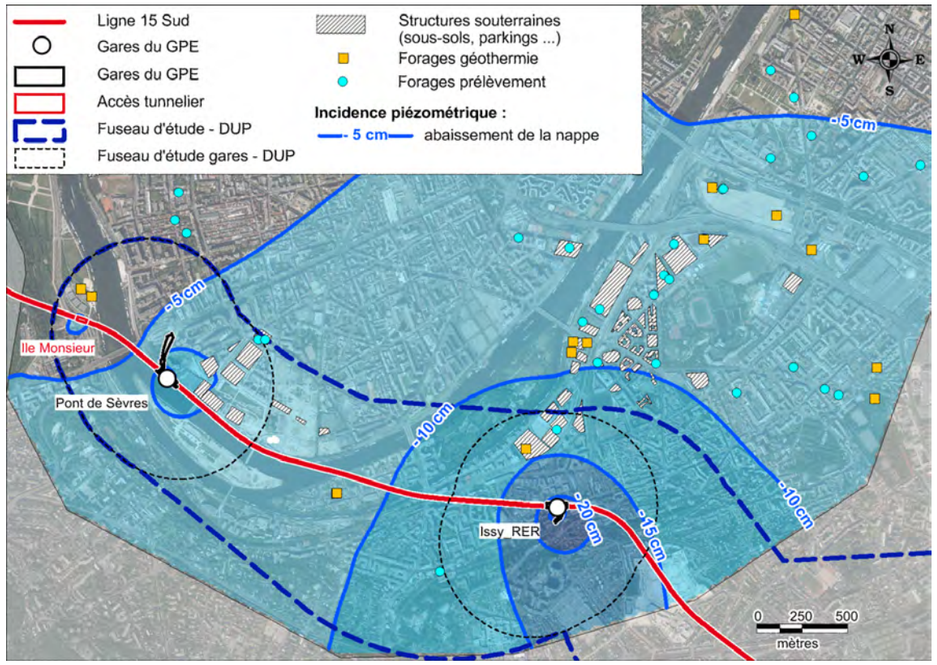
Les figures suivantes intègrent :

- les courbes d'iso-rabattement induit par le projet par rapport à l'état initial. Il s'agit de la baisse piézométrique provoquée par les pompages d'épuisement ;

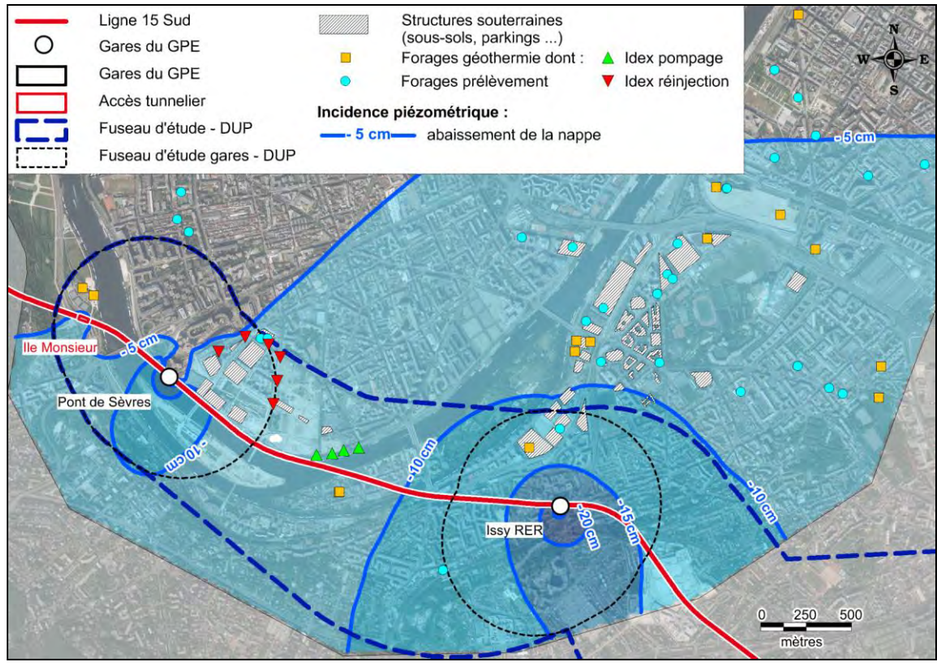
- les exploitations d'eaux souterraines représentées ;

- les infrastructures connues pénétrant dans l'aquifère.

L'abaissement de la nappe dû au pompage d'épuisement se trouve très limité au niveau de la gare de pont de Sèvres (cf. première figure de la page suivante).



Effets piézométriques des pompages d'épuisement au niveau de la boutonnière de Boulogne – Sans le projet de la ZAC de l'Ile Seguin
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement au niveau de la boutonnière de Boulogne – En considérant le projet de la ZAC de l'Ile Seguin
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Il apparait, quelques soit le scénario retenu (avec ou sans projet IDEX), que les pompages d'épuisement réalisés durant les travaux auront un impact très réduit sur le niveau de la nappe des alluvions et de la craie. En effet, à proximité immédiate des ouvrages, l'effet piézométrique ne sera que de quelques dizaines de centimètres. Il est inférieur à 10 cm sur la majorité de la boutonnière de Boulogne-Billancourt.

Le contexte hydrogéologique de ce secteur est bien connu de par les nombreux ouvrages souterrains qui ont déjà été réalisés. En conséquence, les évaluations d'impact proposées présentent une très bonne fiabilité. Les pompages d'essai en cours (notamment sur la gare de Pont de Sèvres) permettront de préciser la profondeur du toit de la craie peu perméable qui est susceptible de varier de plusieurs mètres. Ces résultats d'essai permettront notamment d'ajuster la cote d'ancrage de la paroi moulée de sorte à créer un frein sensible aux écoulements tel que simulé ici.

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

En définitive, sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, les pompages d'épuisement en phase travaux n'engendreront qu'un très faible impact piézométrique grâce à la profondeur d'ancrage des parois moulées qui permet de limiter significativement les venues d'eau à l'intérieur des ouvrages

Ainsi, aucune exploitation d'eau souterraine actuelle ou future (y compris projet IDEX) n'est menacée par les pompages qui seront réalisés en phase travaux.

Ces faibles impacts piézométriques n'auront par ailleurs aucune conséquence sur la stabilité du bâti alentour.

c. *Impacts de la baisse du niveau d'eau engendré par les pompages d'épuisement en phase travaux sur le bâti*

Certaines couches géologiques peuvent être sujettes à des phénomènes de tassement engendrés par la baisse du niveau piézométrique. Dans le secteur d'étude, c'est en particulier le cas de certaines couches superficielles comme :

- les alluvions modernes que rencontrés à proximité des cours d'eau ;
- les remblais d'anciennes gravières.

Les alluvions anciennes, sablo-graveleuses, qui sont présentes au droit des plaines alluviales sont quant à elles peu sensibles à ce phénomène de tassement.

L'objectif de cette analyse est de quantifier le tassement induit dans certaines couches sensibles à la baisse de niveau piézométrique calculée par le modèle hydrogéologique. Elle est réalisée en évaluant par calcul un tassement qui est fonction de la baisse de niveau d'eau d'une part et des propriétés géotechniques de la couche sensible d'autre part.

Le tassement est calculé tout d'abord en valeur absolue, il s'agit d'une baisse du niveau du sol en un point donné. Ensuite, le second paramètre qui est analysé est le tassement différentiel. Il s'agit de la différence de tassement entre deux points proches, il s'agit donc d'une pente. Ce critère est utilisé pour évaluer le risque associé par l'effort mécanique induit par des tassements non homogènes entre deux appuis d'un bâtiment.

Enfin, les tassements prévisionnels calculés en valeur absolue et différentiels sont comparés à des seuils de tolérance définis pour chaque type de bâti. Le risque de désordre apparaît comme faible si la valeur calculée est inférieure au seuil de tolérance.

Le risque de désordres sur le bâti engendré par des tassements est surtout conditionné par des tassements différentiels et beaucoup moins par les tassements en valeur absolue. Les tassements induits par des baisses piézométriques sont homogènes sur de grande distances car les cônes de dépression créés par les débits d'épuisement sont évasés comme l'a montré les simulations.

C'est donc principalement le critère de tolérance du bâti aux tassements différentiels qu'il convient de vérifier.

Les simulations réalisées sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt montrent que l'effet piézométrique des pompages en phase travaux sera très réduit (quelques dizaines de centimètres au maximum).

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

Aux environs proches de la gare d'Issy-RER, les formations concernées par la baisse de niveau d'eau sont des alluvions anciennes qui ne sont pas particulièrement sensibles aux phénomènes de tassement induit par une baisse de niveau de l'eau.

Au droit de la gare Pont-de-Sèvres, le niveau de la nappe phréatique baigne les alluvions modernes qui peuvent être sujettes à des phénomènes de tassement liés à une baisse de niveau d'eau. Néanmoins, compte tenu des faibles impacts attendus, il n'est pas à craindre de tassements sensibles. Par ailleurs, ce secteur et toute la ZAC Seguin ont fait l'objet récemment de nombreux pompages d'épuisement de fond de fouille de débit analogues. Les efforts mécaniques subis par les alluvions modernes liées à ces pompages divers ont donc déjà contribués à les « consolider ».

Dans le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu. Il n'y donc pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène.

d. *Impacts des pompages d'épuisement sur les migrations de pollution d'eaux souterraines*

Les pompages d'épuisement vont créer temporairement des modifications des conditions d'écoulement des nappes qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la migration des pollutions existantes en particulier au niveau des nappes alluviales superficielles.

Le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt est potentiellement concerné par ce phénomène car il présente des débits d'épuisements en phase travaux non négligeables.

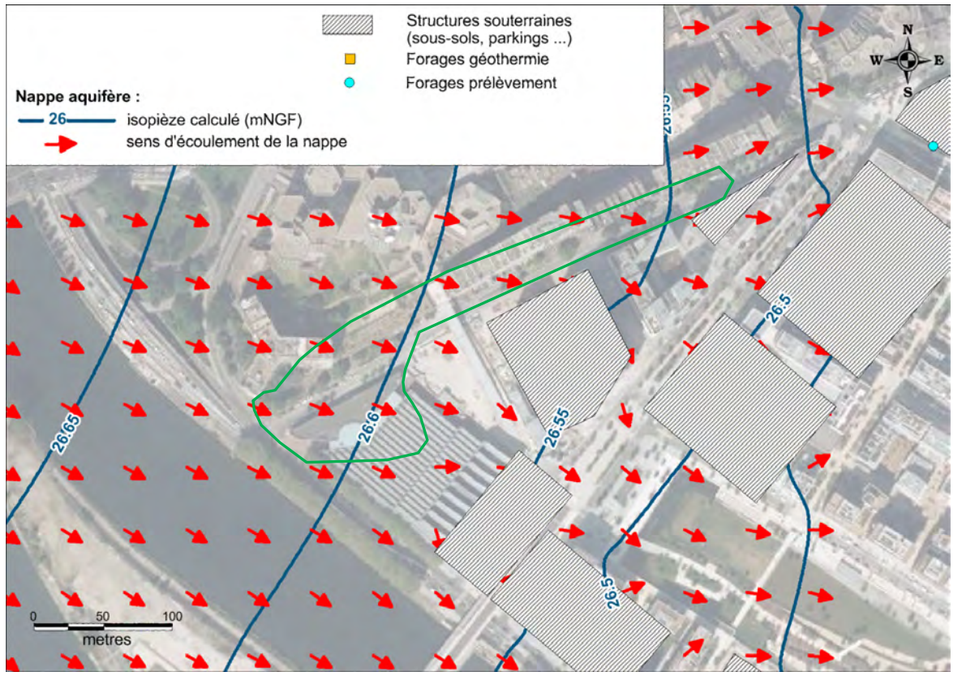
L'impact des pompages d'épuisement en termes de migration potentielle de pollutions existante a été évalué sur la base d'une analyse des modifications des conditions d'écoulement calculées avec le modèle hydrogéologique dans le secteur sensible à proximité de la gare Pont de Sèvres.

Les figures suivantes présentent les directions d'écoulement en situation initiale et en phase travaux lors des opérations de pompage à proximité de la gare de Pont-de-Sèvres où une pollution historique des eaux souterraines aux COHV a été mise en évidence grâce aux résultats des analyses d'eau publiées sur le site ADES. Cette zone potentiellement contaminée est représentée en vert sur les figures.

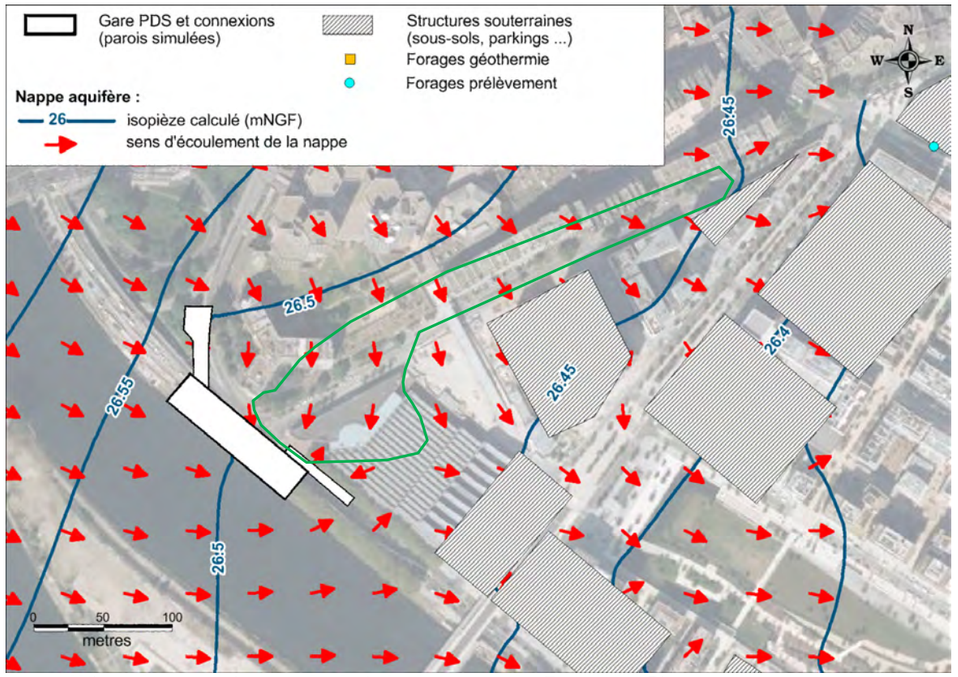
La présence de COHV à des teneurs dépassant les seuils de l'OMS est confirmée par les analyses réalisées par la Société du Grand Paris sur deux piézomètres mis en place au droit du site (cf 2.9.3.5 de la pièce B1).

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

La pollution constatée concerne la nappe des alluvions. Aucun prélèvement n'a été réalisé dans la nappe profonde dans la craie saine dans lesquelles seront ancrées les parois moulées et qui est susceptible d'être de meilleure qualité.



Directions d'écoulement à proximité de la gare de Pont de Sèvres en phase travaux - Sans le projet de la ZAC de l'Ile Seguin
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Directions d'écoulement à proximité de la gare de Pont de Sèvres en phase travaux - Sans le projet de la ZAC de l'Ile Seguin
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Le pompage d'épuisement va entraîner des modifications locales des directions d'écoulement et une partie de la zone potentiellement polluée est incluse dans le cône d'appel de la gare.

Il est donc possible que la qualité de l'eau prélevée se dégrade au cours du temps. Ceci étant, La dilution limitera nettement la contamination potentielle de l'eau d'exhaure car la zone polluée ne concerne qu'une faible partie de la zone d'appel.

De même, les analyses réalisées par la Société du Grand Paris ont mis en évidence la présence de teneur en COHV dépassant les valeurs de référence au niveau de la gare d'Issy RER, sur deux piézomètres.

Comme pour la gare de Pont de Sèvres, le pompage d'épuisement au droit de cette gare va entrainer des modifications des directions d'écoulement et donc la possibilité de migration des polluants au niveau de la gare d'Issy RER. Toutefois, la zone polluée ne concernant qu'une partie de la zone d'appel, la dilution limitera nettement la contmaination de l'eau de pompage.

La qualité de l'eau souterraine sera mesurée au droit de ces futures gares avant le début des travaux et sera régulièrement suivie au cours du pompage sur les principaux indices de pollution dont les COHV.

Si nécessaire, un traitement de type filtre à charbon actif sera mis en place sur le chantier de ces deux gares, avant le rejet.

e. <u>Conclusions sur le secteur de la boutonnière de Boulogne</u>

Sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, les pompages d'épuisement en phase travaux n'engendreront qu'un **très faible effet piézométrique**.

Aucune exploitation d'eau souterraine actuelle ou future (y compris le projet de géothermie porté par la société IDEX) n'est menacée par les pompages qui seront réalisés en phase travaux.

Dans ce secteur, aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu : il n'y donc **pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène**.

L'impact des pompages d'épuisement **en termes de migration potentielle de pollution existante** a été évalué grâce au modèle hydrogéologique (modèle 1) sur le secteur sensible, à proximité de la gare Pont de Sèvres.

La pollution constatée près de cette gare concerne la nappe des alluvions.

Le pompage d'épuisement va entraîner des modifications locales des directions d'écoulement et une partie de la zone potentiellement polluée est incluse dans le cône d'appel de la gare. Il est donc possible que la qualité de l'eau prélevée se dégrade au cours du temps. Cependant, la dilution limitera nettement la contamination potentielle de l'eau d'exhaure car la zone potentiellement polluée ne concerne qu'une faible partie de la zone d'appel.

La qualité de l'eau souterraine sera mesurée au droit de la future gare avant le début des travaux et sera régulièrement suivie au cours du pompage sur les principaux indices de pollution dont les COHV.

Si nécessaire, un traitement de type filtre à charbon actif sera mis en place sur le chantier avant le rejet.

1.6.2.7 Impacts hydrogéologiques sur le secteur d'Issy à Cachan

Ce secteur couvre la zone entre le plateau des Epinettes, à Issy-les-Moulineaux, et la rivière Bièvre, à Cachan. La réalisation des gares de ce secteur (Fort d'Issy Vanves Clamart, Chatillon-Montrouge, Bagneux et Arcueil-Cachan) et des ouvrages annexes intermédiaires ne nécessiteront pas la réalisation de pompage d'épuisement de débits significatifs. En effet, les ouvrages seront terrassés sous protection de parois moulées ancrées dans les formations peu perméables de l'Yprésien ou dans la Craie et les Marnes de Meudon sous-jacente. Les débits moyens sont tous inférieurs à 5 m^3/h pour la phase travaux.

Pour les gares Fort d'Issy–Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge et Bagneux, les parois moulées seront ancrées dans la Craie dont le niveau de nappe est inférieur au fond de fouille. Ainsi, les parois moulées constitueront un obstacle total aux écoulements souterrains.

Pour la gare d'Arcueil-Cachan, les parois moulées seront également ancrées dans la Craie dont le niveau est légèrement supérieur au fond de fouille. Sous le fond de fouille, une épaisseur résiduelles de formations peu perméables yprésiens conséquente créera un bouchon naturel hydraulique empêchant toute venues d'eaux significative.

Les ouvrages annexes situés entre ces gares auront des caractéristiques analogues.

Les analyses d'eau souterraine réalisées au droit des gares ont mis en évidence la présence de phase flottante d'hydrocarbure au sud-ouest de la gare d'Issy-Vanves-Clamart, et en aval de la gare de Bagneux (cf. 2.9.3.5 de la pièce B1) Toutefois, les débits d'épuisement étant quasi nuls au droit de ces gares, les écoulements souterrains ne seront que très peu modifiés : aucun impact sur la migration de polluants n'est donc à prévoir.

Une exploitation souterraine a été recensée dans le secteur : il s'agit du doublet géothermique captant la nappe de l'Albien au droit du Fort d'Issy. La nappe de l'Albien est considérée comme une ressource stratégique pour l'alimentation en eau potable de la ville de Paris ;certains forages à l'Albien peuvent être utilisés pour la production d'eau destinée à la consommation humaine en cas de crise. En raison de la profondeur importante de l'aquifère (aux alentours de 700 m de profondeur), la vulnérabilité de cette nappe sera considérée comme nulle pendant la phase de travaux.

Pour le secteur du plateau d'Issy à Cachan, les débits d'épuisement seront limités à l'évacuation de l'eau contenue dans les terrains en cours d'excavation. Il n'y aura pas d'impacts piézométriques en phase travaux. Aucune simulation n'apparaît donc nécessaire pour ces ouvrages.

Ces effets piézométriques négligeables n'auront donc aucun impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines.

1.6.2.8 Impacts hydrogéologiques sur le secteur du Plateau de Villejuif

Ce secteur occupe la partie centrale de l'aire d'étude, entre la vallée de la Bièvre, à Cachan, et le Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine. La réalisation des gares (Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon) et ouvrages annexes de ce secteur ne nécessite également aucun débit d'épuisement significatif.

La gare de Villejuif IGR sera réalisée sous protection d'une paroi moulée ancrée dans les Marnes d'Argenteuil empêchant les venues d'eau venant des nappes superficielles et de la nappe de Pantin. Le fond de fouille de l'ouvrage sera situé dans les Masses et Marnes du Gypse désaturées.

Pour la gare Villejuif Louis Aragon, les parois moulées seront ancrées dans les Masses et Marnes du gypse désaturées. Aucun débit résiduel n'est attendu, ainsi il n'est pas attendu de modifications locales des directions d'écoulement.

Malgrès la présence de cuves potentiellement enterrées à moins de 100 de la gare de Villejuif Louis Aragon, (cf. 2.9.3.5 de la pièce B1), aucun impact n'est à prévoir sur la migration de potentiels polluants dans la nappe.

Pour le secteur du plateau de Villejuif, les débits d'épuisement seront limités à l'évacuation de l'eau contenue dans les terrains en cours d'excavation. Il n'y aura pas d'impacts piézométriques en phase travaux. Aucune simulation n'apparaît donc nécessaire pour ces ouvrages.

Ces effets piézométriques négligeables n'auront donc aucun impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines.

1.6.2.9 Impacts hydrogéologiques sur le secteur de la Plaine de Vitry (Modèle 2) – Annexe 5

Ce secteur, occupant les vallées de la Seine et de la Marne, couvre la zone allant du Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine, jusqu'au contrebas du Parc Départemental du Plateau, à Champigny-sur-Marne. Les gares faisant partis de ce secteur sont : Vitry centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil l'Echat Saint-Maur-Créteil et Champigny centre.

Dans cette zone, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil, et sur les Calcaires Grossiers du Lutétien de Créteil à Champigny-sur-Marne.

Ce secteur présente **un niveau de sensibilité important** compte tenu :

- de la présence d'une nappe productive essentiellement contenue dans les formations du Lutétien ;
- de la présence de niveaux de gypse anté-ludien ;
- de la présence locale d'horizons sensibles aux phénomènes de tassement ;
- de la présence de zones où les eaux souterraines sont localement contaminées.

a. *Méthodologie d'évaluation des impacts liés à la construction des ouvrages en phase travaux*

Modèle conceptuel et limites du domaine

Sur tout ce linéaire, le tunnel traverse une grande partie de la série géologique parisienne et plusieurs nappes superposées :

- nappe de la Craie ;
- nappe des Sables yprésiens ;
- nappe du Calcaire Grossier et des Marnes et Caillasses ;
- nappe du Marno-Calcaire de Saint-Ouen ;
- nappe alluviale de la Seine et de la Marne en particulier au niveau de la plaine de Vitry.

Le tunnel et certaines gares interceptent également et localement des nappes plus superficielles (nappe des sables de Fontainebleau, nappe du Marno-Calcaire de Brie, nappe des Marnes de Pantin, nappe du calcaire de Champigny ou des Masses et Marnes du gypse).

Le contexte hydrogéologique est donc particulièrement riche et complexe. De fait, le modèle ne représente que les principales nappes interceptées par le projet à savoir :

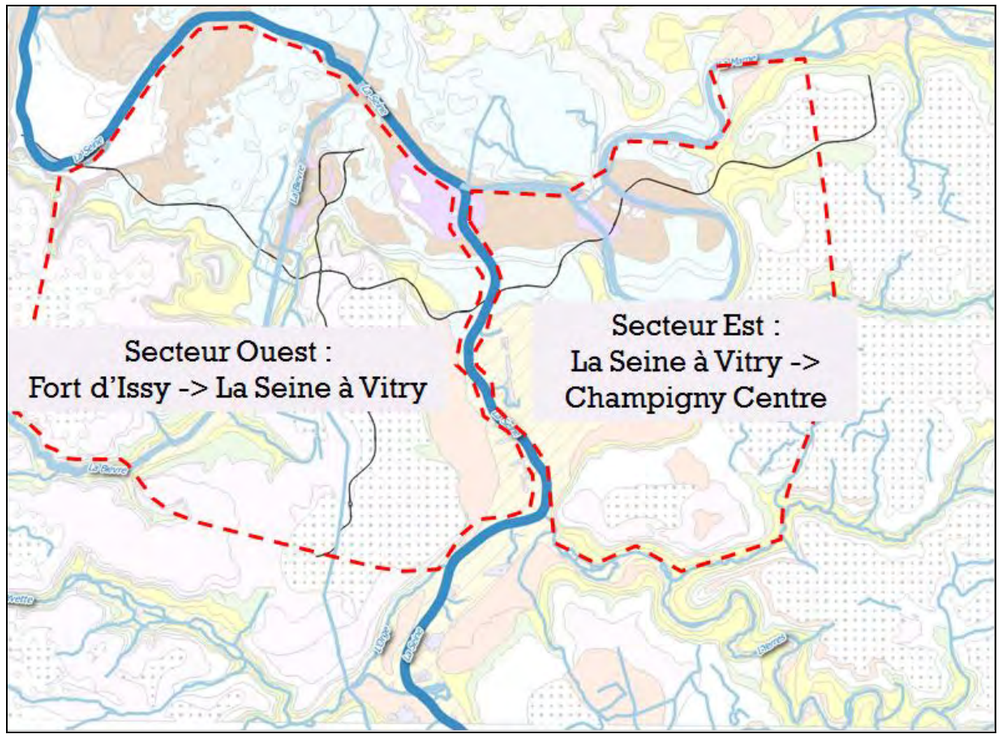
- la nappe de la Craie ;
- l'ensemble des Sables yprésiens, Calcaire Grossier et Marnes et Caillasses ;
- les nappes du Marno-calcaire de Saint-Ouen et nappes alluviales en vallées de Seine et de Marne.

Les emprises ont été choisies afin de représenter des portions suffisamment larges de la ligne dans le but :

- d'évaluer les effets cumulés éventuels des pompages résiduels en phase travaux des ouvrages ;

- mais également d'évaluer l'effet barrage du tunnel en lui-même et des gares associés.

Les limites des modèles sont des limites « naturelles » (cours d'eau, ligne de séparation des eaux, front d'alimentation d'aquifères régionaux) (cf. figure de la page ci-dessous) dans les aquifères superficiels, et des limites d'alimentation régionales dans les nappes plus profondes. La recharge par la pluie a été sectorisée suivant le contexte hydrogéologique.



Limites du domaine modélisé
(Source : BURGEAP)

Couches géologiques représentées

Le modèle permet de représenter les couches suivantes :

- unités du quaternaire (alluvions, colluvions, remblais, limons de plateau) ;
- le Marno-calcaire de Saint-Ouen et localement les couches supérieures ;
- les Sables de Beauchamp discrétisés en trois couches pour représenter les sables de Beauchamp intermédiaires de perméabilité réduite ;
- les Marnes et Caillasses ;
- les Calcaires Grossiers « supérieurs » (perméables) ;
- les Calcaires Grossiers « inférieurs » (glauconieux et peu perméables) ;
- les Sables du Cuisien et autres sables supérieurs de l'Yprésien recouvrant les Fausses Glaises ;
- les Fausses Glaises ;
- les Sables d'Auteuil ;
- les Argiles Plastiques ;
- les Sables inférieurs (comprenant également le cendrier de Paris, les niveaux graveleux ou de silex situé à la base de l'Yprésien, les horizons individualisés de sables silteux, etc.) ;
- les Marnes de Meudon ;
- la Craie fracturée ;
- la Craie saine.

Une synthèse géologique à l'échelle de l'ensemble des domaines a été établie sur la base des éléments suivants :

- données issues des reconnaissances géologiques G1 et G2 menées par la SGP au droit du tronçon ;
- base de données de la BSS ;
- archives internes de Burgeap.

Sur la base de ces données, les altitudes de chacune des unités stratigraphiques précédemment citées ont été cartographiées, de manière à disposer, pour toutes ces surfaces, de leur cote altimétrique en tout point de l'espace dans le modèle.

Opérations de calage du modèle

Le calage du modèle en régime permanent a consisté à reproduire des hauteurs piézométriques de référence établies pour les nappes alluviales, du Lutétien, de l'Yprésien et des calcaires de Meudon et de la craie. Ces piézométries de référence sont issues de l'interprétation des mesures piézométriques effectués par la SGP au droit du tronçon et des mesures disponibles dans la bibliographie (BSS et archives BURGEAP notamment).

Le calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres hydrodynamiques, dont notamment les perméabilités horizontales du Lutétien et de la craie, et les perméabilités verticales des Marnes et Caillasses, des Calcaires Grossiers glauconieux, de l'Yprésien et des Marnes de Meudon. Les paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des couches géologiques sont homogènes dans l'espace et sont les mêmes dans les deux secteurs.

Au-delà de la restitution des charges piézométriques en valeur absolue, le calage en régime permanent avait pour objectif également de restituer correctement :

- les directions et gradient d'écoulement locaux au droit de chaque gare pour les nappes concernées ;
- les différences de charge entre nappes superposées : entre nappe de la craie et nappe lutétienne d'une part et entre nappe lutétienne et nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen d'autre part. La restitution de ces différences de charge permet notamment de caler les perméabilités verticales des couches géologiques régissant les échanges verticaux entre ces nappes.
- En complément, le modèle a été calé en régime transitoire. Le calage en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire l'effet piézométrique lié au passage d'ondes de crues de la Seine et de la Marne dans l'aquifère. Ce calage requière d'ajuster les coefficients de colmatage le long des cours d'eau.

Paramètres hydrodynamiques retenus

Les principaux paramètres hydrodynamiques retenus à l'issue des opérations de calage sont les suivants :

	Perméabilité horizontale (m/s)	Perméabilité verticale (m/s)
Alluvions modernes de Seine et de Marne	5.10^{-6}	5.10^{-7}
Alluvions anciennes de Seine et de Marne	Entre $1,3.10^{-3}$ et 2.10^{-3}	Entre $1,3.10^{-4}$ et 2.10^{-4}
Marno-calcaire de Saint-Ouen	$1,8.10^{-4}$	$3,6.10^{-7}$
Sables de Beauchamp supérieurs	1.10^{-5}	1.10^{-7}
Sables de Beauchamp moyens	1.10^{-7}	5.10^{-9}
Sables de Beauchamp inférieurs	1.10^{-5}	1.10^{-7}
Marnes et Caillasses	$2,3.10^{-4}$	5.10^{-7}
Calcaire Grossier	$8,1.10^{-5}$	$8,1.10^{-5}$
Calcaire Grossier inférieur	$1,5.10^{-8}$	$1,5.10^{-9}$
Sables supérieurs	3.10^{-4}	3.10^{-5}
Fausses glaises	5.10^{-6}	5.10^{-7}
Sables d'Auteuil	3.10^{-4}	3.10^{-5}
Argiles plastiques	1.10^{-8}	1.10^{-10}
Sables inférieurs	Entre 5.10^{-6} et 4.10^{-4} suivant faciès	Entre 5.10^{-7} et 8.10^{-6} suivant faciès
Marnes de Meudon	$1,2.10^{-7}$	$1,2.10^{-9}$
Craie fissurée	Entre 2.10^{-4} et 3.10^{-3} (vallée de la Seine à Issy)	Entre 2.10^{-4} et 3.10^{-3} (vallée de la Seine à Issy)
Craie saine	5.10^{-6}	5.10^{-7}

Paramètres hydrodynamiques des formations géologiques
(Source : BURGEAP)

Les restitutions des amplitudes d'ondes de crue en nappe ont été établies en appliquant les colmatages des berges et du lit du fleuve donnés dans le tableau suivant.

Les opérations de calage en régime transitoire ont conduit à la mise en place d'un colmatage plus important vers Paris et plus faible dans les vallées de la Marne et la vallée de la Seine en amont de la confluence. Ceci est vraisemblablement lié à la présence de nombreux pompages en nappe à Paris, conduisant les fines à migrer de la Seine vers l'aquifère dont elles comblent et donc colmatent les vides.

	Coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine (s^{-1})
La Seine à Issy et Boulogne	$3,0.10^{-7}$
La Seine à Paris (en aval de la confluence Seine-Bièvre)	$4,4.10^{-7}$
La Seine à Paris (entre les confluences Seine-Bièvre et Seine-Marne)	$3,0.10^{-6}$
La Seine en amont de la confluence Seine-Marne	$1,0.10^{-5}$
La Marne	$1,3.10^{-5}$

Facteur de colmatage de la Seine et de la Marne obtenu après calage du modèle en régime transitoire
(Source : BURGEAP)

Des informations plus détaillées et complémentaires sur le modèle n° 2 peuvent être consultées dans le rapport complet de modélisation fournit en annexe.

b. *Effets piézométriques liés à la réalisation des pompages d'épuisement en phase travaux et impacts directs sur les exploitations d'eaux souterraines*

Rappel des enjeux du secteur

Les débits d'épuisement évalués sur ce secteur pour les gares et le puits tunnelier Arrighi sont significatifs malgré la mise en œuvre de solutions constructives de réduction telles que jupes et fonds injectés.

En conséquence, plusieurs simulations ont été réalisées afin de quantifier aussi précisément que possible l'effet piézométrique attendu par la réalisation des pompages d'épuisement durant la phase travaux.

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n° 2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

- ***Rappel des solutions constructives intégrées au projet pour limiter les débits d'épuisement et présentation des simulations réalisées***

Les solutions constructives prévues et les principales caractéristiques des ouvrages sont rappelées dans le tableau suivant :

	Solution constructive retenue pour limiter le débit d'épuisement	Cote et hauteur de dénoyage de la nappe à l'intérieur des parois moulées	Débit d'épuisement estimé
Gare Vitry-Centre	Parois moulées ancrées de quelques mètres au toit des Marnes et Caillasses de perméabilité réduite	Dénoyage à 20,5 m NGF soit sur une hauteur de 10m	200 m^3/h
Puits tunnelier Arrighi	Parois moulées ancrées au sein du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux formations peu perméables yprésiennes (13 m de haut et 2 m d'épaisseur)	Dénoyage à -2 m NGF soit sur une hauteur de 32m	200 m^3/h
Gare Les Ardoines	Parois moulées ancrées au toit du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur et un fond injecté de 5 m d'épaisseur	Dénoyage à 4,5 m NGF soit sur une hauteur de 26m	250 m^3/h
Gare Le Vert De Maisons	Parois moulées ancrées au sein du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux formations peu perméables yprésiennes (13 m de haut et 2 m d'épaisseur)	Dénoyage à -8 m NGF soit sur une hauteur de 37m	300 m^3/h
Gare Créteil L'Échat	Parois moulées ancrées au toit du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur et un fond injecté de 5 m d'épaisseur	Dénoyage à 11,5 m NGF soit sur une hauteur de 19m	250 m^3/h
Gare Saint-Maur Créteil	Parois moulées ancrées dans la craie saine sur 10 m sous le radier	Dénoyage à -20 m NGF soit sur une hauteur de 47m	250 m^3/h

Caractéristiques principales des pompages d'épuisement des gares du secteur de la vallée de la Seine et de Marne

La gare de Champigny-Centre ne présentera pas de débits d'épuisement significatifs car elle sera réalisée sous protection de parois moulées ancrées dans les formations peu perméables de l'Yprésien. **Elle n'a donc pas fait l'objet de simulations.**

Le puits tunnelier Arrighi a fait l'objet de simulations dans la mesure où cet ouvrage annexe a une surface importante et est susceptible de présenter un débit d'épuisement significatif. **En revanche, les autres ouvrages annexes du secteur ne seront pas à l'origine de débits d'épuisement importants et seront réalisés sur une courte durée. Ils n'ont donc pas fait l'objet de simulations spécifiques car les débits d'épuisement nécessaires pour réaliser ces ouvrages ne sont pas de nature à entrainer des impacts importants.**

Les simulations effectuées pour évaluer l'impact de la réalisation des gares ont été effectuées en reproduisant dans le modèle les caractéristiques techniques énoncées ci-avant ; à savoir la profondeur d'ancrage des parois moulées, la présence d'injections de sol et la cote d'épuisement à atteindre. La profondeur de cette cote d'épuisement est appliquée sur une couche géologique suffisamment profonde à l'intérieur de la fouille pour assurer la stabilité mécanique des horizons peu perméables éventuellement présents immédiatement sous le fond de fouille comme les sables de Beauchamp par exemple.

Les simulations ont été réalisées sur la base des hypothèses suivantes :

- Les parois moulées sont représentées par des mailles de perméabilité très faible dans la mesure où celles-ci sont pratiquement imperméables ;

- Les simulations ont été réalisées en régime permanent uniquement et pour un niveau de Seine normale étant entendu qu'il s'agit du cas le plus défavorable vis-à-vis des exploitations d'eau souterraine ;

Les débits d'exhaure retenus et présentés dans le tableau ci-avant a été calculé avec un coefficient de sécurité de l'ordre de 1,5 à 2 de manière à couvrir la possibilité d'aléas géologiques locaux ne permettant pas de réaliser des injections de qualité homogène sur toute la surface des terrains injectés. Ces aléas sont notamment des hétérogénéités de perméabilité des terrains injectés liées à la fissuration naturelle ou à la présence de vides locaux potentiellement associés au phénomène de dissolution du gypse.

Pour la gare de Vitry-Centre ne nécessitant pas la mise en œuvre d'injection, la perméabilité verticale retenue dans les Marnes et Caillasses pour évaluer le débit d'épuisement est nettement supérieure à la perméabilité usuellement rencontrée dans cette couche. Le débit d'épuisement est donc surévalué pour couvrir le risque de rencontrer localement des fissures dans les Marnes et Caillasses.

Le débit d'épuisement de la gare de Saint-Maur-Créteil dépendra également de la perméabilité naturelle locale de la craie profonde.

La craie, lorsqu'elle est recouverte d'un épais recouvrement tertiaire comme au droit de la gare Saint-Maur-Créteil, est généralement modérément productive sur une épaisseur limitée (quelques mètres) puis devient franchement peu productive car très peu fissurée.

Toutefois, des chantiers profonds d'assainissement réalisés aux alentours de l'axe de l'anticlinal de Meudon (à environ 500 mètres) ont rencontrés localement des fractures ouvertes profondes dans la craie pouvant apporter des venues d'eau significatives qui ont nécessités des traitements par injection de ciment. Ces observations ont conduit à considérer que l'existence de ces failles profondes dans la craie était une conséquence mécanique de la formation de l'anticlinal. De ce fait, le risque de rencontrer des fractures profondes est vraisemblablement conditionné par la distance à l'axe de l'anticlinal.

La gare de Saint-Maur-Créteil étant relativement éloignée de l'axe de l'anticlinal (environ 1200 mètres), l'existence de failles profondes dans la craie au droit de la gare est un aléa peu probable.

Toutefois, le débit d'épuisement en phase travaux a été évalué avec une marge de sécurité importante pour tenir compte notamment de la possible présence de craie particulièrement

productive localement. L'existence de failles profondes peut être considérée comme un phénomène localisé et qui donc n'affecterait pas la craie sur de grandes distances.

Ainsi, les débits d'épuisement annoncés pour les gares dans le tableau ci-avant reflètent des cas extrêmes liés à des aléas géologiques non prévisibles.

Pour la quantification des impacts, un premier scénario a été considéré afin d'évaluer les effets piézométriques cumulés entre ouvrages durant la période du chantier où les débits d'épuisement seront les plus importants**. Il s'agit donc de la phase du chantier la plus pénalisante en termes d'effet piézométrique à l'échelle du secteur de la plaine de Vitry**.

- Une première simulation a été réalisée avec le modèle en retenant des performances d'injection de sol et des perméabilités de terrain considérés comme vraisemblables ; il s'agit du **cas de figure probable**. Ce cas de figure conduit à des débits d'épuisement nettement inférieurs à ceux présentés dans le dossier, en raison des coefficients de sécurité retenus par les Maitres d'Œuvre.

- Dans un second temps, une simulation a été réalisée en restituant pour chaque ouvrage le débit d'épuisement sécuritaire retenu par le maître d'œuvre. Cette simulation reflète les effets piézométriques attendus dans un **cas de figure extrêmement défavorable** en termes d'aléas géologiques.

Les résultats obtenus avec ces deux cas de figure sont présentés ci-après.

L'analyse fine du planning prévisionnel du chantier a permis de définir ce scénario de simulation qui présente le plus fort débit instantanément et le plus d'effets cumulés potentiels à l'échelle du tronçon. Ceci étant, toutes les gares ne seront pas réalisées de manière concomitante. En effet, le pic de pompage d'épuisement local au droit de certaines gares est susceptible de se produire avant ou après la phase critique qui a fait l'objet de la première simulation. En conséquence, le scénario qui présente instantanément le plus gros débit d'épuisement cumulé n'est pas nécessairement celui qui est susceptible de présenter le plus d'effets piézométriques en tout point du secteur. **C'est pourquoi, 3 autres scénarios de simulation complémentaires ont été définis qui correspondent à trois autres phases du chantier permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal en tout point. Pour ces 3 autres scénarios de simulation, seul le cas de figure extrême a été considéré c'est-à-dire celui obtenu avec les débits d'épuisement sécuritaires retenus par le maître d'œuvre.**

- ***Simulation de la phase la plus critique du chantier où les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants : CAS DE FIGURE PROBABLE***

Cette situation est représentative de la période où le plus gros débit d'épuisement sera prélevé simultanément sur l'ensemble du secteur.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Cette situation prévoit donc un débit maximal d'épuisement pour les gares de Vert-de-Maisons et Créteil-L'Echat. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

Ouvrages	Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	25%	6
Puits Arrighi	pas d'épuisement (0%)	0
Les Ardoines	40%	65
Le Vert de Maisons	**100%**	102
Créteil L'Échat	**100%**	104
Saint-Maur-Créteil	pas d'épuisement (0%)	0
DEBIT TOTAL		**277**

Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage et débits d'épuisements restitués pour la phase la plus critique (cas de figure probable)

La simulation a été réalisée en retenant les paramètres hydrodynamiques suivants :

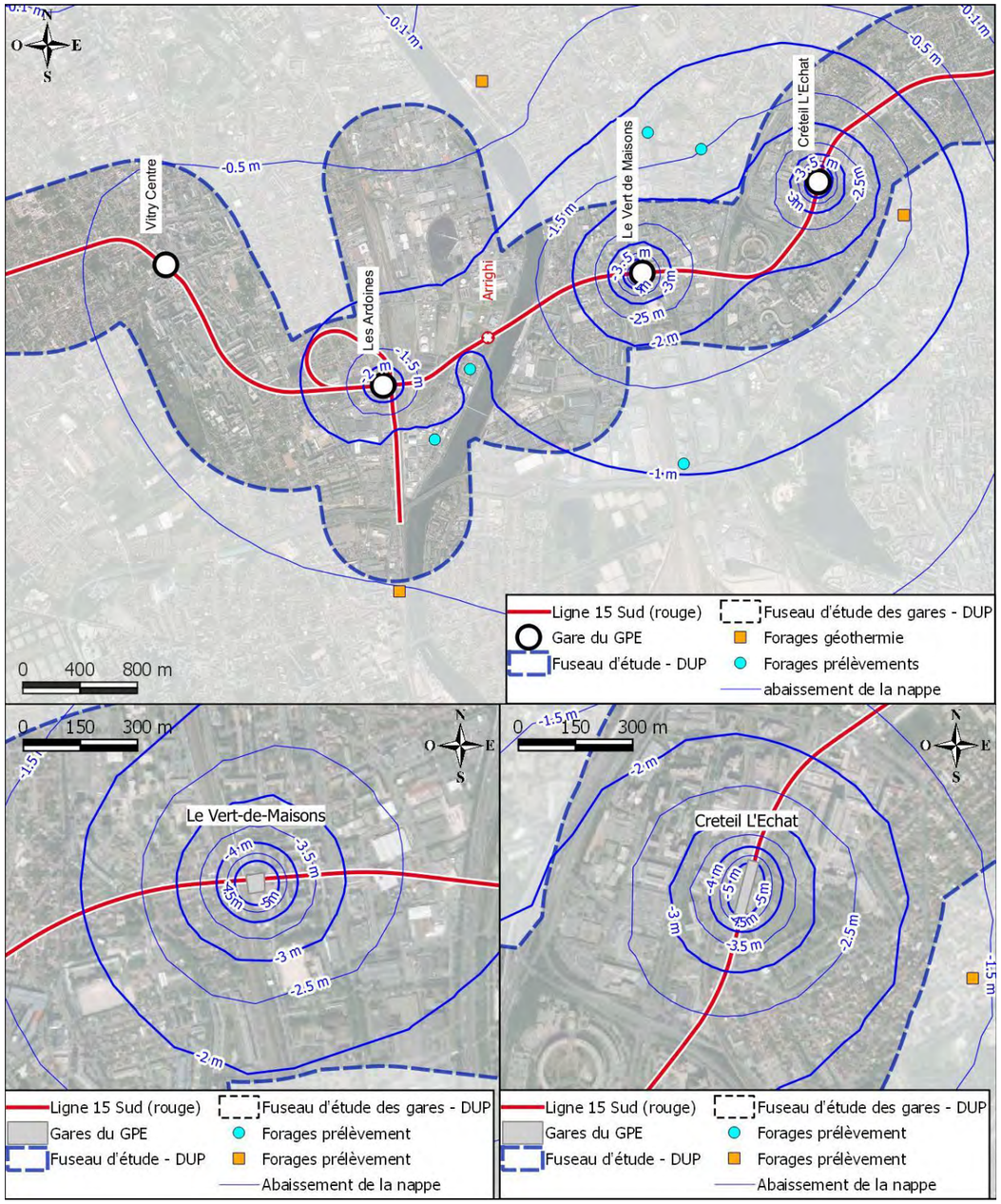
- une perméabilité vraisemblable des jupes et fonds injectés à savoir 1.10^{-6} m/s ;
- une perméabilité des parois moulées de 1.10^{-10} m/s ;
- une perméabilité verticale vraisemblable des Marnes et Caillasses obtenu après calage du modèle à savoir 5.10^{-7} m/s.

Il s'agit de paramètres vraisemblables ; les résultats de la simulation donnent donc des effets piézométriques qui sont probables.

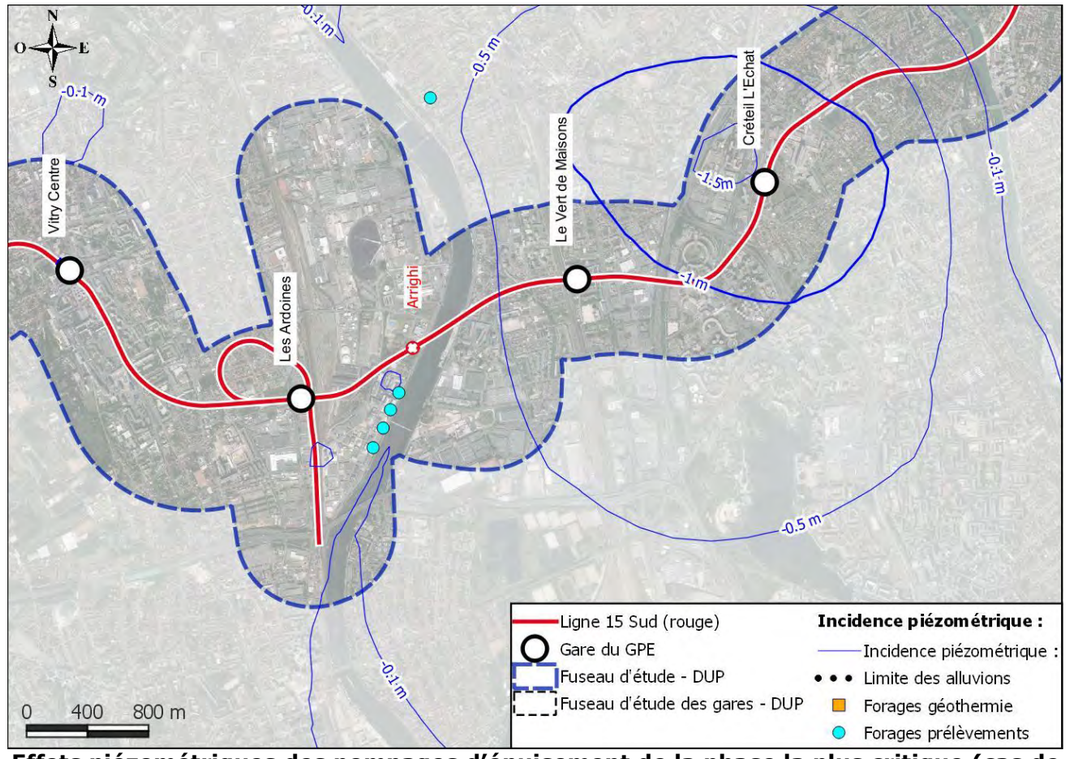
Le tableau précédent présente les débits d'épuisement restitués par le modèle. Le débit total prélevé atteint 277 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses.

Il s'agit de débits vraisemblables pour ce type d'ouvrage.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons et Créteil-l'Echât avec des abaissements atteignant 5 mètres.

Le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée de Vert-de-Maisons. Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire considérablement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées. **L'effet piézométrique est réduit significativement de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.**

Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, l'abaissement piézométrique atteint au maximum 5 mètres à proximité immédiate de l'enceinte de parois moulées dans les Calcaires Grossiers. Le dénoyage au centre des parois moulées est de 19 mètres. **Les dispositions constructives prévues que sont les parois moulées prolongées d'une jupe injectée et d'un fond injecté permettent donc de diminuer l'abaissement piézométrique à l'extérieur de la paroi moulée de manière significative.**

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 11 km^2, soit une distance autour des gares comprises entre 0,3 km (les Ardoines) et 1.5 km environ (gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique atteint 1,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le plus important de par la présence de deux débits d'épuisement conséquents sur deux gares proches.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS PROBABLE) : 277 m³/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	**Surface (Km2)**	**Débit m3/h**	**Flux mm/an**
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	1,4	31	197
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	7,8	82,2	93
Apport des cours d'eau au débit pompé	**Débit (m³/h)**		
Apport par la Seine	23		
Apport par la Marne	14		
Apport total par les cours d'eau	**37**		

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure probable)

<u>Principaux résultats du de la phase la plus critique (cas de figure probable)</u>

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 5 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L' Echât.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 0,3 km environ (Gare des Ardoines) et 1,5 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 8 km².

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne représentent environ 13 % du débit pompé.

- ***<u>Simulation de la phase la plus critique du chantier où les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants : CAS DE FIGURE EXTREME</u>***

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;
- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de 5.10^{-7} m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

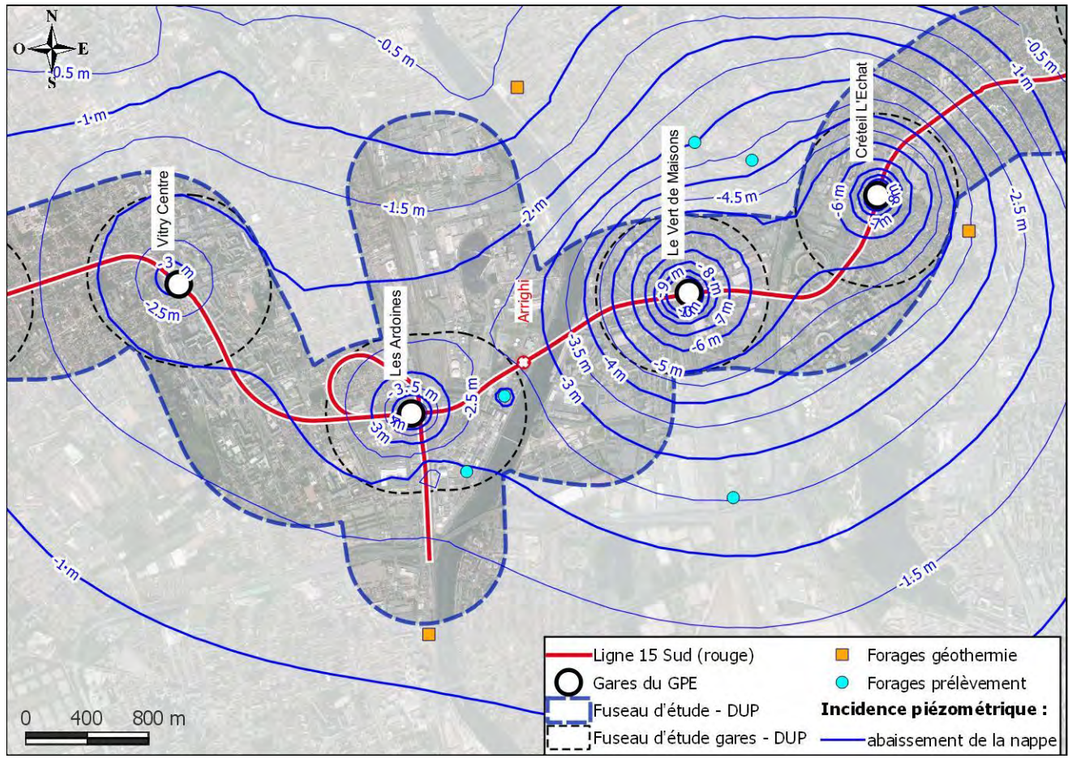
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

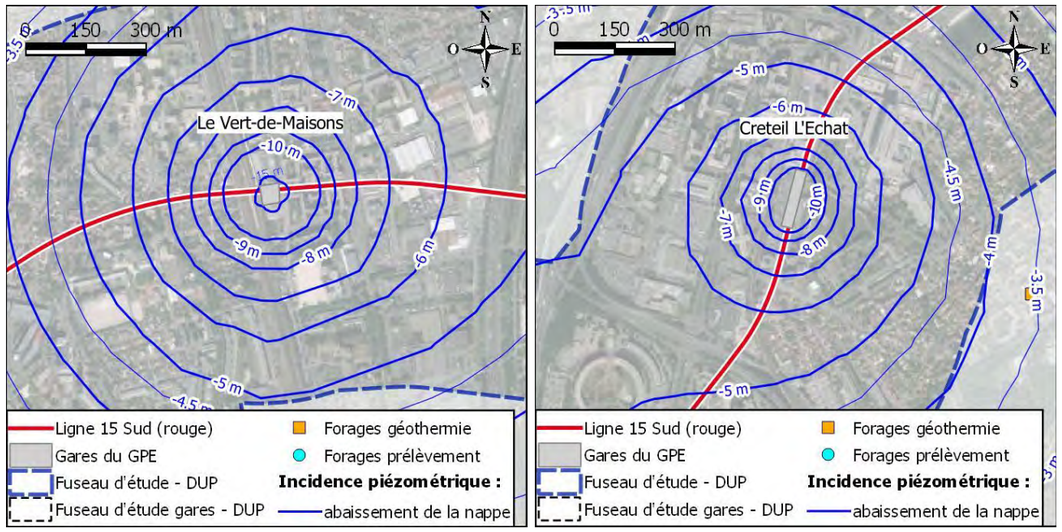
Scénario	**Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées**	**Débit d'épuisement (m³/h)**
Vitry Centre	25%	60
Puits Arrighi	0%	0
Les Ardoines	40%	105
Le Vert de Maisons	**100%**	295
Créteil L'Echat	**100%**	206
Saint-Maur-Créteil	0%	0
DEBIT TOTAL		**666**

Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage et débits d'épuisements restitués pour la phase la plus critique (cas de figure extrême)

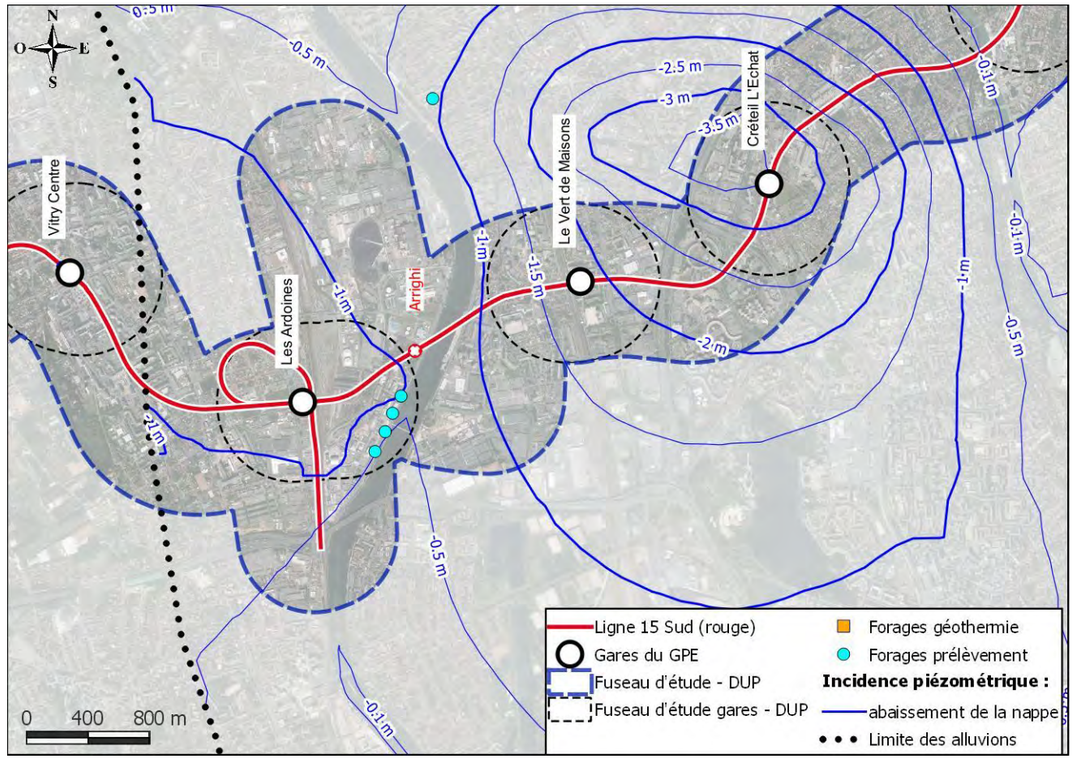
Le débit total prélevé atteint 666 m³/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.





Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure extrême) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure extrême) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons avec des abaissements atteignant 15 mètres (le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Au niveau de la gare de Vert-De-Maisons, l'effet piézométrique est réduit de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, l'abaissement piézométrique atteint au maximum 10 mètres à proximité immédiate de l'enceinte de parois moulées. Le dénoyage au centre des parois moulées est de 19 mètres. Les dispositions constructives prévues que sont les parois moulées prolongées d'une jupe injectée et d'un fond injecté permettent donc de diminuer l'abaissement piézométrique à l'extérieur de la paroi moulée.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 40 km^2, soit une distance autour des gares comprises entre 1 km (Vitry-Centre et les Ardoines) et 3 km environ (gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons. L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et

Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique atteint 3,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le plus important de par la présence de deux débits d'épuisement conséquents sur deux gares proches.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS DEFAVORABLE EXTREME) : 666 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	**Surface (Km^2)**	**Débit m^3/h**	**Flux mm/an**
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	4,0	229	506
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	15,6	412	231
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	22,5	536	209
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	39,3	667	149
Apport des cours d'eau au débit pompé	**Débit (m^3/h)**		
Apport par la Seine	114		
Apport par la Marne	41		
Apport total par les cours d'eau	**155**		

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure extrême)

Principaux résultats de la phase la plus critique (cas de figure extrême)

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 15 et 10 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L'Echât respectivement.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Vitry-Centre et les Ardoines) et 3 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 40 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 3 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne représentent environ 25 % du débit pompé.

- ***Scenario complémentaire 1 : effets piézométriques maximaux à proximité des gares de Vitry-Centre et des Ardoines : CAS DE FIGURE EXTREME***

Ce scénario complémentaire 1 prévoit un débit maximal d'épuisement pour les gares de Vitry Centre et Les Ardoines. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Ouvrages	Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu
Vitry Centre	**100%**
Puits Arrighi	pas d'épuisement (0%)
Les Ardoines	**100%**
Le Vert de Maisons	50%
Créteil L'Échat	25%
Saint-Maur-Créteil	60%

Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le Maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;
- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de 5.10^{-7} m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

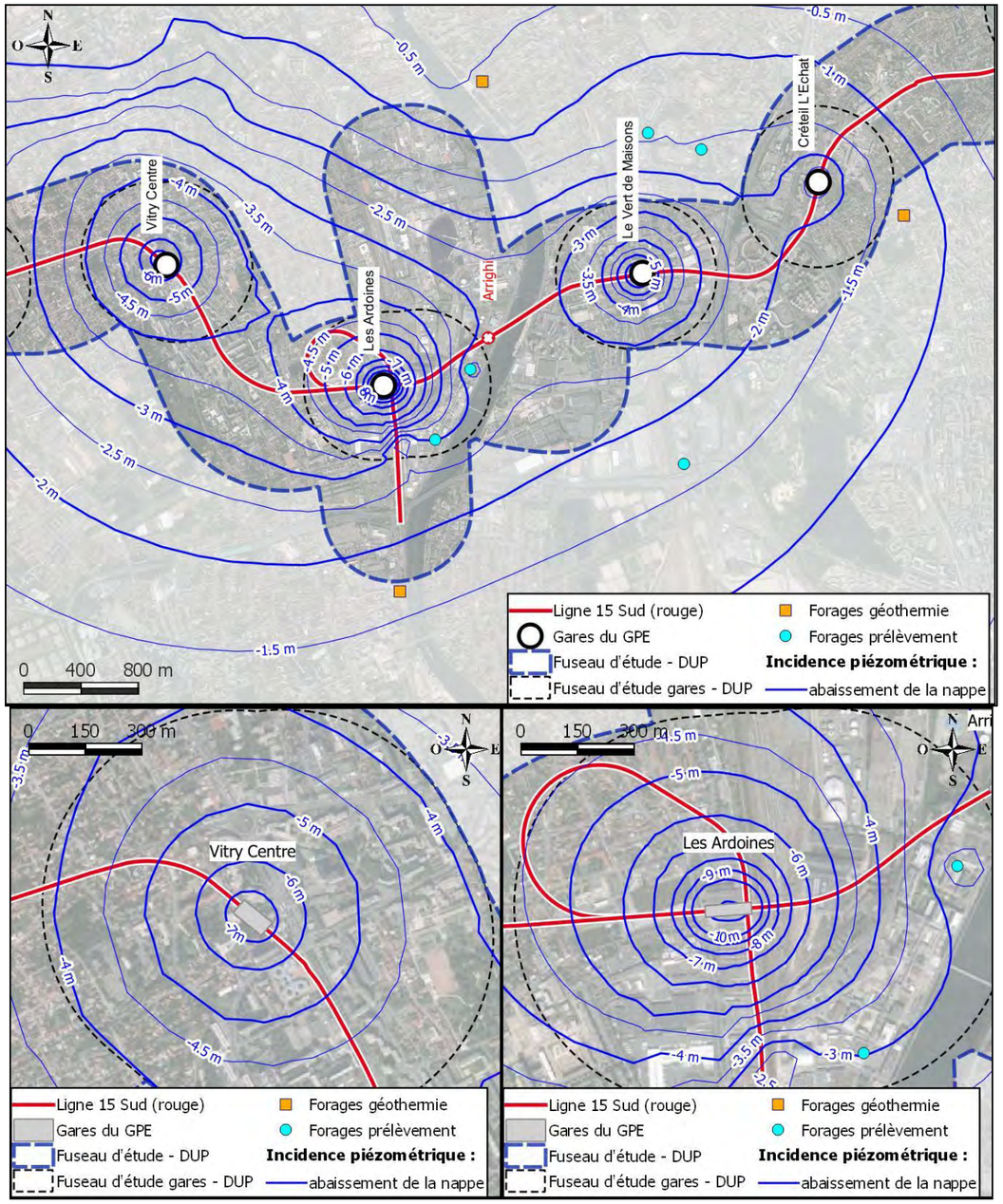
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

Scénario	Scénario 1 Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	100%	144
Puits Arrighi	0%	0
Les Ardoines	100%	267
Le Vert de Maisons	50%	150
Créteil L'Echât	25%	42
Saint-Maur-Créteil	60%	6
DEBIT TOTAL		**611**

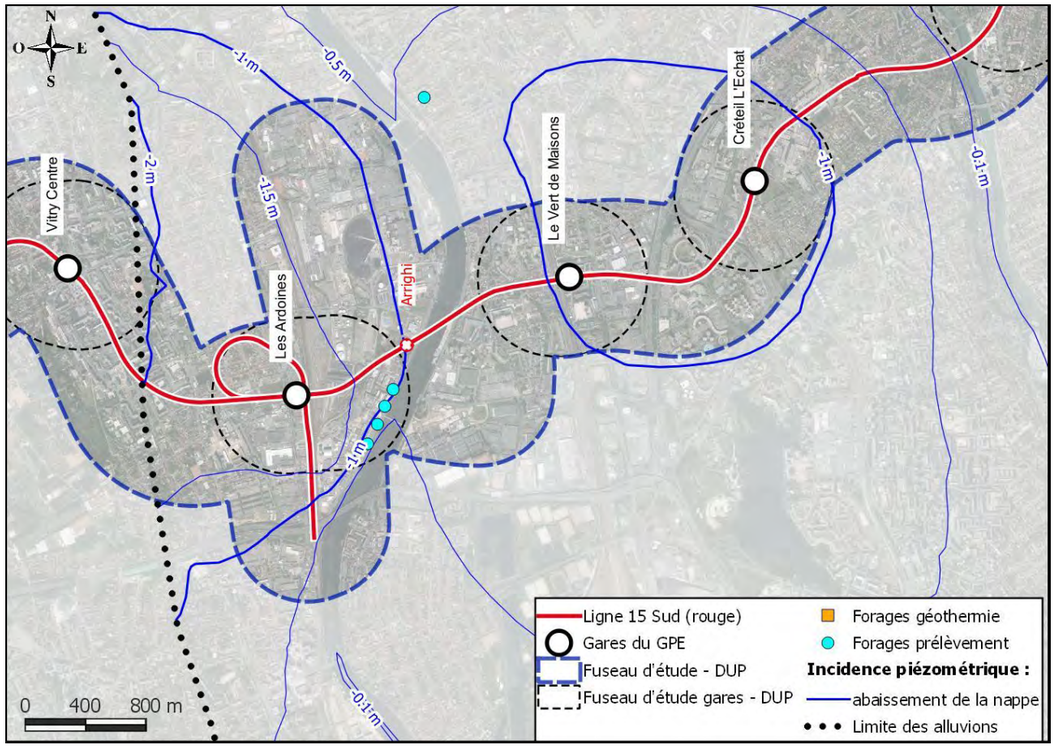
Débits d'épuisement restitués pour le scénario 1

Le débit total prélevé atteint 611 m^3/h dont 605 m^3/h dans la nappe du Lutétien.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein du Calcaire Grossier et au sein des alluvions.



Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 1 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 1 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées des gares de Vitry Centre et des Ardoines avec des abaissements atteignant :

- 7 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vitry Centre (le dénoyage est de 10 mètres au sein de la paroi moulée) ;

- 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées au niveau des Ardoines (le dénoyage est de 26 m au sein de la paroi moulée).

Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées. C'est particulièrement significatif pour la gare des Ardoines. Le débit d'épuisement de la gare de Vitry Centre peut toutefois être considéré comme particulièrement prudent dans la mesure où il est restitué avec une perméabilité verticale particulièrement élevée dans les Marnes et Caillasses. Pour la gare des Ardoines, c'est essentiellement la performance de la jupe injectée et du fond injecté qui seront mis en place en prolongement de la paroi moulée qui conditionneront le débit d'épuisement et donc l'abaissement piézométrique résiduel.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

L'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 37 km^2 autour des gares, soit à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Créteil-L'Echât) et plus de 3 km (autour des gares des Ardoines et Vitry Centre). L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Pour les mêmes raisons, l'effet piézométrique dans les alluvions est considérablement réduit en amplitude. Celui-ci atteint 1 mètre entre la Seine et la Marne et 1,5 m en limite d'extension des alluvions à l'ouest de la gare des Ardoines.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;

- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux ;

SCENARIO 1 : 611 m3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	**Surface (Km^2)**	**Débit m^3/h**	**Flux mm/an**
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	1,8	66	322
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	5,6	121	190
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	13,5	177	115
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	36,6	280	67
Apport des cours d'eau au débit pompé	**Débit (m^3/h)**		
Apport par la Seine	97		
Apport par la Marne	14		
Apport total par les cours d'eau	**111**		

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 1

<u>Principaux résultats du Scénario 1</u>

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 7 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vitry Centre et de 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées des Ardoines.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Créteil-L'Echat) et plus de 3 km (autour des gares des Ardoines et Vitry Centre). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 37 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 3 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 15% du débit pompé.

- ***Scenario complémentaire 2 : effets piézométriques maximaux à proximité des gares du Vert-De-Maisons et de Saint-Maur-Créteil : CAS DE FIGURE EXTREME***

Ce scénario complémentaire 2 prévoit un débit maximal d'épuisement pour les gares du Vert de Maisons et de Saint-Maur-Créteil. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Ouvrages	Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu
Vitry Centre	50%
Puits Arrighi	pas d'épuisement (0%)
Les Ardoines	75%
Le Vert de Maisons	**100%**
Créteil L'Échat	0%
Saint-Maur-Créteil	**100%**

Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;

- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de 5.10^{-7} m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

Pour la gare de Saint-Maur-Créteil, le débit retenu par le maître d'œuvre traduit un aléa géologique particulier à savoir une fissuration locale profonde et anormalement importante de la craie entrainant temporairement la nécessité de réaliser un pompage d'épuisement important. Il n'est pas possible de prendre en compte ce cas de figure particulier qui n'est pas transposable en termes de paramètres de modélisation. Le modèle global a été construit en retenant un schéma hydrogéologique usuellement retenu pour la craie sous recouvrement tertiaire à savoir quelques mètres de craie modérément productive puis une craie saine peu perméable. De ce fait, le débit résiduel restitué par le modèle est nécessairement nettement inférieur à celui proposé par le maître d'œuvre. Ainsi, le débit d'épuisement en phase travaux pour cette gare a été évalué pour tenir compte de la possible présence de craie particulièrement productive localement. L'existence de failles profondes peut être considérée comme un phénomène localisé et qui donc n'affecterait pas la craie sur de grandes distances. En ce sens, les résultats issus du modèle en termes d'impact piézométrique et de débit d'épuisement stabilisé peuvent être considérés comme fiables.

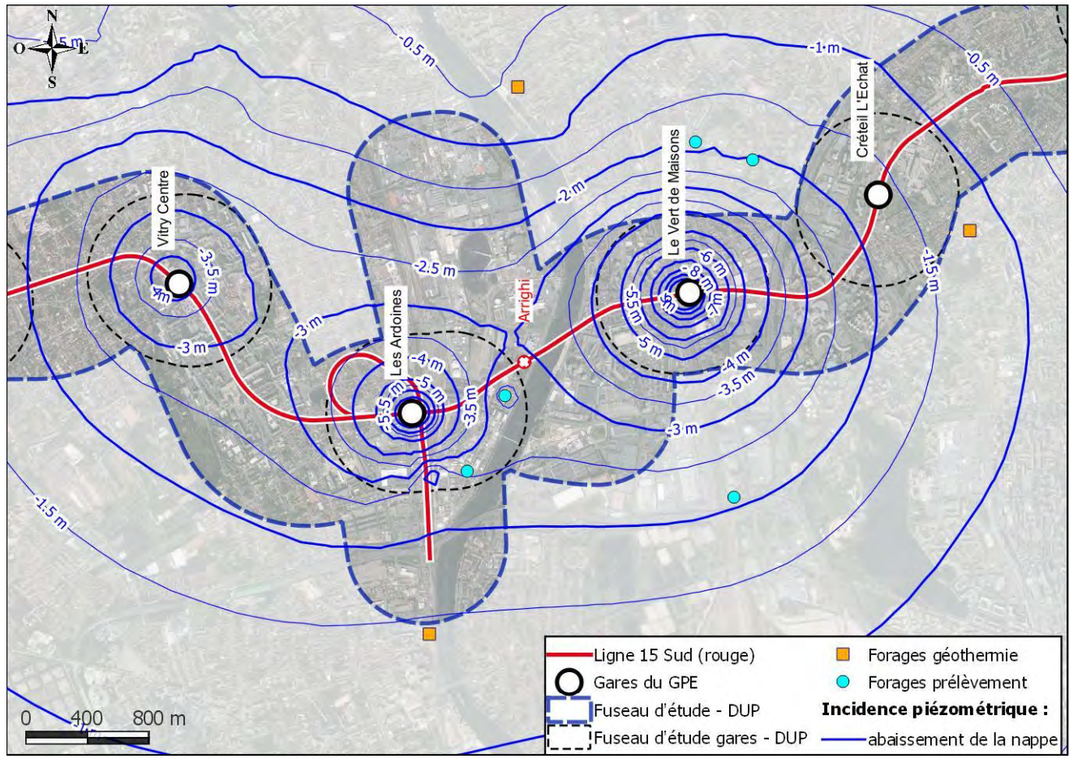
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés :

Scénario	Scénario 2 Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	50%	89
Puits Arrighi	0%	0
Les Ardoines	75%	202
Le Vert de Maisons	100%	279
Créteil L'Echat	0%	0
Saint-Maur-Créteil	100%	7
DEBIT TOTAL		**577**

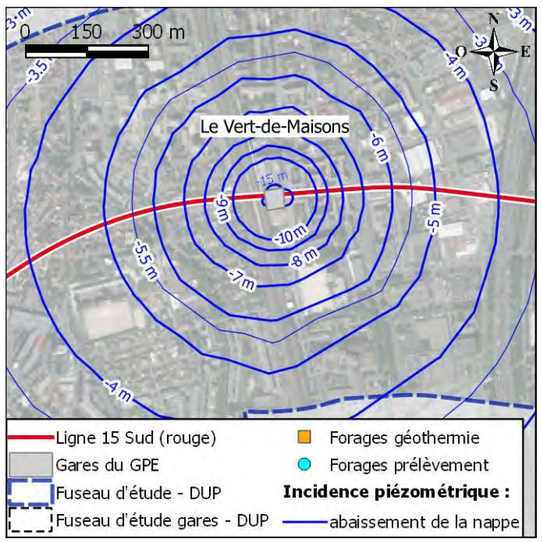
Débits d'épuisement restitués pour le scénario 2

Le débit total prélevé atteint 577 m^3/h dont 570 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses et 7 m^3/h dans la nappe de la craie.

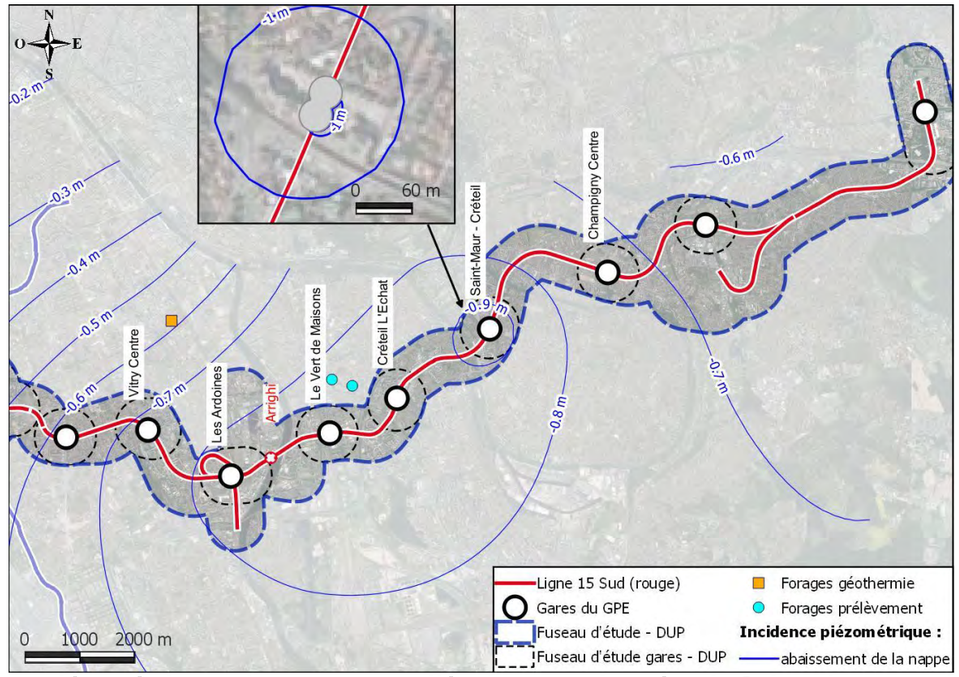
Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier, des alluvions et de la nappe de la craie.



Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans la nappe de la craie au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons avec des abaissements atteignant 15 mètres (le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Au niveau de la gare de Vert-De-Maisons, l'effet piézométrique est réduit de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 30 km^2, soit à 3 km autour des gares considérées dans ce scénario comme faisant l'objet d'opérations d'épuisement. L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Pour les mêmes raisons, l'effet piézométrique dans les alluvions est considérablement réduit en amplitude. Celui-ci atteint 1,5 mètre entre la Seine et la Marne et 1 m en limite d'extension des alluvions à l'ouest de la gare des Ardoines.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO 2 : 577 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	**Surface (Km^2)**	**Débit m^3/h**	**Flux mm/an**
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	0,9	44	419
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	3,3	138	362
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	10,4	249	210
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	30,0	363	106
Apport des cours d'eau au débit pompé	**Débit (m^3/h)**		
Apport par la Seine	100		
Apport par la Marne	16		
Apport total par les cours d'eau	**116**		

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 2

Dans la nappe de la craie au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil, l'effet piézométrique résiduel est très réduit à proximité de la paroi moulée. Il atteint environ 1 mètre pour un dénoyage de 47 mètres au sein de l'enceinte de parois moulées. L'effet piézométrique est globalement de faible amplitude à distance de la gare.

Principaux résultats du Scénario 2

L'abaissement du niveau de la nappe de la Craie serait au maximum de 1 mètre environ à proximité de la gare de Saint-Maur Créteil, et de 0,5 m à 5 km de cette station.

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 15 mètres à proximité immédiate des parois moulées Vert-De-Maisons.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance de 3 km environ autour des opérations d'épuisement considérées pour ce scénario (Gares de Vitry Centre, Ardoines, Vert de Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 30 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vert-de-Maisons. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 20% du débit pompé.

Scenario complémentaire 3 : effets piézométriques maximaux à proximité du puits d'accès du tunnelier Arrighi : CAS DE FIGURE EXTREME

Ce scénario complémentaire 3 prévoit un débit maximal d'épuisement au niveau du puits d'accès du tunnelier « Arrighi ». Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de cet ouvrage.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Ouvrages	**Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu**
Vitry Centre	0%
Puits Arrighi	**100%**
Les Ardoines	pas d'épuisement (0%)
Le Vert de Maisons	40%
Créteil L'Échat	pas d'épuisement (0%)
Saint-Maur-Créteil	0%

Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

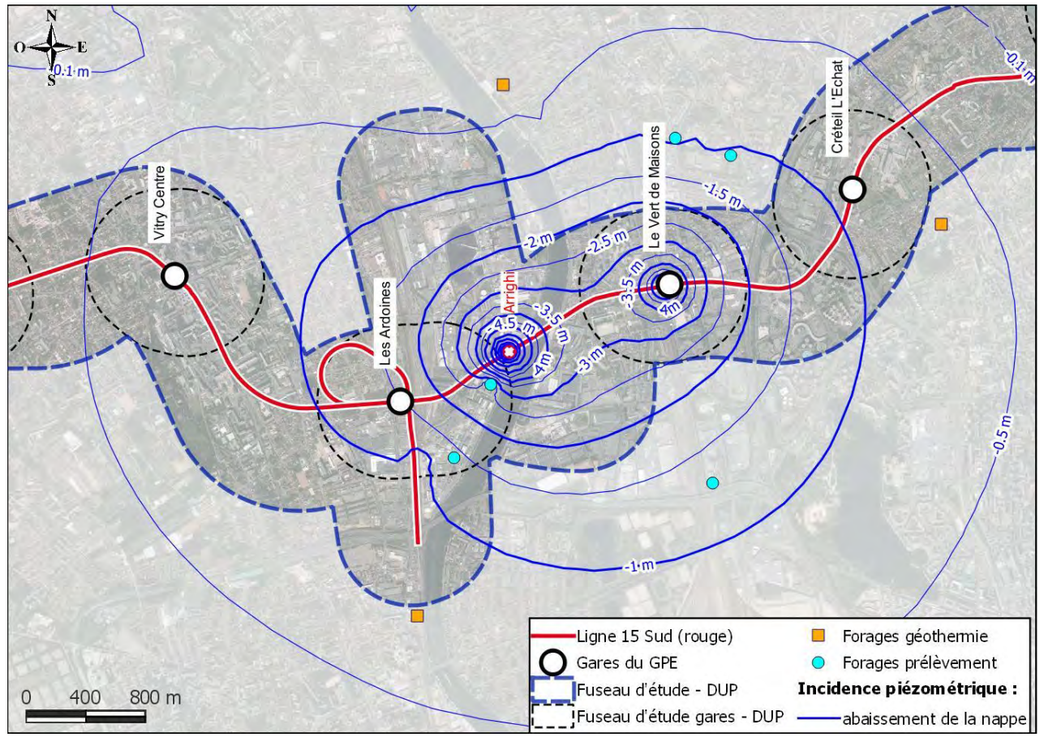
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

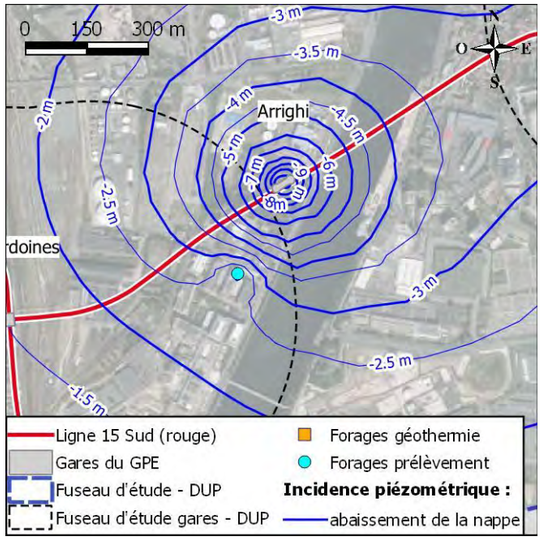
Scénario	Scénario 3 Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	0%	0
Puits Arrighi	100%	197
Les Ardoines	0%	0
Le Vert de Maisons	40%	120
Créteil L'Echat	0%	0
Saint-Maur-Créteil	0%	0
DEBIT TOTAL		**308**

Débits d'épuisement restitués pour le scénario 3

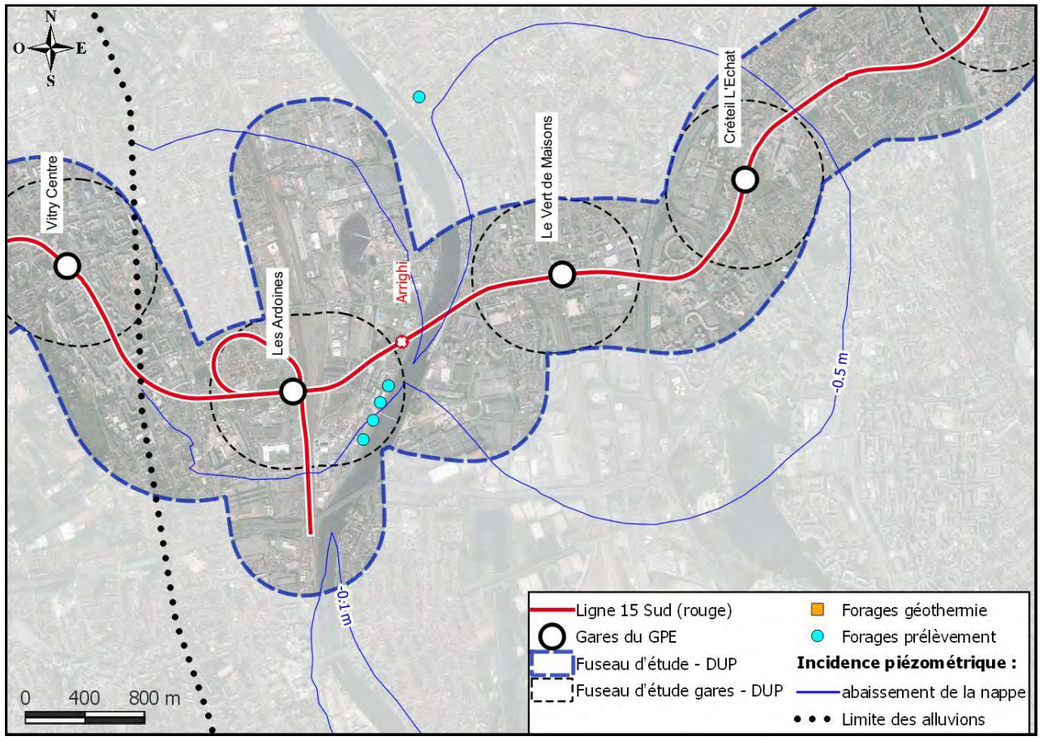
Le débit total prélevé atteint 308 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.





Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 3 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 3 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées du puits Arrighi avec des abaissements atteignant 11 mètres (le dénoyage est de 32 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif. Il est toutefois nettement moins important que les autres scénarios.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 8,5 km^2, soit à une distance de 2 km autour du Puits Arrighi et de la gare Vert-de-Maisons.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique est assez limité. Il atteint 0,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le moins important.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO 3 : 308 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	**Surface (Km^2)**	**Débit m^3/h**	**Flux mm/an**
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	0,2	12	451
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	0,9	37	365
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	2,6	74	252
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	8,3	117	123
Apport des cours d'eau au débit pompé	**Débit (m^3/h)**		
Apport par la Seine	39		
Apport par la Marne	8		
Apport total par les cours d'eau	**47**		

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 3

<u>Principaux résultats du Scénario 3</u>

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées du puits tunnelier Arrighi.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance de 2 km environ autour des opérations d'épuisement considérées pour ce scénario (Puits Arrighi, Gare de Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 8,5 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,5 m environ à 2 km autour du Puits Arrighi et de la Gare de Vert-de-Maisons. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 15% du débit pompé.

- ***Tests de sensibilité***

Les tests de sensibilité ont consistés à faire varier une sélection de paramètres hydrodynamiques majeurs sur un scénario de simulation précis. La sensibilité du modèle est déterminée en comparant les résultats de ce scénario de simulation avec et sans modifications du paramètre testé. Le scénario de simulation qui a été retenu pour les tests est le premier scénario car c'est celui qui présente le plus d'effets piézométriques.

Les paramètres qui ont été testés sont :

- le colmatage des cours d'eau (test 1). Le colmatage des cours d'eau influence directement la qualité des échanges nappe-rivière. Le colmatage retenu dans le modèle d'origine a été callé afin de reproduire correctement ces ondes de crues observées dans des piézomètres. Ces observations proviennent de sites compris entre la confluence et Paris. Les informations relatives au colmatage de la Seine et la Marne en amont de la confluence sont rares et ont donc été extrapolées à partir des données aval. Un test qui suppose une relation hydraulique sans colmatage entre la nappe et les cours d'eau a été réalisé afin de tester l'incertitude du modèle sur cette lacune. Un suivi d'onde de crue disponible en amont du modèle semble par ailleurs indiquer que le colmatage de la Marne est très limité ;

- La perméabilité horizontale des principaux horizons aquifères (test 2). La perméabilité horizontale des principaux aquifères retenue dans le modèle peut être considéré comme vraisemblable. Un test de sensibilité sur ce paramètre a été réalisé en considérant une perméabilité horizontale plus faible des terrains, ce qui est représentatif de conditions plutôt défavorables pour ce paramètre à l'échelle du modèle ;

- La perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaire (test 3). La perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaire est un des paramètres principaux qui conditionne les relations entre la nappe du Calcaire grossier (où sont pratiqués les pompages) et la nappe des alluvions.

Le tableau suivant présente une synthèse des résultats des tests de sensibilité.

Site	Usage	Fiche BSS disponible	Nappe captée	Type de nappe	Nom du forage	Localisation	Débits actuels et besoins de pompage	Débit maximum testé	Rabattement maximal au débit de pointe testé (m)	Baisse maximale du niveau piézométrique engendré par le	Modification du gradient d'écoulement
BIO SPRINGER Maisons-Alfort	Eau industrielle	non	inc.	inc.	F2	Partie Nord-Est du site	Débit total d'exploitation de 170 m³/h (24/24 et 7/7), la majorité du prélèvement étant pompé à parts égales par deux puits (à priori le F6 et le F15).	inc.	inc.	-3 m	Sans objet compte tenu de l'usage
		oui	Lutétien, Yprésien, Craie	captive	F3	Partie Est du site		inc.	inc.	-3 m	
		oui	Yprésien	captive	F4	Partie Nord du site		inc.	inc.	-3 m	
		oui	Lutétien, Yprésien, Craie	captive	F6	Centre du site		140	-11,5	-3,5 m	
		oui	Lutétien, Yprésien, Craie	captive	F15	Partie Sud du site		170	-40	-4 m	
SANOFI Vitry-Sur-Seine	Eau industrielle	oui	Lutétien (a priori)	captive	à priori 219-3X-0320 F	Partie Ouest du site	Débit de pointe de l'ordre de 100 m³/h, de mai à octobre environ, prélevé à partir d'un seul ouvrage	F : 96 m³/h F2 : 225 m³/h	F : -42,5 m F2 : -29,45 m	-3 m	Sans objet compte tenu de l'usage
	Confinement	non	Alluvions	semi-captive	Forages 1 à 4	Le long de la bordure Est du site (le long de la Seine).	Environ 12 m³/h au total sur tous les puits	inc.	inc.	-0,5 m	Baisse du gradient de 4°/₀₀ à l'état initial à 1°/₀₀ en phase chantier. L'orientation des écoulements qui était sud-est devient nord-est, et reste globalement dirigée vers la Seine.
RESIDENCE DU COLOMBIER Créteil	Géothermie	oui	Lutétien	captive	F1-Puits de pompage	Est-nord-est du site	Débit de pointe de 110 m³/h	101	-8,79	-3 m	Augmentation du gradient de 1 °/₀₀ à 5 °/₀₀. La direction du gradient, qui est nord-ouest à l'état initial, devient ouest pendant le projet.
					F2-Puits de rejet	Ouest – sud-ouest du site					
CENTRE AQUATIQUE Alfortville	Géothermie	non	Sables inférieurs	captive	Puits de pompage	inc.	Débit de pointe de 100 m³/h	inc.	-13	-0,5 m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet	inc.					
MEDIATHEQUE Alfortville	Géothermie	non	Sables inférieurs	captive	Puits de pompage	inc.	Débit de pointe 40 m³/h	inc.	inc.	-0,5 m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet	inc.					
ARTELIA Choisy-le-Roi	Géothermie	non	Lutétien	captive	Puits de pompage	Sud-est du site	Débit de pointe de 60 m³/h	inc.	inc.	-1,7 m	Augmentation du gradient de 0,8 °/oo à 1,7°/oo. La direction du gradient, qui est nord-est à l'état initial, devient nord pendant le projet.
					Puits de rejet	Nord-ouest du site					
MANUFACTURE DES LUNETTES Sucy-en-Brie	Géothermie	non	Lutétien	captive	Puits de pompage	Sud du site	Débit de pointe 70 m³/h	inc.	inc.	-0,4 m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet	Nord du site					
EHPAD Ivry	Géothermie	non	Craie	captive	Puits de pompage		Débit de pointe de 45 m³/h. Volume annuel de 8000 m³	inc.	inc.	-0,4 m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet						
INCINERATEUR Créteil	Eau industrielle	oui	Lutétien	captive	inc.		Débit moyen de 10 m³/h	75	-2,6	-1,5 m	Sans objet compte tenu de l'usage
F1 (ARROSAGE) Alfortville	Arrosage	oui	alluvions	semi-captive	inc.			inc.	inc.	-1,5 m	Sans objet compte tenu de l'usage
SAINT GOBAIN Sucy-en-Brie	Eau industrielle	oui	Lutétien	captive	inc.		Débit moyen de 22 m³/h	80	-23,9	-0,5 m	Sans objet compte tenu de l'usage
COINDEROUX Ivry	Eau industrielle	oui	alluvions	libre ou semi-	inc.		Débit de pointe 56 m³/h	56	-1	-0,3 m	Sans objet compte tenu de l'usage

Synthèse des effets piézométriques sur les prélèvements recensés dans le périmètre d'incidence piézométrique de la plaine de Vitry

Les données disponibles sur les exploitations d'eau souterraine listées dans le tableau suivant ont été analysées afin de traduire les effets piézométriques en impact sur chaque site. Les résultats des simulations montrent que les mesures de réduction prévues telles que les parois moulées et les injections de sol (jupes injectées et fonds injectés) ne permettent pas de réduire totalement l'impact du projet sur certaines exploitations. Dans ce cas, des mesures spécifiques complémentaires sont prévues et décrites ci-après.

- **BIO SPRINGER (Maisons-Alfort) :**
  - Évaluation de l'impact : Des données précises sur le forage F15 (courbe caractéristique et micro-moulinet) permettent d'estimer que le débit maximal exploitable de 170 m3/h serait réduit à 160 m3/h soit une baisse du débit maximal exploitable de 6% sur ce forage. La capacité totale de production des deux principaux forages exploités par l'usine excède, a priori, largement le besoin. L'abaissement piézométrique engendré par les travaux ne devrait donc pas compromettre la fourniture du débit recherché. L'abaissement piézométrique supplémentaire entrainera une légère augmentation de la consommation électrique des pompes de forage (environ 20 000 KWh par an calculé avec un débit de pointe de 170 m^3/h et un rendement de la pompe de 0,85).

- **SANOFI (Vitry-Sur-Seine)** – prélèvement pour l'alimentation en eau industrielle :
  - Évaluation de l'impact : Les données disponibles ne permettent pas d'estimer précisément la perte potentielle de la capacité maximale de pompage du site. Néanmoins, au regard des débits maximums testés, l'abaissement piézométrique engendré par le projet ne devrait pas compromettre la fourniture du débit recherché par les forages exploités.
    L'abaissement piézométrique supplémentaire entrainera une légère augmentation de la consommation électrique des pompes de forage (puissance supplémentaire de 1 KW calculé au débit de 100 m^3/h et un rendement de la pompe de 0,85).

- **SANOFI (Vitry-Sur-Seine)** – unité de dépollution (barrière hydraulique) :
  - Évaluation de l'impact : La direction d'écoulement restera inchangée ce qui ne devrait pas perturber significativement l'opération de confinement. Ce point sera toutefois vérifié avec les spécialistes intervenant sur le site de SANOFI et en fonction des objectifs du pompage de confinement.
  - Mesures complémentaires spécifiques envisageables: Une information et une concertation sera proposée à SANOFI afin de - permettre aux spécialistes missionnés par SANOFI de vérifier que le dispositif de confinement restera efficace en tenant compte des modifications piézométriques prévues et d'envisager, si nécessaire, des dispositifs complémentaires spécifiques comme de nouveaux piézomètres de surveillance ou de nouveaux points de pompage.

- **RESIDENCE DU COLOMBIER (Créteil**) :
  - Évaluation de l'impact : L'analyse des diagraphies au micro-moulinet réalisées sur les forages montre que l'abaissement piézométrique supplémentaire ne risque pas de dénoyer les premières venues d'eau au débit maximal d'exploitation. L'abaissement piézométrique supplémentaire induit par le projet ne devrait donc pas nuire à la fourniture du débit maximal souhaité.
    À l'état initial, les deux ouvrages (pompage et injection) sont orientés perpendiculairement à la direction de l'écoulement. En tenant compte de l'abaissement piézométrique induit par le projet, le puits de réinjection serait décalé vers l'aval piézométrique, c'est-à-dire dans une meilleure position que la position initiale pour éviter le recyclage hydraulique.
    L'abaissement piézométrique du projet entrainera une légère surconsommation électrique du forage et donc une très légère baisse de la performance globale du système (augmentation d'environ 1,1 KW de la puissance électrique de la pompe immergée calculé au débit de pointe et avec un rendement de pompe de 0,85).

- **CENTRE AQUATIQUE (Alfortville) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.
  - Le gradient piézométrique et son orientation restent inchangés. Aucun impact n'est donc attendu sur le recyclage hydraulique du doublet.

- **MEDIATHEQUE (Alfortville) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.
  - Le gradient piézométrique et son orientation restent inchangés. Aucun impact n'est donc attendu sur le recyclage hydraulique du doublet.

- **ARTELIA (Choisy-le-Roi) :**
  - Évaluation de l'impact : Par manque d'informations il n'est pas possible d'évaluer précisément l'impact du projet sur la capacité de production de l'ouvrage de pompage. Toutefois, l'abaissement piézométrique calculé sur ce site est modéré ce qui ne devrait pas nuire à la fourniture du débit recherché. L'augmentation du gradient et sa réorientation sont plutôt susceptibles de diminuer le risque de recyclage thermique entre le puits de pompage et le puits de réinjection.

- **MANUFACTURE DES LUNETTES (Sucy-en-Brie) :**
  - Évaluation de l'impact : L'effet piézométrique engendré par le projet est modéré et ne risque pas d'impacter le fonctionnement du système.

- **EHPAD (Ivry) :**
  - Évaluation de l'impact : L'effet piézométrique engendré par le projet est modéré et ne risque pas d'impacter le fonctionnement du système.

- **INCINERATEUR (Créteil) :**
  - Évaluation de l'impact : Les données disponibles ne permettent pas d'estimer précisément la perte potentielle de la capacité maximale de pompage du forage. Néanmoins, au regard de la bonne productivité du forage, l'abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre la fourniture du débit recherché. Une très légère surconsommation électrique de la pompe du forage est à prévoir.

- **F1 (ARROSAGE) (Alfortville) :**
  - Évaluation de l'impact : Les données disponibles ne permettent pas d'estimer précisément la perte potentielle de la capacité maximale de pompage du forage. Compte tenu de la faible épaisseur de la nappe des alluvions, l'abaissement piézométrique engendré par le projet est susceptible d'engendrer une baisse significative de la capacité maximale du pompage.

- **SAINT GOBAIN (Sucy-en-Brie) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.

- **COINDEROUX (Ivry) :**
  - Évaluation de l'impact : Le très faible abaissement piézométrique entrainé par le projet ne devrait pas compromettre le débit maximal recherché.

Les parois moulées et les injections de sol (jupes injectées et fonds injectés) prévues pour la réalisation des ouvrages sont des mesures de réduction qui permettront de limiter les débits d'épuisement et les abaissements piézométriques associés durant la phase de travaux mais pas de les annuler complètement. Des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus au niveau du secteur de la vallée de la Seine et de la Marne.

Globalement, ces effets piézométriques resteront compatibles avec les usages des exploitations d'eau recensées. Pour certaines exploitations, des impacts mineurs sont possibles comme une augmentation de la consommation électrique des pompes de forage. Les données disponibles sur quelques exploitations ne permettent pas de statuer définitivement sur l'impact attendu.

Dans ce cadre, une information sera réalisée auprès des responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet et des mesures compensatoires spécifiques seront proposées de manière concertée.

Mesures proposées en cas d'impacts avérés :

- Information et concertation avec l'exploitant
- Diagnostic éventuel de l'état des forages (essais par paliers)
- Opérations de régénération des forages si nécessaire
- Compensation financière pour la surconsommation électrique si nécessaire.

- ***Conclusions générales sur les simulations des débits d'épuisement en phase travaux sur le secteur de la plaine de Vitry***

Les débits d'épuisement évalués sur ce secteur pour les gares et le puits tunnelier Arrighi sont significatifs malgré la mise en œuvre de solutions constructives de réduction telles que parois moulées, jupes et fonds injectés.

En conséquence, plusieurs simulations ont été réalisées afin de quantifier aussi précisément que possible l'effet piézométrique attendu par la réalisation des pompages d'épuisement durant la phase travaux.

Plusieurs scénarios d'épuisement ont été définis sur la base du planning prévisionnel du chantier. **Ces scénarios correspondent aux instants les plus critiques du chantier en termes d'intensité de pompages d'épuisement**, c'est-à-dire aux moments où des débits d'épuisement importants sont susceptibles d'être simultanés et d'engendrer des effets cumulés.

Ces scénarios représentent donc des phases d'avancement du chantier. Ils ont été définis de sorte à représenter les phases les plus critiques du chantier pour chaque ouvrage gare devant faire l'objet d'un débit d'épuisement significatif.

Ces scénarios ont donc permis de réaliser des simulations hydrodynamiques permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal attendu dans les nappes du secteur à savoir la nappe alluviale, la nappe du Lutétien et la nappe de la craie.

Globalement, des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus au niveau du secteur de la vallée de la Seine et de la Marne dans la nappe du Lutétien malgré les dispositions constructives prévues. Ces abaissements piézométriques se répercutent par drainance dans la nappe alluviale mais l'abaissement piézométrique dans la nappe alluviale est atténué du fait de la présence de niveaux peu perméables séparant la nappe alluviale de la nappe du Lutétien sous-jacente. La nappe de la craie est quant à elle peu impactée.

Globalement, ces effets piézométriques resteront compatibles avec les usages des exploitations d'eau recensés. Pour certaines exploitations, des impacts mineurs sont possibles comme une augmentation de la consommation électrique des pompes de forage. Les données disponibles sur quelques exploitations ne permettent pas de statuer définitivement sur l'impact attendu.

Dans ce cadre, une information sera réalisée auprès des responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet et des mesures compensatoires spécifiques seront proposées de manière concertée.

Les effets piézométriques issus du modèle ont été également exploités afin d'évaluer les impacts attendus du projet vis-à-vis de différents phénomènes tels que les conséquences de l'abaissement du niveau des nappes sur : le bâti, le phénomène de dissolution du gypse, sur la qualité des eaux souterraines. **L'impact relatif à ces différentes thématiques est évalué dans des chapitres spécifiques ci-après. L'impact est évalué sur la base des résultats obtenus avec les scénarios de simulation qui sont les plus défavorables pour la thématique concernée.**

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

c. *Impacts de la baisse du niveau d'eau engendré par les pompages d'épuisement en phase travaux sur le bâti*

De même que sur le secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, certaines couches géologiques superficielles sont susceptibles de tasser en raison d'une baisse de niveau piézométrique. Le risque de tassement peut être approché par une formule de calcul prenant en compte la baisse du niveau d'eau calculé grâce aux résultats du modèle hydrogéologique.

Ce tassement éventuel est calculé tout d'abord en valeur absolue, il s'agit d'une baisse du niveau du sol en un point donné. Ensuite, le second paramètre qui est analysé est le tassement différentiel. Il s'agit de la différence de tassement entre deux points proches, il s'agit donc d'une pente. Ce critère est utilisé pour évaluer le risque engendré par l'effort mécanique induit par des tassements non homogènes entre deux appuis d'un bâtiment.

Enfin, les tassements prévisionnels calculés en valeur absolue et différentiel sont comparés à des seuils de tolérance définis pour chaque type de bâti. Le risque de désordre apparaît comme faible si la valeur calculée est inférieure au seuil de tolérance.

Le risque de désordres sur le bâti engendré par des tassements est surtout conditionné par des tassements différentiels et beaucoup moins par les tassements en valeur absolue. Les tassements induits par des baisses piézométriques sont homogènes sur de grandes distances car les cônes de dépression créés par les débits d'épuisement sont évasés comme l'ont montré les simulations.

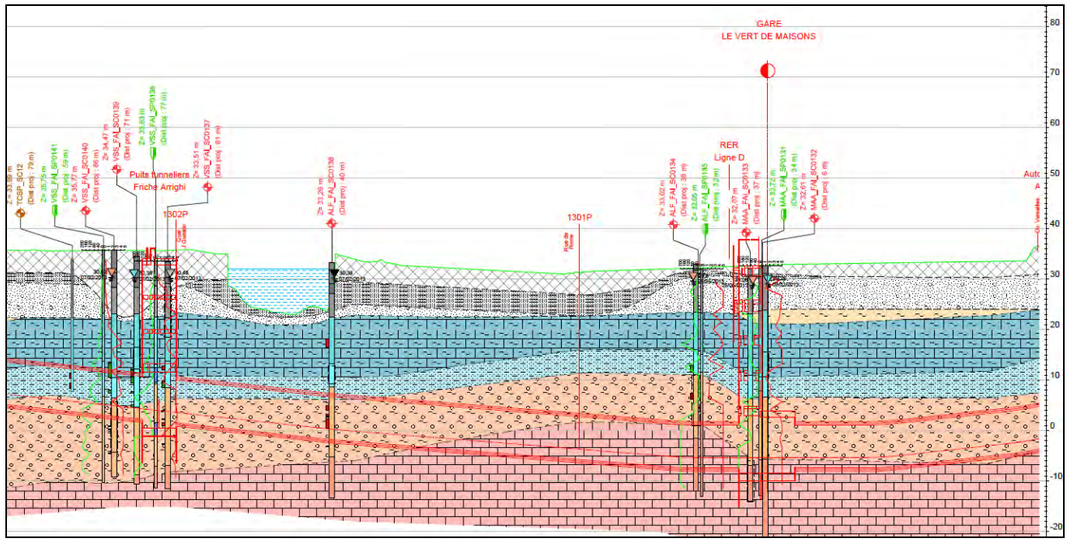
C'est donc principalement le critère de tolérance du bâti aux tassements différentiels qu'il convient de vérifier.

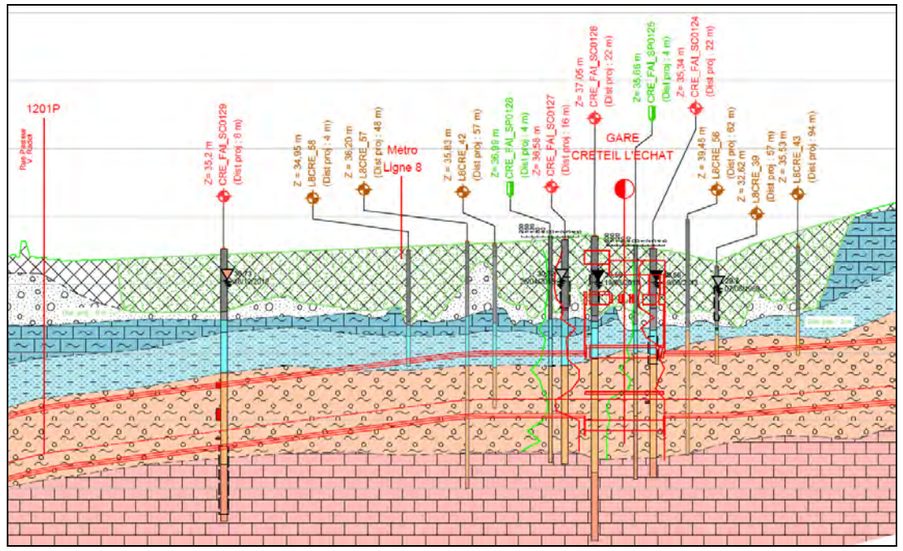
Le long du profil (où les abaissements piézométriques sont les plus importants), deux zones sont sensibles aux phénomènes de tassement des formations superficielles liés à l'abaissement piézométrique :

- entre le puits tunnelier Arrighi et la gare Vert-de-Maisons dans les remblais de gravière et dans les alluvions modernes de Seine partiellement en eau sur une distance de 1400 mètres ;

- au droit des remblais d'anciennes gravières rencontrées surtout aux alentours de la gare de Créteil L'Echât sur une distance de 1200 mètres.

Les figures suivantes sont des extraits du profil géotechnique qui présentent les secteurs où sont rencontrées des formations superficielles potentiellement sensibles aux tassements induits par un abaissement piézométrique.





Zones de sensibilité de la plaine de Vitry aux phénomènes de tassement des formations superficielles induits par un abaissement piézométrique
(Figure issue du profil géotechnique établi par SYSTRA)

Sur ces deux zones, l'évaluation du tassement induit a été réalisée sur la base de la formule analytique suivante :

$$\Delta s = \Delta u . \alpha . H / Em$$

Avec :

- Δs = tassement en mètres ;
- Δu = Variation de contrainte due au rabattement de la nappe en Mpa ;
- α : Coefficient rhéologique du sol ;
- H : Épaisseur de la couche considérée sous nappe ;
- Em : Module pressiométrique en Mpa.

Un module pressiométrique moyen de 5 MPa a été retenu pour l'ensemble des remblais et des alluvions modernes, de façon indifférenciée (source Maîtrise d'œuvre).

Les hauteurs de nappe saturées retenues pour les calculs (H) sont :

- 8 mètres dans les remblais à l'ouest du puits tunnelier Arrighi ;
- 6 mètres dans les alluvions modernes entre le puits tunnelier Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons ;
- 4 mètres dans les remblais de part et d'autre de Créteil L'Echat.

L'abaissement piézométrique qui a été considéré est celui calculé en considérant la phase la plus critique du chantier c'est-à-dire la phase durant laquelle les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants. Le calcul a été réalisé sur la base de l'abaissement piézométrique probable simulé avec les paramètres hydrodynamiques vraisemblables des couches géologiques et des injections de sol. Il a été également réalisé en considérant le cas extrême qui permet de restituer les débits d'épuisement élevés retenus par le maître d'œuvre en raison d'aléas géologiques.

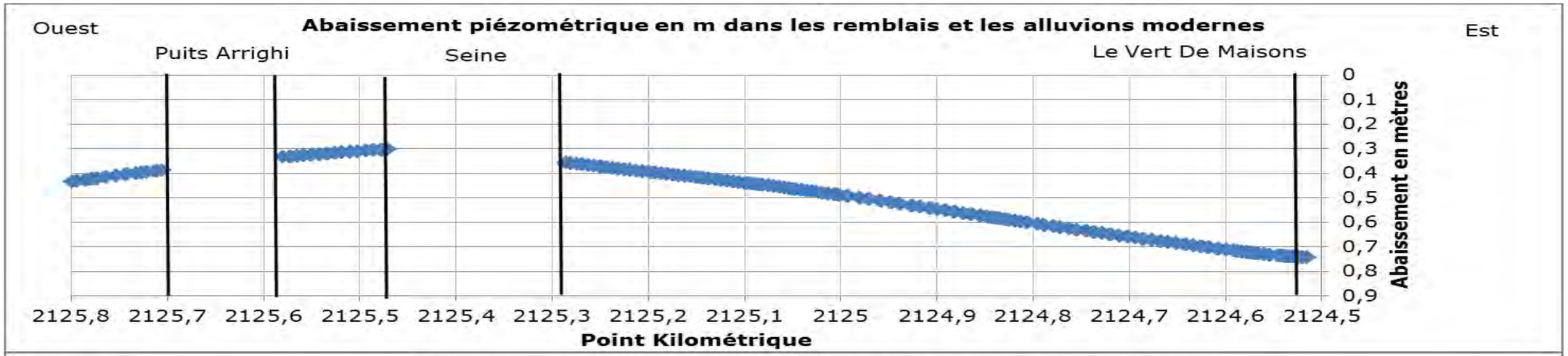
Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

Le calcul de tassement induit a été réalisé avec une feuille Excel et la formule précédemment citée.

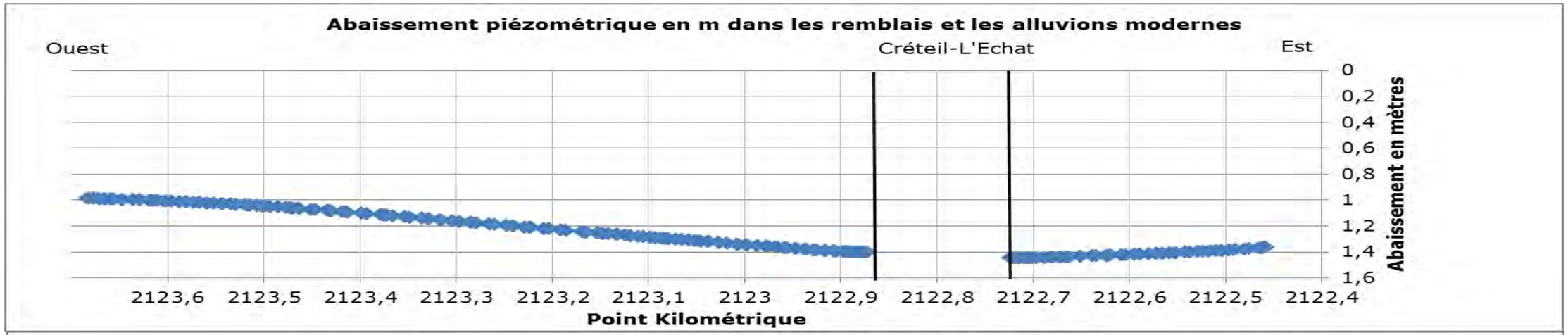
Il n'a pas été réalisé de calculs de tassements liés à l'abaissement piézométrique dans les couches profondes car :

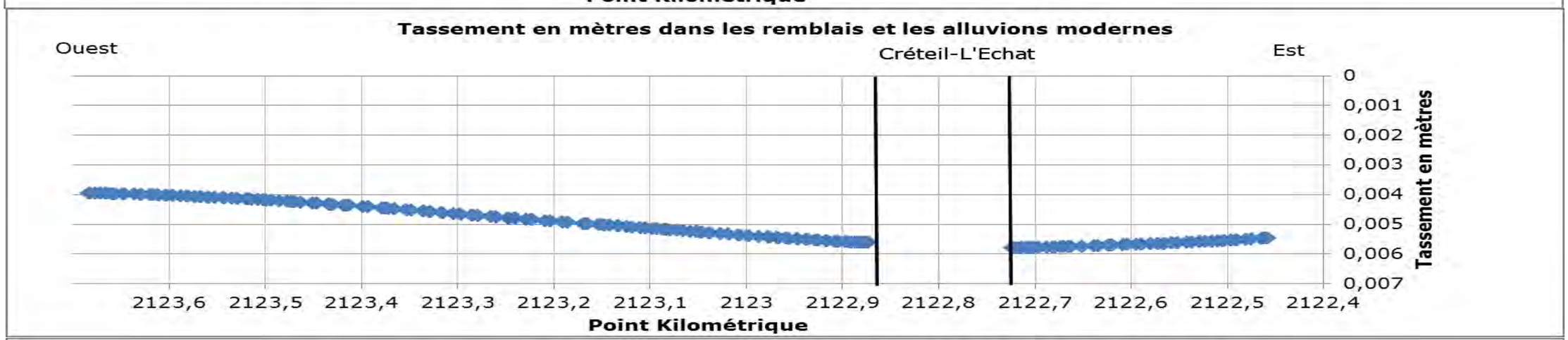
- d'une part, celles-ci montrent des bonnes caractéristiques mécaniques au regard des modules pressiométriques retenus par le maître d'œuvre ;
- dans les couches sableuses yprésiennes éventuellement plus sensibles, l'abaissement piézométrique reste limité.

Les résultats des calculs dans les secteurs sensibles sont présentés dans les figures suivantes. Le premier graphique donne l'abaissement piézométrique calculé par le modèle hydrogéologique. Le graphique suivant donne le tassement calculé en valeur absolue. Le troisième graphique superposé donne le tassement différentiel c'est-à-dire la pente du tassement.



Évaluation du tassement potentiel dans les formations superficielles entre le puits Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons (phase la plus critique - cas probable)







Évaluation du tassement potentiel dans les formations superficielles aux alentours de la gare de Créteil-L'Echat (phase la plus critique - cas probable)

Ces évaluations réalisées avec un abaissement piézométrique **« probable »** montrent que :

- le tassement maximal potentiel est de **0,6 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé entre le puits Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons ;
- le tassement maximal potentiel est de **0,7 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé aux alentours de la gare de Créteil-L'Echat ;
- le tassement différentiel sur ces deux zones est extrêmement limité. Il ne dépasse pas **0,005 mm/m**.

Les tassements liés au rabattement de nappe sont partout inférieurs à 7 mm, ce qui est inférieur aux seuils d'impacts fonctionnels et structurels sur l'environnement bâti.

Le calcul réalisé en considérant un abaissement piézométrique **« extrême »** donne :

- un tassement maximal potentiel est de **1 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé entre le puits Arrighi et la gare du Vert-De-Maisons ;
- un tassement maximal potentiel est de **1,35 cm** au niveau de la partie sensible du linéaire sensible situé aux alentours de la gare de Créteil-L'Echat ;
- un tassement différentiel sur ces deux zones extrêmement limité. Il ne dépasse pas **0,01 mm/m**.

Le tassement différentiel qui est le paramètre le plus sensible pour des fondations est très limité.

Ces évaluations sont réalisées selon des hypothèses sécuritaires qui sont :

- un abaissement piézométrique identique dans les alluvions anciennes et les alluvions modernes et les remblais de sablières. Si la perméabilité est nettement plus faible dans les remblais et les alluvions modernes, l'abaissement piézométrique serait moindre et donc le tassement moindre ;
- un calcul réalisé pour une baisse de niveau d'eau particulièrement défavorable pour chaque secteur ;
- des calculs réalisés en régime permanent d'écoulement.

Il s'agit donc d'un calcul qui traduit un risque de tassement potentiel mais pas nécessairement un tassement réel qui pourrait être beaucoup plus faible.

Ainsi le risque de désordre induit par des phénomènes de tassement liés aux abaissements piézométriques dans les formations superficielles apparaît comme faible.

Malgré tout, dans les phases ultérieures de dimensionnement, le maître d'œuvre réalisera un modèle géotechnique détaillé d'étude du tassement avec des paramètres mécaniques complémentaires issus des reconnaissances géotechniques en cours et à venir, de manière à vérifier les calculs préliminaires réalisés et présentés dans le présent rapport.

L'abaissement piézométrique calculé dans les zones sensibles constituées par les remblais d'anciennes sablières et les alluvions modernes est susceptible d'entrainer un tassement de ces couches qui a été évalué avec des hypothèses sécuritaires.

Les calculs réalisés montrent que le tassement potentiel est en tout point inférieur au tassement maximal admissible pour le bâti. Le tassement différentiel (pente du tassement) qui est le critère prépondérant pour juger du risque de désordre sur les structures est quant à lui largement inférieur au seuil de risque.

Au regard de ces résultats, le risque de désordre sur les constructions existantes vis-à-vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux apparaît faible dans la plaine de Vitry.

d. *Impact des pompages d'épuisement sur les phénomènes de dissolution du gypse*

Le phénomène de dissolution du gypse anté-Ludien dépend :

- de la quantité d'eau ou flux susceptible de traverser et d'être au contact du gypse,
- de la vitesse de circulation des eaux au contact des formations gypseuses ;
- de la concentration dans l'eau des éléments constitutifs du gypse (sulfates et calcium) et donc du potentiel de dissolution du gypse de cette eau.

Les vitesses de circulation des eaux souterraines vont être accélérées du fait des pompages d'épuisement. Les solutions constructives de réduction du débit prévues permettent de limiter ce phénomène d'accélération des écoulements souterrains mais ne peuvent l'annuler totalement.

Dans le secteur de la **plaine de Vitry**, principalement concerné par ce phénomène, les prélèvements d'eau souterraine nécessaires aux travaux seront pratiqués dans la nappe des Calcaires Grossiers et des Marnes et Caillasses grâce aux parois moulées et non pas directement dans les nappes d'eau superficielle. Naturellement, l'eau souterraine contenue dans cette nappe lutétienne ne présente pas un potentiel de dissolution du gypse fort car elle renferme calcium et sulfates en concentrations notables (localement proches de la saturation en gypse) du fait de la présence de gypse anté-ludien.

Ceci étant, les pompages d'épuisement vont entrainer des phénomènes de drainance descendante c'est-à-dire provoquer un transfert d'eau depuis la nappe alluviale superficielle, vers la nappe du Lutétien. Ce phénomène de drainance est conditionné par la faible perméabilité verticale de l'ensemble Marnes et Caillasses, Sables de Beauchamp, Marno-calcaire de Saint-Ouen et par les conditions aux limites du système. Ce phénomène de réalimentation par la nappe superficielle peut potentiellement favoriser des phénomènes de dissolution de gypse anté-ludien car les nappes superficielles présentent généralement des potentiels de dissolution du gypse relativement élevés dans la mesure où elles sont peu chargées en calcium et sulfates, donc non saturée vis-à-vis du gypse.

En définitive, les pompages d'épuisement, malgré les solutions de réduction des débits d'épuisement prévus, sont susceptibles de favoriser le phénomène de dissolution du gypse. De par la complexité des phénomènes en jeu, il est difficile de quantifier précisément les conséquences de ces pompages d'épuisement.

Toutefois, le risque de créer des vides de dissolution significatifs susceptibles de créer des désordres paraît limité pour les raisons suivantes :

- le phénomène de dissolution du gypse reste lent à l'échelle des travaux prévus. Les pompages d'épuisement seront réalisés sur des périodes de 1 à 2 ans ce qui est une période relativement courte pour engendrer des dissolutions significatives. En effet, la solubilité du gypse dans l'eau est de 2,5 g/l environ, c'est-à-dire que dans les conditions du milieu souterrain, la dissolution du gypse est limitée à 2,5 g par litre d'eau. Il faut donc une longue période et une grande quantité d'eau pour dissoudre des masses importantes de gypse;

- les épaisseurs de gypse anté-ludien identifiées grâce aux sondages des reconnaissances géotechniques sont assez réduites : au maximum de 1 à 2 mètres, et ne semblent pas continues entre les sondages. L'article « Observations géologiques sur les accidents de dissolution de gypse » rédigé par M. Toulemont indique que la hauteur cumulée de gypse, indispensable à la formation d'un fontis de volume moyen, doit être supérieur à 7 mètres. Par ailleurs, d'après les résultats des sondages issus des missions géotechniques, les bancs de gypse ne semblent pas continus. Une partie seulement de la quantité d'eau traversant par drainance les Marno-calcaires de Saint-Ouen et les Marnes et Caillasses est susceptible d'être en contact avec des niveaux gypseux ;

- des travaux d'injection préliminaires sont prévus au droit des ouvrages où le contexte géologique présente des zones de fragilité liée aux cavités pouvant résulter, entre autres, de la présence de vides de dissolution du gypse.

Par ailleurs, au niveau de Maisons-Alfort à proximité du projet et dans un contexte géologique similaire, un pompage industriel important est pratiqué dans le Calcaire Grossier depuis des dizaines d'années. Ce pompage existe au moins depuis les années 1960. En 1966, le document du BRGM « *BRGM DSGR 66 A66* » indique un débit de pompage de 250 m^3/h. Les documents de la BSS indiquent, quant à eux, un débit de 500 m^3/h répartis sur 4 forages.

Aujourd'hui ce pompage est toujours actif au débit de 170 m^3/h sur le site de l'usine BIO SPRINGER. Or, aucun désordre connu attribuable à des phénomènes de dissolution du gypse anté-Ludien n'est recensé dans ce secteur, même en présence avérée de bancs de gypse sur ce secteur, d'après les sondages géotechniques réalisés par la Société du Grand Paris. Ainsi, ce retour d'expérience permet de relativiser fortement le risque de désordres liés au phénomène de dissolution du gypse anté-Ludien. En effet, dans la mesure où un pompage important est déjà pratiqué au sein du même aquifère depuis des dizaines d'années à un débit comparable au débit unitaire évalué pour chaque gare dans la plaine de Vitry, sans être à l'origine de désordres connus, les pompages d'épuisement qui seront pratiqués provisoirement dans la plaine de Vitry ne seront pas, non plus, à l'origine de désordres. Le volume prélevé durant la phase travaux dans la zone sensible aux phénomènes de dissolution du gypse anté-Ludien, c'est-à-dire entre Vitry-Centre et Champigny-Centre, sera de 12 500 000 m^3 (en retenant les débits extrêmes retenus par les Maitres d'œuvres) sur une période d'environ 3 ans. À titre comparatif, le volume pompé depuis 1965 sur le site industriel de Maisons-Alfort est de l'ordre de 90 000 000 m^3 (200 m^3/h sur 50 ans) soit 7 fois plus.

L'incidence des pompages d'épuisement de la phase travaux sur le phénomène de dissolution du gypse anté-Ludien contenu dans le Marno-calcaire de Saint-Ouen, les Sables de Beauchamp et les Marnes et Caillasses est difficile à quantifier précisément. De manière qualitative, les pompages d'épuisement vont toutefois créés provisoirement un environnement plus favorable à ce phénomène de dissolution du gypse.

Néanmoins, le risque de désordre sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.

e. <u>Impacts des pompages d'épuisement sur les migrations de pollution d'eaux souterraines</u>

Les pompages d'épuisement vont créer temporairement des modifications des conditions d'écoulement des nappes qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la migration des pollutions existantes en particulier au niveau des nappes alluviales superficielles.

Le secteur de la plaine de Vitry est potentiellement concerné par ce phénomène car il présente des débits d'épuisement en phase travaux non négligeables.

Pour ce secteur, l'impact des pompages d'épuisement en termes de migration potentielle de pollutions existante a été évalué sur la base d'une analyse des modifications des conditions d'écoulement calculées avec le modèle 2.

L'analyse des résultats des simulations réalisées montrent que les effets piézométriques les plus importants sont principalement situés :

- en rive gauche de la Seine entre la gare des Ardoines et du puits tunnelier Arrighi. Pour cette zone, les scénarii 1 et 3 apparaissent comme les plus défavorables ;

- le long du tracé entre la Seine et la Marne entre les gares. Pour cette zone, les résultats des simulations pour la phase la plus critique (cas de figure extrême) apparaissent comme les plus défavorables.

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

Dans le rapport d'état initial, l'interprétation des fiches BASOL et BASIAS a permis de juger de manière qualitative du risque de pollution du milieu souterrain au droit des sites recensés en fonction de différents critères comme le type d'activité, la présence d'installations à risque, le type de stockage, le type de produits utilisés, le volume stocké et l'état de réhabilitation.

La plus forte densité de sites BASOL et BASIAS est recensé dans l'ancienne zone industrielle située en rive gauche de Seine et délimitée sur les figures ci-après. Des sites BASOL et BASIAS sont également présents dans le fuseau d'étude entre la Seine et la Marne mais en moindre quantité.

L'analyse qualitative effectuée montre que le risque principal de pollution du milieu souterrain est situé au niveau de la zone industrielle en rive gauche de Seine. Il est donc très probable que l'eau souterraine soit contaminée localement en particulier dans la nappe alluviale qui est la plus vulnérable.

La plupart de ces sites BASOL et BASIAS entre la Seine et la Marne présente un risque de pollution du milieu souterrain considéré comme faible à négligeable.

En complément, au droit de la plaine de Vitry, l'analyse des données disponibles sur le site ADES menée lors de la définition de l'état initial a montré l'existence de secteurs présentant des pollutions de nappe historiques en rive gauche de la Seine principalement en COHV et en hydrocarbures. Sur le reste du secteur, les données ADES disponibles ne permettent pas de mettre en évidence de pollutions de nappe. Toutefois, peu de piézomètres de contrôle sont référencés entre la Seine et la Marne.

Les analyses d'eau souterraine sur l'ensemble des ouvrages de ce secteur ne sont pas disponiblees. Toutefois, les premièrs résultats d'analyses disponibles, apparaissent sécurisants :

- au droit de l'ouvrage Friche Arrighi, seules des traces d'hydrocarbures et de COHV ont été mesurées ;

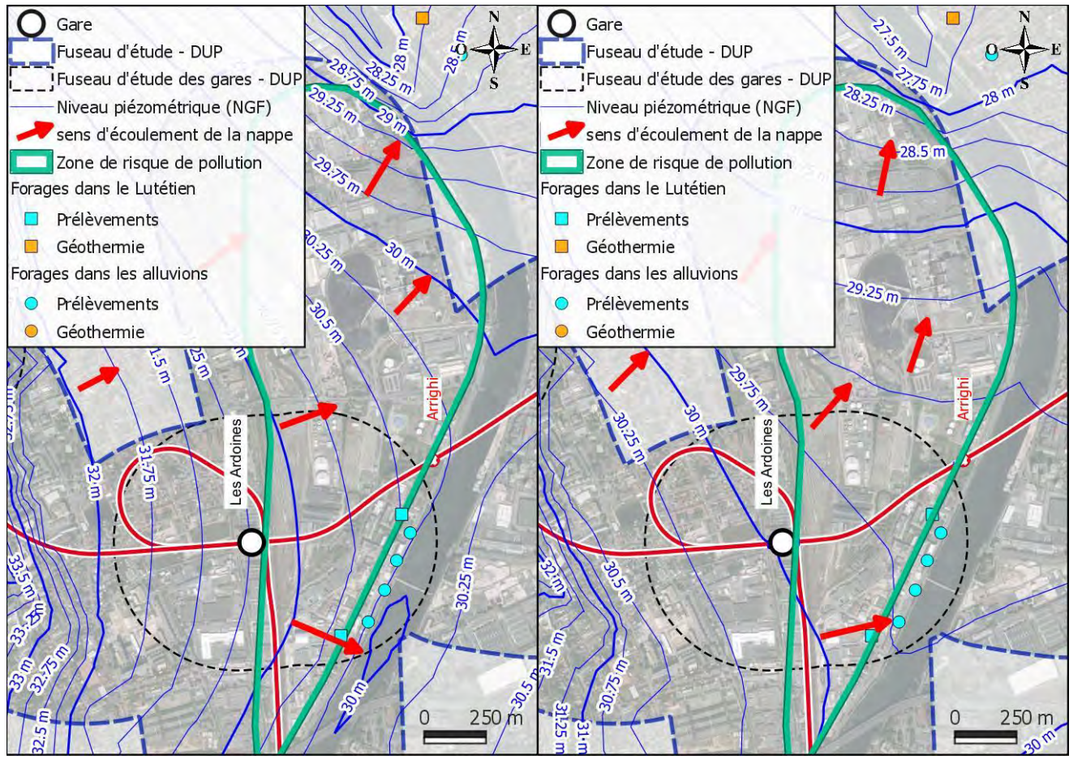
- au droit de la gare Créteil l'Echat, des HAP ont été identifiés mais à de faibles concentrations ;

- au droit de la gare de Champigny centre, des hydrocarbures, BTEX et tétracholoréthylène ont été mis en évidence dans les eaux, les débits pompés étant non significatifs, le risque de migration de ces polluants est nul.

Les pompages d'épuisement, si leur effet atteint une zone historiquement polluée, sont susceptibles de créer temporairement des changements dans les directions et gradients d'écoulements souterrains pouvant entrainer des modifications dans l'évolution de la migration des pollutions existantes aussi bien horizontalement au sein d'une même nappe que verticalement entre deux nappes superposées.

Les figures suivantes montrent les gradients et directions d'écoulement des eaux souterraines dans la nappe alluviale dans la situation de référence et en cours de travaux au niveau de la rive gauche de la Seine vers Vitry-sur-Seine où des pollutions ponctuelles de la nappe superficielle sont avérées. La situation en cours de travaux a été établie dans le cadre du scénario 1 et dans le cas de figure le plus extrême, c'est-à-dire le plus défavorable.

Les directions d'écoulement restent très proches de la situation de référence mais les gradients sont réduits notamment dans le secteur de la friche Arrighi. **L'incidence des pompages d'épuisement en phase travaux sur le déplacement horizontal des zones de pollution au sein de la nappe des alluvions devrait donc être limitée. Les directions de propagation resteront globalement les mêmes, en revanche les vitesses d'écoulement qui sont proportionnelles au gradient seront localement réduites.**



Directions d'écoulement dans les alluvions à proximité de la gare des Ardoines et de la friche Arrighi dans la situation de référence (à gauche) et en phase travaux (à droite) pour le cas de figure le plus extrême
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Au droit du tracé dans la plaine de Vitry, la nappe du Calcaire grossier est relativement bien séparée de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions.

Néanmoins, la nappe du Calcaire grossier qui sera majoritairement influencée par les pompages d'épuisement sera tout de même réalimentée en partie par la nappe alluviale sus-jacente. Des écoulements souterrains descendants de la nappe alluviale vers la nappe du Calcaire grossier seront donc engendrés temporairement par les pompages d'épuisement.

Il est donc possible que, localement, de l'eau contaminée issue de la nappe superficielle atteigne la nappe du Calcaire grossier sous-jacente qui est probablement de meilleure qualité car elle bien protégée naturellement. Il est difficile de quantifier précisément ce risque dans la mesure où la qualité des nappes est globalement mal connue et les vitesses de transferts des différents type de polluants difficile à appréhender en l'état des connaissances.

Néanmoins, il n'est pas attendu d'impacts significatifs lié à une migration verticale d'éventuelles pollutions de la nappe dans la mesure où :

- le phénomène de dilution réduirait considérablement la charge polluante au sein du Calcaire grossier. Une extension approximative de la zone présentant des pollutions ponctuelles de la nappe superficielle est représentée dans les figures ci-avant. Au droit de cette zone, le facteur de dilution entre la nappe superficielle et la nappe du Calcaire grossier est de 3,5 dans le cas du scénario 1 (pour le cas de figure extrême) et de 8 dans le cas du scénario 3 (pour le cas de figure extrême). Cela signifie que globalement, le débit qui circule au sein du Lutétien est au moins 3,5 fois plus important que le débit qui provient de la nappe superficielle. Une dilution importante est donc attendue pour le cas de figure extrême) ;

- la vitesse de transfert des polluants est inférieure à celle des transferts d'eau du fait principalement des phénomènes d'adsorption sur la matrice solide des couches aquifères et peu perméables séparant les nappes ;

- les pompages d'épuisement vont jouer le rôle de « pompages de fixation ». Durant les phases de pompage, les écoulements de la nappe du Calcaire grossier seront orientés vers les dispositifs de pompage qui seront munis de dispositifs de traitement si l'eau prélevée ne présente pas une qualité satisfaisante ;

- aucun usage sensible de la nappe du Calcaire grossier n'est recensé à proximité cette zone. Deux forages exploitent la nappe du Calcaire grossier dans le secteur concerné. Il s'agit des forages de l'usine SANOFI qui sont exploités ponctuellement pour du refroidissement. Sur ce site, une unité de pompage de fixation de la nappe alluviale est active et devrait permettre de limiter le risque de transfert vertical d'une pollution ;

- sur le reste du secteur de la plaine de Vitry, l'analyse des données disponibles sur les fiches BASOL et BASIAS montre que le risque de pollution du milieu souterrain est à relativiser entre la Seine et la Marne. La nappe du Calcaire grossier n'est pas exploitée pour des usages sensibles ;

- après l'arrêt des pompages du chantier, les écoulements souterrains retrouveront leur orientation initiale. La nappe du Calcaire grossier sera de nouveau drainée par la Seine tout comme la nappe superficielle. In fine, les eaux souterraines seront drainées par le même exutoire constitué par les cours d'eau. Une contamination locale éventuelle locale de la nappe du Calcaire grossier ne serait donc que temporaire.

Avant le début et durant les travaux, la qualité de l'eau souterraine de la nappe des alluvions et de la nappe du Calcaire grossier sera analysée au droit et dans les environs immédiats de la future gare des Ardoines et du puits tunnelier Arrighi. La qualité de l'eau sera régulièrement suivie au cours du pompage sur les principaux indices de pollution dont les COHV et les hydrocarbures. Des dispositifs de traitement de l'eau souterraine seront étudiés et mis en place si nécessaire pour limiter les impacts sur les eaux souterraines.

Un suivi sera également réalisé sur les autres gares du secteur. Si nécessaire, un traitement de type filtre à charbon actif sera mis en place sur les chantiers avant les rejets.

f. Conclusions sur le secteur de la Plaine de Vitry

Les débits d'épuisement évalués pour les gares du secteur de la Plaine de Vitry et le puits tunnelier Arrighi sont significatifs malgré la mise en œuvre de solutions constructives de réduction telles que parois moulées, jupes et fonds injectés.

En conséquence, plusieurs simulations ont été réalisées afin de quantifier aussi précisément que possible l'effet piézométrique attendu par la réalisation des pompages d'épuisement durant la phase travaux.

Plusieurs scénarios représentant les phases d'avancement du chantier (phases les plus critiques du chantier pour chaque ouvrage) ont été réalisés. Ces scénarios ont permis d'effectuer des simulations hydrodynamiques permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal attendu dans les nappes du secteur à savoir la nappe alluviale, la nappe du Lutétien et la nappe de la craie.

Des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus au niveau du secteur de la vallée de la Seine et de la Marne dans la nappe du Lutétien malgré les dispositions constructives prévues.

Globalement, ces effets piézométriques resteront compatibles avec les usages des exploitations d'eau recensés dans le secteur étudié.

Les effets piézométriques issus du modèle 2 ont été également exploités afin d'évaluer les impacts attendus du projet vis-à-vis de différents phénomènes tels que les conséquences de l'abaissement du niveau des nappes sur **le bâti, le phénomène de dissolution du gypse et sur la qualité des eaux souterraines.** L'impact relatif à ces différentes thématiques est évalué sur la base des résultats obtenus avec les scénarios de simulation qui sont les plus défavorables pour la thématique concernée.

Au regard des résultats, le risque de désordre sur les constructions existantes vis à vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux apparaît faible sur tout le secteur de la plaine de Vitry.

L'incidence des pompages d'épuisement en phase travaux sur le phénomène de dissolution du gypse est difficilement quantifiable. De manière qualitative les pompages d'épuisement vont toutefois créés provisoirement un environnement plus favorable à ce phénomène de dissolution du gypse. **Néanmoins, le risque de désordre sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.**

Enfin, les résultats de simulation montrent que **l'incidence des pompages d'épuisement en phase travaux sur le déplacement horizontal des zones de pollution au sein de la nappe des alluvions devrait être limitée. Les directions de propagation resteront globalement les mêmes, en revanche les vitesses d'écoulement seront localement réduites.**

Par ailleurs, les pompages d'épuisement vont entrainer des écoulements souterrains descendants de la nappe alluviale vers la nappe des Calcaires Grossiers malgré la présence de formations peu perméables entre les deux nappes. Il est donc possible que, localement, de l'eau de la nappe superficielle, présentant des indices de pollution, atteigne la nappe sous-jacente en particulier dans le secteur de l'ancienne zone industrielle longeant la Seine sur la commune de Vitry (commune la plus danse en anciennes activités sensibles). **Le risque est difficile à quantifier précisément mais il n'est pas attendu d'impacts significatifs de par les phénomènes de dilution et d'atténuation qui se produisent durant le transfert et du fait qu'aucun usage sensible ne soir recensé dans ce secteur.**

1.6.2.10 Impacts hydrogéologiques sur le secteur du Plateau de Champigny

Ce secteur ne présente pas de débits d'épuisement significatifs de par la configuration des ouvrages. Les parois moulées de la gare de Noisy-Champs seront ancrées à la base des Marnes d'Argenteuil très peu perméables. Le débit d'épuisement sera donc très faible. Aucuns impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines n'est attendu.

Toutefois, pour la gare de Bry-Villiers-Champigny, le fond de fouille est, pour un scénario, près de 3 mètres sous le niveau de la nappe. Un calcul semi-analytique spécifique pour cette gare a donc été réalisé pour évaluer l'impact piézométrique de ce pompage d'épuisement.

a. Méthodologie dévaluation des impacts liés à la construction de la gare de Bry-Villiers-Champigny

La gare de Bry-Villiers-Champigny est réalisée sous protections de parois moulées traversant la majeure partie des Calcaires de Champigny plutôt peu perméables dans ce secteur. A ce stade, le niveau du fond de fouille n'est pas défini, deux hypothèses sont envisagées (fond de fouillé situé 0,3 m sous le niveau de la nappe ou fond de fouillé situé 2,3 m sous le niveau de la nappe).

Dans le premier cas, le débit d'épuisement est relativement faible, mais pour le second cas le débit d'épuisement pourrait être non négligeable.

Les rabattements de la nappe des Calcaires des Champigny engendrés par le pompage en phase travaux au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny ont été évalués par calcul semi-analytique grâce au logiciel TIGRE, développé par le BRGM.

Le logiciel TIGRE (Théorie des Images dans une Géométrie Rectangulaire) permet de calculer l'évolution au cours du temps des rabattements résultant d'un ensemble de puits de pompage situés dans une nappe souterraine homogène. La méthode basée sur la théorie des images, utilise une solution analytique : les calculs sont réalisés directement, sans aucune discrétisation du temps ou de l'espace, par superposition de l'influence de chaque puits et limite selon la formule de Theis.

Cette approche ne permet pas de prendre en compte le gradient de la nappe.

Limites du domaine

Les limites du domaine hydrogéologique considéré sont représentées sur la figure ci-dessous. Les limites du domaine ont été définies à partir de la géologie du secteur. Au niveau de ce secteur, l'aquifère du Calcaire de Champigny est réalimenté au nord, au sud et à l'est par les coteaux, en particulier par la nappe des Calcaires de Brie. L'exutoire de l'aquifère est quant à lui situé à l'ouest.

Des limites à potentiel imposé ont donc été définies au nord, au sud et à l'est du domaine. Une limite à flux nul a été imposée à l'aval du domaine, à l'ouest.

Le domaine hydrogéologique ainsi délimité représente environ 2,7 km de long sur 1,7 km de large, soit une surface de l'ordre de 4,6 km².

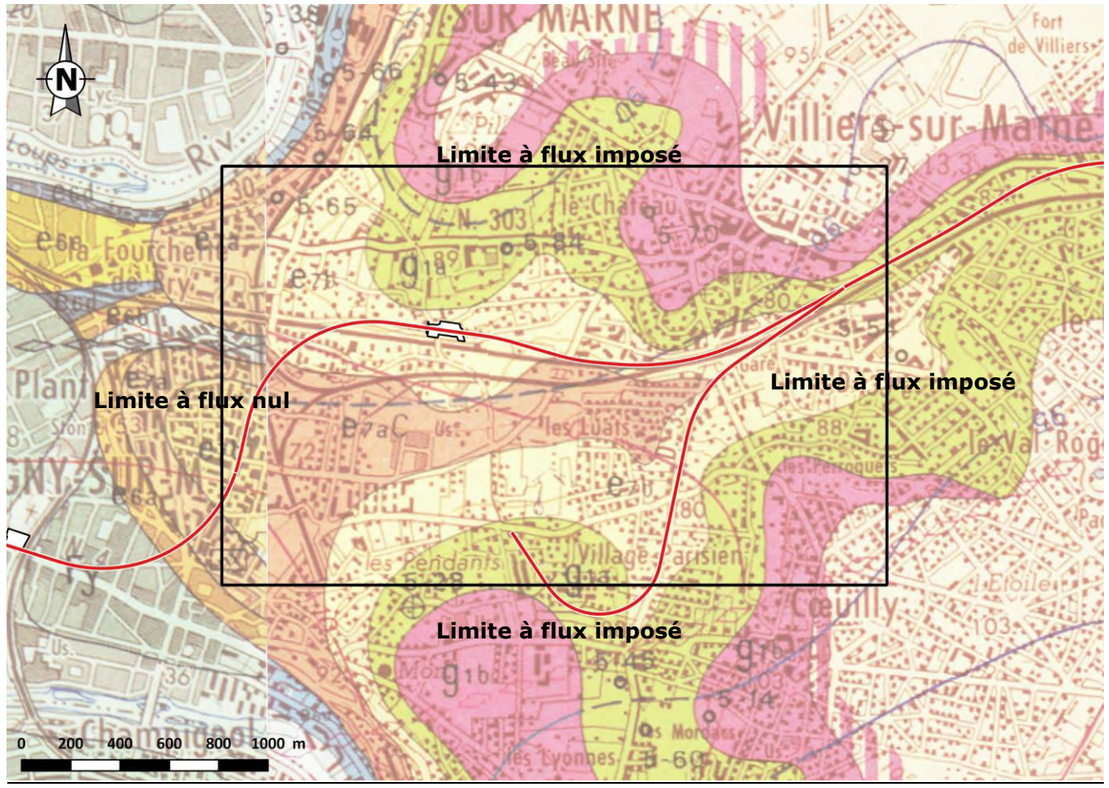
Opérations de calage

Le rabattement de la nappe du Calcaire de Champigny au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny en phase travaux est de 2,26 m. Le débit de pompage estimé par les maitres d'ouvrage varie de 8 à 80 m^3/h.

Le calage du modèle semi-analytique en régime permanent a consisté à reproduire le rabattement au droit de la gare en considérant les débits du maitre d'ouvrage.

En considérant cette gamme de débit et afin d'obtenir un rabattement de 2,26 m au droit de la gare, la transmissivité a été calée entre 5,4E-4 m²/s et 5,4E-3 m²/s.dans le logiciel TIGRE.

Les valeurs de transmissivité issues de ce calage sont représentatives de la transmissivité globale des Calcaires de Saint-Ouen et du Calcaire de Champigny.



Limites du modèle
(source : BURGEAP)

b. Effets piézométriques liés à la réalisation des pompages d'épuisement en phase travaux et impacts directs sur les exploitations d'eaux souterraines

La figure suivante présente l'effet piézométrique du pompage d'épuisement au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny, sur la nappe du Calcaire de Champigny, en régime permanent.

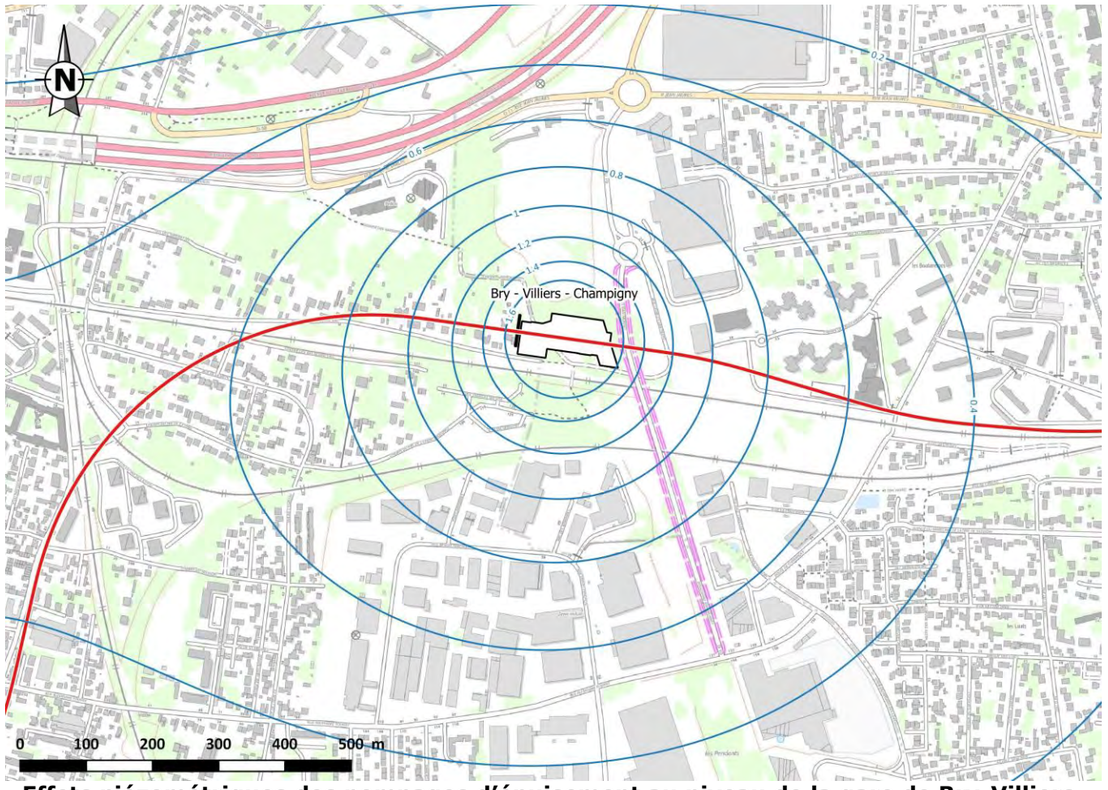
Deux simulations ont été réalisées :

- une première simulation en considérant un débit de pompage de 8 m3/h et une transmissivité de 5,4E-4 m²/s ;
- une seconde simulation en considérant un débit de pompage de 80 m3/h et une transmissivité de 5,4E-3 m²/s.

Les effets piézométriques sont identiques pour ces deux simulations (cf. figure ci-après).

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe des Calcaires de Champigny, à proximité immédiate de la future gare, où l'abaissement atteint près de 2,2 mètres.

Globalement, dans la nappe du Calcaire de Champigny, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 0,1 km², soit une distance autour de la gare comprise entre 120 et 130 mètres. Cet abaissement est relativement limité.



Effets piézométriques des pompages d'épuisement au niveau de la gare de Bry-Villiers-Champigny
(source : BURGEAP)

c. Impacts du pompage d'épuisement

Aucun captage d'eau souterraine exploitant l'aquifère de l'Eocène supérieur n'a été identifié dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny. Ainsi, aucune exploitation d'eau souterraine actuelle n'est menacée par le pompage qui sera réalisé en phase travaux.

Dans ce secteur, aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu compte tenu de la lithologie de l'aquifère : il n'y a donc pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène.

Le pompage d'épuisement va entrainer des modifications locales des directions d'écoulement. L'aquifère de l'Eocène supérieur situé à près de 23 m de profondeur au droit du site, et protégé par les formations peu perméables des Marnes d'Argenteuil en tête. Il est donc vraisemblable que cet aquifère présente une eaux de bonne qualité.. Ainsi, l'impact des pompages en terme de migration potentielle de pollution n'est pas à considérer.

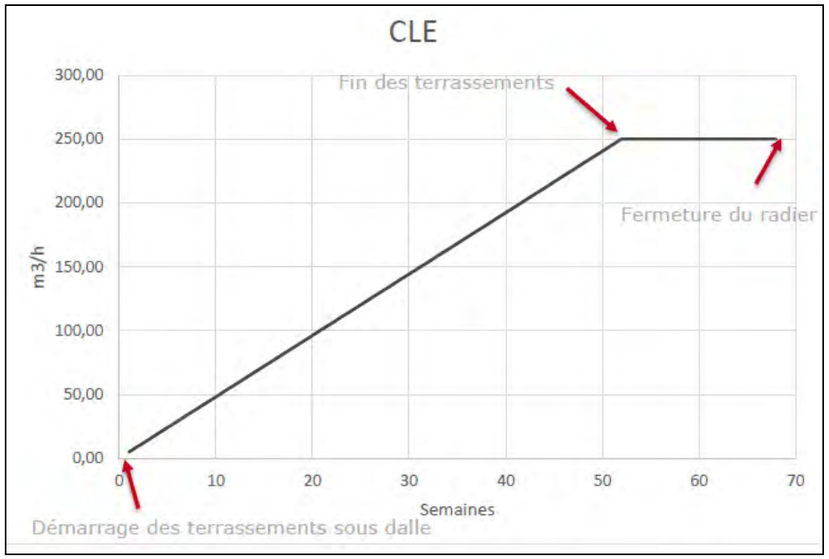
Pour la gare de Bry-Villiers-Champigny, les débits d'épuisement pourront atteindre près de 80 m^3/h. Toutefois l'impact piézométrique est relativement faible à l'échelle du secteur. Et n'auront pas d'impacts sur les exploitation d'eau souterrain, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraine.

Pour la gare de Noisy Champs, les débits d'épuisement seront limités à l'évacuation de l'eau contenue dans les terrains en cours d'excavation. Il n'y aura pas d'impacts piézométriques en phase travaux. Ces impacts piézométriques négligeables n'auront donc aucun impact sur les exploitations d'eaux souterraines, le bâti et sur les migrations de pollution d'eau souterraines.

1.6.2.11 Mesures de suivi pendant les travaux

a. Principes généraux

Les pompages d'épuisement seront réalisés de manière très progressive. En effet, le planning de chantier prévoit une augmentation continue sur une longue période du débit d'épuisement qui sera fonction de l'avancé des terrassements. Ainsi le débit d'épuisement et les effets associés vont progressivement augmenter jusqu'à la valeur de pointe calculée. À titre indicatif, le graphique suivant montre l'évolution du débit d'épuisement avec le temps pour la gare de Créteil L'Echat située dans un secteur sensible de remblais d'anciennes gravières.



Évolution du débit d'épuisement en fonction du temps pour la Gare de Créteil L'Echât
(Source : données SYSTRA)

Le débit d'épuisement évoluera de manière progressive ce qui offrira une marge de manœuvre conséquente pour la mise en place de mesures correctives en cas de divergence constaté entre les effets prévisionnels et les effets réels.

Les mesures de suivi prévues concernent :

- **les niveaux d'eau** : les niveaux piézométriques seront suivis à l'extérieur de l'enceinte délimitée par les parois moulées dans les nappes sensibles afin de vérifier que l'incidence piézométrique est bien conforme aux évaluations.

- **les débits et volumes pompés :** les débits et volumes effectivement pompés seront suivis régulièrement. Le débit mesuré sera mis en perspective avec la hauteur d'eau dénoyée au sein de la fouille pour vérifier que les débits extraits sont conformes aux prévisions.

  Les divergences éventuelles peuvent avoir plusieurs origines : soit provenir de défaut de réalisation des solutions de réduction (efficacité insuffisante des injections de sol par exemple), soit être la conséquence d'un contexte hydrogéologique singulier.

  Dans tous les cas, si le débit d'épuisement diverge de manière trop importante des prévisions, des traitements complémentaires pourront être demandés aux entreprises (par exemple épaississement et prolongement de jupe injectée ou épaississement de bouchons injectés).

- **la qualité de l'eau :** la qualité de l'eau pompée sera évidemment suivie pour des raisons sanitaires et pour vérifier l'effet des pompages sur la migration de polluants éventuellement contenus dans les eaux souterraines alentours.

  En complément de l'analyse des polluants éventuels susceptibles d'être présents dans les eaux souterraines, des analyses seront réalisées sur les éléments majeurs marqueurs du gypse : calcium, sulfates, conductivité. L'objectif de ces analyses est de suivre l'évolution du potentiel « dissolvant » de l'eau extrait vis-à-vis du gypse. Une attention particulière sera portée sur l'augmentation de la teneur de l'eau souterraine dans ces éléments par rapport à leur concentration initiale pouvant traduire une accélération des phénomènes de dissolution.

- **le suivi des tassements :** des cibles de nivellement et des tassements seront posés et suivis afin de mesurer le tassement éventuel induit par les travaux. Les mesures de tassement permettront de vérifier que ceux-ci sont conformes aux prévisions. Si des tassements, non anticipés, imputables aux effets des pompages d'épuisement sont constatés, des solutions de réduction du débit complémentaires pourront être mises en œuvre (par exemple épaississement et prolongement de jupe injectée ou épaississement de bouchons injectés).

b. Mesures de suivi propres aux moyens de pompage et moyens de secours

- ***Mesures de suivi propres aux dispositifs d'épuisement***

Des piézomètres de surveillance seront mis en place à l'intérieur et à l'extérieur des enceintes de parois moulées, afin de suivre les niveaux d'eau tout au long de la phase d'épuisement. Ce suivi sera exercé en continu à l'aide de sondes de mesures automatiques dans un réseau piézométrique constitué à minima de deux ouvrages par site et par aquifère impacté.

Par ailleurs, le dispositif d'exhaure sera équipé :

- d'un compteur de débit, sans système de remise à zéro, qui sera accessible à la police de l'eau ;
- d'un dispositif permettant le « prélèvement d'échantillons d'eau brute » (par exemple un piquage muni d'une vanne d'arrêt).

Les puits de pompages seront régulièrement contrôlés et les pompes soumises à un programme de maintenance.

Toutes les mesures seront consignées dans un cahier de suivi de chantier. Les eaux d'exhaure seront régulièrement prélevées puis analysées par un laboratoire agréé afin de vérifier leur compatibilité avec le dispositif de rejet associé.

L'ensemble des informations relatives au dispositif d'exhaure (compte-rendu des travaux réalisés, suivi des débits d'exhaure, bordereaux d'analyses, etc.) sera tenu à disposition sur le site du maître d'ouvrage et des services de la Police de l'eau.

En effet, un cahier de suivi de chantier sera établit au nom du maître d'ouvrage. Celui-ci intégrera :

- le calendrier prévisionnel du déroulement des travaux ;
- le PPSPS (Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé) ;
- les résultats des analyses d'eau ;
- le relevé hebdomadaire et mensuel des volumes pompés ;
- les niveaux d'eau mensuels au sein des piézomètres de contrôle, ce suivi devant être maintenu durant plusieurs mois après l'arrêt du dispositif d'exhaure ;
- le relevé des incidents et de la maintenance effectuée au niveau du dispositif.

Un registre de suivi d'exploitation sera également mis à disposition sur le chantier. Celui-ci intègrera :

- le relevé hebdomadaire et mensuel des volumes pompés ;
- les niveaux d'eau mensuels au sein des piézomètres de contrôle, ce suivi devant être maintenu durant plusieurs mois après l'arrêt du dispositif d'exhaure ;
- le relevé des incidents et de la maintenance effectuée au niveau du dispositif.

- ***Moyens de secours pour pallier toute défaillance technique***

En cas de défaillance d'un des éléments des dispositifs d'exhaure, des moyens de secours seront prévus, avec notamment :

- la réalisation d'au moins un puits de pompage supplémentaire par site afin de parer tout problème qui surviendrait sur l'un des puits (colmatage des crépines, baisse de la productivité, entrainement de fines…) ;
- la constitution d'un stock d'équipements supplémentaires par site.

Les travaux de forage seront par ailleurs réalisés par des entreprises spécialisées, adhérentes à la charte de qualité des foreurs d'eau, et supervisés par un bureau d'ingénierie spécialisé qui suivra les travaux, établira la coupe géologique et technique des ouvrages, et adaptera si besoin la profondeur des équipements à la lithologie rencontrée (tubes pleins, tubes crépinés).

Enfin, les entreprises de forage feront un état des lieux des piézomètres mis en place lors des phases d'étude et toujours existants. Elles procèderont au rebouchage, dans les règles de l'Art et en respectant la norme NF X10-999, les ouvrages qu'elles ne jugeront pas nécessaire de conserver. Les entreprises pourront conserver les piézomètres qu'elles jugeront utiles pour compléter le réseau de surveillance piézométrique des opérations d'exhaure en phase chantier, sous réserve que l'état de ceux-ci le permette (absence de dégradation de leur intégrité, protection des ouvrages toujours en place…).

Au stade actuel des études, et compte tenu de l'avancement du projet, le dimensionnement précis des systèmes d'épuisement n'est pas finalisé. Dans tous les cas, ces dispositifs respecteront le formalisme de principe décrit dans le chapitre 2 suivant. Tous les éléments qui n'auraient pas été fournis au moment du dépôt du dossier Loi sur l'Eau seront communiqués au préfet et par courrier, en double exemplaire, au moins un mois avant le début des travaux de pompage, avec notamment :

- les dates de début et de fin de chantier ;
- le nom de la ou des entreprises retenues pour l'exécution des travaux de sondages, forages, puits, ouvrages souterrains envisagés ;
- les différentes phases prévues dans le déroulement des travaux ;
- les références cadastrales des parcelles concernées par les travaux ;
- les cotes précises entre lesquelles seront faites les recherches d'eau souterraines ;
- les dispositions et techniques prévues pour réaliser, et selon les cas, équiper ou combler les sondages, forages, et ouvrages souterrains ;
- les modalités envisagées pour les essais de pompage, notamment les durées, les débits prévus et les modalités de rejet des eaux pompées ;
- la localisation précise des piézomètres ou ouvrages voisins qui seront suivis pendant la durée des essais ;
- pour les ouvrages situés dans les périmètres de protection des captages destinés à l'alimentation humaine ou susceptibles d'intercepter plusieurs aquifères, les modalités de comblement envisagées dès lors qu'ils ne seraient pas conservés.

Le tableau suivant rappelle tous les éléments qui seront transmis à la police de l'eau ainsi que les paramètres à suivre :

Éléments à transmettre à la police de l'eau	**Calendrier**
Dates de chantier, nom des entreprises, déroulement des travaux, références cadastrales des parcelles, localisation et coupes des puits / piézomètres, modalités pour les essais et les rejets	1 mois AVANT le début des travaux
Registre de suivi	À disposition sur chantier
Modalités de comblement et date de réalisation (coupe technique et méthodologie)	1 mois AVANT le début des travaux de comblement
Rapport de fin de travaux de comblement	2 mois APRES les travaux de comblement
Paramètres à suivre	**Fréquence**
Volumes pompés	Hebdomadaire et mensuel
Niveaux d'eau au sein des piézomètres de contrôle	Mensuel
Niveaux d'eau au sein d'un piézomètre situé en dehors de la fouille	Mensuel, et durant plusieurs mois après l'arrêt du dispositif d'exhaure

Éléments qui seront transmis à la Police de l'Eau et liste des paramètres à suivre

1.6.3 Impacts en phase d'exploitation sur les nappes souterraines (débits d'épuisement et effets piézométriques)

1.6.3.1 Évaluation des débits d'infiltration résiduels en phase d'exploitation

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches à l'eau souterraine autant que possible. En effet, s'agissant d'ouvrages situés en permanence sous le niveau de l'eau souterraine, des débits d'infiltration, qui peuvent être qualifiés de « suintements », sont toujours possibles. La tolérance à ces débits d'infiltration éventuelle est fixée à :

- 1,8 m^3/h par km de tunnel situé sous la nappe ;
- 0,5 l/j par m^2 de mur d'ouvrage enterré en contact avec une nappe.

Ainsi, les débits d'infiltration en phase d'exploitation sont extrêmement réduits.

Les tableaux des pages suivantes présentent les débits d'épuisement pour chaque ouvrage de la Ligne 15 Sud.

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (1/2)

PHASE EXPLOITATION	Débit issu du tunnel (m^3/j)	Débit issu des parois (m^3/j)	Débit total (m^3/h)	Volume annuel prélevé (m^3)
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	9.5	6.5	0.7	33 945
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	0.0	32	1.3	39 785
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	4.6	1.4	0.3	30 660
OA10 + rameau (place de la Résistance)	2.5	1.5	0.2	21 170
Gare Issy RER	2.9	6.1	0.4	22 630
Émergence Issy RER C et connexion	0.0	2	0.1	3 650
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	38.0	0.0	1.6	13 870
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	0.0	1.0	<0.05	365
OA 8 (Square Malleret Joinville)	65.0	0.0	2.7	23 725
OA7 (Fort de Vanves)	31.0	0.0	1.3	11 315
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	0.0	2.1	0.1	767
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	18.0	0.0	0.8	6 570
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	51.0	0.0	2.1	18 615
Gare de Bagneux (BAG)	0.0	1.9	0.1	694
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	7.0	0.0	0.3	2 555
Gare Arcueil Cachan (ACA)	33.0	1.0	1.4	12 410
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	59.0	0.0	2.5	21 535
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	25.0	0.0	1	9 125
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	0.0	2.1	0.1	767
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	67.0	0.0	2.8	24 455
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	0.0	1.0	<0.05	365
P23/1501P (rue du génie)	151.2	1.7	6.4	55 801
Gare de Vitry Centre	194.4	3.8	8.3	72 358
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	345.6	1.4	14.5	126 670
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	86.4	1.0	3.6	31 886
PS21/1404S (rue Gabriel Peri)	-	-	-	-
Gare les Ardoines	0.0	4.6	0.2	1 664
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	172.8	2.2	7.3	63 860
P18/1301P (rue de Rome)	172.8	2.2	7.3	63 860
Gare de Vert-De-Maisons	345.6	2.9	14.5	127 195
P17/1201P (Université Créteil)	194.4	1.9	8.2	71 657
Gare de Créteil L'Echat	151.2	4.8	6.5	56 940
P16/1103P (stade F. Desmond)	0.0	1.0	<0.05	350
P15/1102P (Av Ceinture)	64.8	0.7	2.7	23 915

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (2/2)

PHASE EXPLOITATION	Débit issu du tunnel (m^3/j)	Débit issu des parois (m^3/j)	Débit total maximal (m^3/h)	Volume annuel prélevé (m^3)
P14/1101P (rue du Port Créteil)	280.8	1.0	11.7	102 842
Gare Saint Maur Créteil	0.0	4.1	0.2	1 489
P13/1003P (impasse Abbaye)	345.6	1.2	14.5	126 582
P12/1002P (av Charles Floquet)	129.6	0.7	5.4	47 567
P11/1001P	194.4	1.0	8.1	71 306
Gare Champigny Centre	172.8	6.7	7.5	65 525
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)	151.2	1.2	6.4	55 626
P09/0901P	172.8	0.5	7.2	63 247
Gare de Bry-Villiers-Champigny	0.0	4.8	0.2	1 752
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)	345.6	0.7	14.4	126 407
PSMR/0813S	-	-	-	-
PS12/0811S (avenue Maurice Thorez)	-	-	-	-
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)	-	-	-	-
P07/807P (sentier des marins)	151.2	1.0	6.3	55 538
P06/806P (rue Mozart)	118.8	0.7	5.0	43 625
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)	172.8	1.0	7.2	63 422
P04/804P (place des Yvris)	118.8	1.0	5.0	43 712
P03/803P (rue du Ballon)	162.0	0.5	6.8	59 305
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)	118.8	0.7	5.0	43 625
Gare Noisy-Champs	0.0	4.8	0.2	1 752
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)	86.4	0.5	3.6	31 711
	VOLUME TOTAL PRELEVE =			**2 000 164**

1.6.3.2 Présentation des systèmes de collecte des eaux d'exhaure en phase définitive

Les eaux souterraines récoltées en phase exploitation sont les suintements susceptibles de traverser les parois du tunnel ou des gares et des ouvrages annexes. Les débits d'infiltration seront très faibles dans la mesure où les parois du projet sont conçues pour être presque étanches mais ne seront pas totalement nuls.

Dans ce cadre, en ce qui concerne le tunnel, un système de drainage à la base du tunnel sera mis en place afin de recueillir :

- les eaux d'infiltration dans le tunnel ;
- les eaux produites à l'intérieur de celui-ci, notamment lors de l'utilisation du réseau de lutte contre l'incendie ;
- éventuellement les eaux d'infiltration venant des puits d'intergare ;
- les eaux « sales » venant du matériel roulant et du nettoyage.

Le système de drainage est constitué à l'intérieur du tunnel :

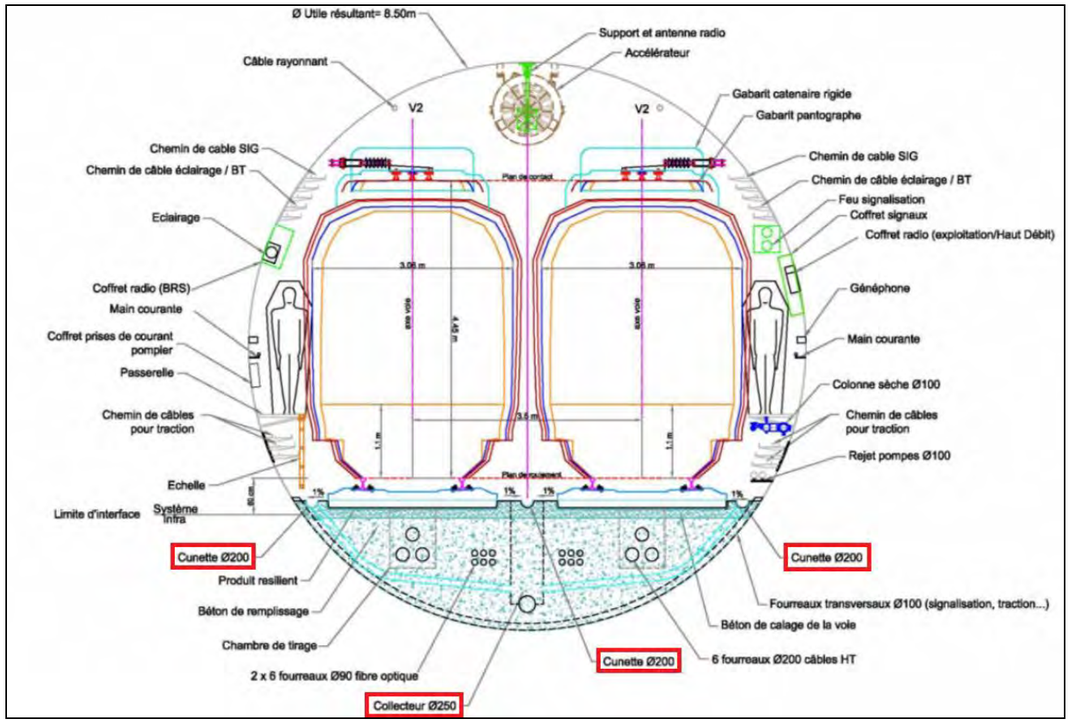
- d'un collecteur central Ø250 noyé dans le béton de remplissage du tunnel ;
- de cunettes latérales Ø200 implantées à proximité des piédroits ;
- d'une cunette centrale Ø200 sur le béton de voie.

Les cunettes latérales rejettent dans des barbacanes dans le collecteur et espacées longitudinalement de 25 m au plus. La cunette centrale alimente le collecteur par l'intermédiaire de regards. Les regards sont implantés tous les 50 m pour assurer le curage du collecteur. Le fond de ces regards doit être au niveau du fond du collecteur.

En fonction du dévers et de l'implantation des appareils de voie, les eaux produites à l'intérieur du tunnel sont dirigées tous les 25 m vers le collecteur central par :

- des saignées réalisées dans le béton de structure de la voie entre les blocs ;
- des barbacanes.

L'ensemble du dispositif est présenté sur la figure suivante représentant la coupe transversale du tunnel et du système de drainage associé.



Coupe type transversale du projet et du système drainage
(Figure issue du mémoire technique de conception du tunnel – SETEC)

Pour les ouvrages, les eaux d'infiltration seront collectées par des cunettes situées le long des voiles des ouvrages à leur niveau le plus profond. Ces cunettes permettront d'acheminer les eaux d'infiltration vers une station de relevage située dans un point bas au niveau des gares. Ces stations de relevage collecteront également les eaux d'infiltration au travers des parois du tunnel et les eaux de pluie tombant directement sur les grilles d'aération des ouvrages.

– Une station de relevage sera composée :

- d'une fosse de relevage dont la dimension précise sera déterminée dans les phases d'étude à venir. La dimension de la fosse de relevage sera calculée, entre autres, en fonction de la quantité d'eau qui y sera acheminée qui dépend des pentes du tunnel de part et d'autres de la fosse ;
- de pompes permettant de remonter les eaux vers le réseau d'assainissement ;
- d'une armoire de contrôle commande des pompes situées dans un local (pour le cas particulier des points bas en tunnel entre deux gares, cette armoire est située dans le local de la station la plus proche),
- de détecteurs de niveaux (flotteurs).

La construction du tunnel ne présente donc pas d'impact sur les nappes souterraines.

1.6.3.3 Évaluation des impacts liés à la récupération des eaux d'infiltration en phase d'exploitation

Les ouvrages et le tunnel sont conçus pour être étanches à l'eau souterraine autant que possible. En effet, s'agissant d'ouvrages situés en permanence sous le niveau de l'eau souterraine, des débits d'infiltration, qui peuvent être qualifiés de « suintements », sont toujours possibles.

Ces débits d'infiltration ont été estimés à environ 2 000 000 m^3/an répartis sur 33 Km environ. En moyenne, le débit de prélèvement d'eau souterraine sera donc d'environ 7 m^3/h par Km de métro. Ce débit d'infiltration est très faible au regard des prélèvements d'eau souterraine pratiqués pour différents usages dans les différents aquifères exploitables dans les environs du projet. Ce prélèvement permanent tout à fait mineur ne sera pas en mesure d'engendrer un abaissement piézométrique significatif.

Aucun impact hydrogéologique lié à l'infiltration des eaux souterraines au travers des parois du projet n'est attendu.

Aucune mesure de suivi sur le long terme n'apparait nécessaire pour ce sujet.

1.6.4 Impacts liés au rejet des eaux souterraines en phase travaux et exploitation en mesures d'accompagnement

1.6.4.1 Rappel des enjeux liés au rejet des eaux souterraines

La majeure partie du projet se situe sous le niveau de l'eau souterraine. Ainsi, des prélèvements d'eau souterraine (pompages d'épuisement en phase travaux nécessaires à la réalisation des ouvrages de surface et récupération de suintements en phase d'exploitation) sont nécessaires à la réalisation d'un tel projet.

Dans les secteurs où les aquifères sont potentiellement productifs, un débit d'épuisement en phase travaux résiduel susceptible d'être non négligeable sera nécessairement prélevé pour certains ouvrages, impliquant un débit de rejet équivalent.

Les **enjeux** susceptibles d'être impactés par ces effets sont principalement :

- enjeu quantitatif lié à la préservation de la ressource en eau souterraine ;
- enjeu qualitatif lié à la protection sur la ressource en eau souterraine ;
- les exploitations d'eau souterraine ;
- le bâti en cas de désordre mécanique associé à un phénomène de dissolution du gypse par exemple ou de remontée de nappe.

La sensibilité du milieu au rejet des eaux d'exhaure dépend essentiellement de l'**aléa** à savoir :

- la productivité potentielle de l'aquifère ;
- la qualité de la nappe.

Le tableau ci-dessous est issu de l'analyse croisée des aléas et enjeux de chaque secteur spécifique, résume l'échelle de sensibilité liée à la réalisation de rejet d'eau souterraine.

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Aquifère très productif. Nombreuses exploitations d'eau souterraine. Pollutions de la nappe avérée.
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Aquifère modérément productif. Aquifère peu exploité.
Secteur du plateau de Villejuif	Aquifères de faible productivité. Présence de niveaux gypseux.
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Aquifères très productifs. Nombreuses exploitations d'eau souterraine. Présence de niveaux gypseux. Pollutions de la nappe avérée.
Secteur du plateau de Champigny	Aquifères de faible productivité. Aquifère non exploité.

Hiérarchisation de la sensibilité liée au rejet des eaux souterraines
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.6.4.2 Stratégie générale de gestion des rejets des eaux souterraines

a. *Principes généraux de la démarche*

Les travaux de la Ligne 15 Sud nécessiteront la mise en place de dispositifs d'épuisement de fouille sur la majeure partie des ouvrages envisagés. Des dispositions constructives seront mises en œuvre afin de limiter autant que possible les débits à gérer en fond de fouille. Toutefois, des eaux d'exhaure résiduelles devront être gérées. Trois solutions de gestion peuvent être envisagées, selon l'ordre de priorité suivant :

- réinjection dans la même nappe ;
- rejet au cours d'eau ;
- rejet au réseau d'assainissement.

Conformément à la doctrine technique établie par la DRIEE, la réinjection en nappe est la solution privilégiée et étudiée en premier lieu afin de limiter l'impact quantitatif sur la ressource d'un dispositif d'épuisement. Si cette solution ne s'avère pas faisable, le rejet au réseau hydrographique est ensuite envisagé. Enfin, en cas d'impossibilité physique ou de contrainte technico-économique trop forte pour la réinjection et le rejet en cours d'eau, un rejet au réseau est retenu en respectant les conditions de rejet (débit, volume, qualité, taxes) appliquées par le gestionnaire local du réseau.

Le choix de la solution dépend de nombreux paramètres (débit résiduel attendu, qualité des eaux et éventuelle nécessité de les traiter au regard des objectifs de qualité du milieu récepteur, emprise chantier disponible, paramètres hydrodynamiques et injectivité des aquifères, prise en compte des risques comme celui de la dissolution du gypse, distance au réseau hydrographique…) qu'il convient donc de prendre en compte.

- ***Réinjection dans le même aquifère***

Pour pouvoir envisager un dispositif de réinjection en nappe, il est nécessaire de satisfaire un certain nombre d'exigences :

- l'aquifère doit être suffisamment productif pour que le dispositif soit efficace. En effet, la réinjection de débits importants ne peut être envisagée que dans un aquifère relativement perméable et à forte capacité d'emmagasinement, d'une part afin de limiter le nombre de puits de réinjection, et d'autre part afin de limiter l'impact du relèvement en nappe (risques d'inondation des infrastructures voisines par exemple) ;
- le contexte environnemental et géologique doit être favorable, pour ainsi éviter tout risque de déstabilisation lié à la présence de couches compressibles ou de minéraux sensibles (gypse par exemple). Le gypse représente un aléa majeur dans la région parisienne car c'est un minéral qui peut être dissous lorsque les régimes d'écoulements sont modifiés. La dissolution du gypse est susceptible de dégrader les caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique, créer des cavités souterraines, décomprimer les terrains sus-jacents, jusqu'à contribuer en cas extrême à l'apparition de fontis. Tous les ouvrages de la Ligne 15 Sud ont été réalisés de telle manière à ce que les débits résiduels soient, autant que possible, les plus limités. Toutefois, la réinjection des eaux résiduelles pourrait créer des cônes de réinjection au niveau des puits et accélérer les vitesses de circulation des eaux. Cette augmentation des vitesses est de nature à favoriser un état propice à ce phénomène de dissolution du gypse, c'est la raison pour laquelle la réinjection des eaux résiduelles dans les zones à risques, c'est-à-dire dans les aquifères présentant des niveaux de gypse identifiés d'épaisseur non négligeables, sera évitée ;
- la qualité de l'eau doit être compatible ou « traitable » en tenant compte de l'espace disponible sur le chantier pour respecter les objectifs de gestion qualitative des ressources. Dans l'absolu, l'eau prélevée sera restituée au même aquifère, sans modification physico-chimique ni dégradation de sa qualité. Le bilan qualitatif sera donc nul. Toutefois, compte tenu des objectifs du SDAGE Seine Normandie en vigueur et de la Directive Cadre sur l'Eau, les eaux réinjectées devront respecter les valeurs seuils indiquées en annexe de l'arrêté du 17 septembre 2008, afin de contribuer à l'atteinte du bon état des « masses d'eaux souterraines » fixé par la DCE ;
- l'espace foncier doit être suffisant pour l'installation des différents éléments du système de réinjection (puits et dispositifs de traitements éventuels). Concernant les puits de réinjection, ceux-ci doivent être positionnés à l'extérieur des enceintes, à au moins 4 m environ des parois moulées. Il s'agit d'une distance minimale à respecter, issue du retour d'expérience de BURGEAP. Cette distance minimale parait nécessaire pour que la présence des parois moulées de l'ouvrage ne risque pas de diminuer significativement l'efficacité des puits. En effet, les pores ou fissures des horizons aquifères à proximité immédiate de parois moulées ou de zones de traitement de sol (jupes injectées, fonds injectés) peuvent être partiellement obstrués par du ciment ou de l'argile de forage, limitant ainsi la capacité d'injection des puits. De plus, les parois moulées créent des obstacles aux écoulements souterrains qui limitent d'autant plus l'efficacité des forages d'injection que ceux-ci sont proches. Par ailleurs, des dispositifs de traitement avant rejet doivent être mis en place afin de réinjecter les eaux résiduelles présentant une qualité non conforme avec les objectifs du SDAGE et de la DCE. Différentes techniques sont utilisées en fonction du type de pollution à traiter (séparateurs à hydrocarbures, décanteurs pour les matières en suspension, filtres à charbon pour traiter les métaux, les hydrocarbures, les AOX, et les pesticides, résines échangeuses d'ions pour le traitement des sulfates et des métaux…). Ces éventuels dispositifs de traitement représentent des contraintes spatiales qu'il convient de prendre en compte dans le choix du dispositif de rejet envisagé.

Par ailleurs, la réinjection en nappe est généralement plus difficile à mettre en œuvre qu'un pompage. Ainsi, afin d'assurer une bonne gestion des eaux d'exhaure en injection, les précautions suivantes doivent être respectées :

- procéder à des opérations régulières de nettoyage / développement des puits afin de conserver une injectivité suffisante ;
- exercer un suivi régulier des niveaux dans chacun des puits afin de détecter des phénomènes de colmatage accélérés ;
- prévoir une capacité de surverse (au réseau par exemple), pour les opérations de nettoyage / décrassage des puits de réinjection (avec l'établissement d'une convention de rejet auprès du concessionnaire du réseau et l'obtention d'une autorisation de rejet).

- ***Rejet au cours d'eau***

Un rejet au cours d'eau nécessite :

- une relative proximité géographique entre le dispositif d'exhaure et le cours d'eau considéré ;
- où la possibilité de tirer une canalisation ;
- où la possibilité d'exploiter une canalisation existante.

Les principales contraintes physiques pour envisager un rejet de ce type sont donc la distance au cours d'eau et l'occupation du sol et du sous-sol en milieu urbain.

L'exploitation d'une canalisation existante (avec éventuellement branchement d'une canalisation provisoire à l'intérieur d'un réseau) est difficilement envisageable car ce type de canalisation reste relativement rare. Cette solution doit faire l'objet d'une autorisation de la part du propriétaire du réseau.

La mise en place de nouvelles canalisations (enterrées ou hors sol) jusqu'au réseau hydrographique peut être envisagée sur des distances modérées mais cette solution présente de grosses contraintes en terme de réalisation dans un contexte urbain.

Ainsi, le rejet au cours d'eau par le biais d'une canalisation existante ou à créer est envisageable pour les ouvrages situés à distance modérée du réseau hydrographique. Elle en revanche extrêmement difficile à mettre en œuvre pour des distances significatives.

Sur le linéaire concerné, seuls les ouvrages situés en bord de Seine et de Marne sont potentiellement propices à un rejet en cours d'eau, sous réserve d'une qualité d'eau compatible. En effet, comme pour la réinjection en nappe, un rejet au cours d'eau suppose que la qualité des eaux d'exhaure soit compatible avec les objectifs du SDAGE et de la Directive Cadre sur l'Eau. Le rejet ne doit pas modifier la qualité des eaux par rapport à l'objectif de bon état fixé par la DCE. Ainsi, selon la qualité des eaux, un dispositif de traitement provisoire avant rejet des eaux au milieu naturel pourra être mis en œuvre. L'emprise des dispositifs de traitement nécessaires représente une contrainte spatiale qu'il convient de prendre en compte dans le choix de la solution de rejet envisagée.

- ***Rejet au réseau***

Le rejet au réseau peut se justifier en cas d'impossibilité physique ou de contrainte technico-économique trop forte pour envisager un rejet au milieu naturel (réinjection en nappe ou rejet en cours d'eau).

Dans le cas où cette solution de rejet serait retenue, il sera privilégié, par ordre de priorité, un rejet :

- au réseau d'eaux pluviales ;
- au réseau d'eaux unitaire ;
- au réseau d'eaux usées.

In fine, les eaux pompées seront rejeté à la Seine ou la Marne en fonction en fonction de la position géographique des travaux de pompage.

Cette solution nécessite de la part du propriétaire et du gestionnaire du réseau :

- l'obtention d'une autorisation de rejet ;
- l'établissement d'une convention de rejet.

Ces deux documents administratifs fixent les exigences en termes de qualité et de quantité à respecter. D'un point de vue qualitatif, les critères d'acceptation des rejets au réseau sont fixés au cas par cas par les exploitants des réseaux mais ces critères sont généralement plus souples que ceux concernant les rejets au milieu naturel. Les exploitants demandent généralement à ce que les rejets respectent les valeurs définies dans l'arrêté du 2 février 1998.

Ainsi, en fonction de la qualité des eaux résiduelles et des critères imposés par chaque exploitant, un traitement des eaux avant rejet au réseau pourra s'avérer nécessaire. L'emprise des dispositifs de traitement représente une nouvelle fois une contrainte spatiale qu'il convient de prendre en compte.

D'une manière générale, pour les très faibles débits, cette solution apparaît la plus pertinente d'un point de vue technico-économique.

À titre d'exemple, la DSEA 94 demande que les dossiers de demande de rejets temporaires comprennent les informations suivantes :

- identification du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre et de l'entreprise qui va réaliser le rejet, (nom, adresse du siège social, le numéro de Siret, personnes à contacter, numéros de téléphone, messagerie électronique, fax, adresse postal, etc.) ;
- la localisation et les caractéristiques du chantier projeté, et copie de tout élément permettant une bonne compréhension de l'emprise du chantier (état initial / état projeté, carte des piézomètres, carte géologique, etc.) ;
- l'exutoire du rejet (adresse) ;
- la durée du rejet / rabattement de nappe ;
- débits maximum, minimum et moyen, nature des eaux rejetées (analyses de qualité préalables à effectuer) ;
- dispositions envisagées pour traiter les eaux avant rejets et respecter les seuils de rejet ;
- si existant, copie de l'autorisation préfectorale d'exploiter.

Le délai de traitement de cette demande est de l'ordre de 3 mois.

Au stade actuel du projet, et compte tenu du fait que les pompages d'épuisement ne débuteront pas avant 2017, ces procédures administratives ne sont pas finalisées. La société du Grand Paris enverra à la police de l'eau une copie des documents administratifs autorisant les rejets temporaires d'eaux d'épuisement aux réseaux d'assainissement 1 mois avant le démarrage des opérations de pompage. Les autorisations de déversement et les conventions de rejet disponibles sont jointes au présent dossier.

À titre indicatif, les valeurs de qualité limite de rejet en réseau, comme celles de la DSEA94, sont généralement issues de l'Arrêté du 2 février 1998 (cf. Tableau ci-dessous) mais dépendent du type de réseau auquel le rejet est fait :

- réseau d'Eaux Pluviales ;
- réseau d'Eaux Usées ou Unitaires.

		REJET RESEAU EP (Eaux Pluviales)	REJET RESEAU EU ou UN (Eaux Usées ou Unitaires)
		NB = eaux superficielles	NB : raccordé à une station d'épuration collective)
PARAMETRE	**SYMBOLE**	**VALEUR LIMITE (en mg/l)**	**VALEUR LIMITE (en mg/l)**
Température	T	30 °C	30 °C
Potentiel Hydrogène	pH	5,5 à 8,5 5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline	5,5 à 8,5 5,5 à 9,5 si neutralisation alcaline
Matières En Suspension	MES	si flux en MES < 100 kg/j = 100 si flux en MES > 100 kg/j = 35	600
Demande Biochimique en Oxygène	DBO_5	si flux en DBO < 30 kg/j = 100 si flux en DBO > 30 kg/j = 30	800
Demande Chimique en Oxygène	DCO	si flux en DCO < 100 kg/j = 300 si flux en DCO > 100 kg/j = 125	2000
Azote Global	NGL	30	150
Phosphore Total	PT	10	50
Sulfates	SO4	400	400
Hydrocarbures Totaux	HCT	5	10
Indice phénols		0,3	0,3
Aluminium + fer et composés	Al + Fe	5	5
Cuivre et composés	Cu	0,5	0,5
Zinc et composés	Zn	2	2
Chrome hexavalent	Cr VI	0,1	0,1
Chrome total	Cr	0,5	0,5
Plomb et composés	Pb	0,5	0,5
Etain et composés	Sn	2	2
Nickel et composés	Ni	0,5	0,5
Mercure et composés	Hg	0,05	0,05
Manganèse et composés	Mn	1	1
Arsenic et composés	As	0,1	0,1
Fluor et composés	F	15	15
Cyanures aisément libérables	Cn	0,1	0,1
Cadmium et composés	Cd	0,05	0,05
Somme des métaux		15	15
PCB *	PCB *	0,2 µg/l	0,2 µg/l
HAP *	HAP *	0,5 µg/l	0,5 µg/l
Composés organiques halogénés	AOX ou EOX	1	1

Limites indicatives de qualité de rejet d'effluents (CG94)

b. Justification du choix des solutions de rejet retenues

- ***Solutions retenues en phase travaux***

Vallée de la seine - secteur de la boutonnière de Boulogne-Billancourt : *Ouvrages concernés : OA13 - gare PDS + connexions - OA12 - OA10 - gare ISS + émergence + connexion)*

Dans la vallée de la Seine, le contexte hydrogéologique (alluvions sur Craie) est a priori favorable à la réinjection en nappe dans la mesure où l'aquifère concerné est très productif. Ainsi, une réinjection à l'extérieur des enceintes de parois moulées pourrait être réalisée avec un nombre de puits limité et n'entrainerait pas de remontée de nappe très importante. Néanmoins, les données qualité recueillies auprès du portail national d'Accès aux Données des Eaux Souterraines (ADES) indiquent une pollution potentiellement significative de la nappe des alluvions, principalement en COHV, au niveau de la gare de Pont-de-Sèvres, située au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne-Billancourt. En revanche, aucune pollution significative n'a été mise en évidence au droit des qualitomètres situés à proximité de l'ouvrage annexe OA12. Néanmoins, compte tenu de sa localisation, les eaux souterraines peuvent s'avérer potentiellement polluées.

A ce stade, 5 prélèvements d'eau brute de la nappe des alluvions ont été réalisés par IDDEA. Les résultats d'analyse montrent des teneurs en COHV relativement élevées et certains métaux (chrome, mercure et aluminum essentiellement). Aucune analyse d'eau souterraine de la nappe de la Craie n'a été réalisée à ce stade.

Par conséquent, lors des pompages en phase travaux, les premières eaux pompées présenteront vraissemblablement des teneurs élevées en COHV et métaux mais à partir d'un certain temps de pompage, l'eau proviendra en majorité de l'aquifère de la Craie, a priori protégé des pollutions superficielles.

Ainsi, bien que cette zone soit favorable du point de vue de la capacité d'injection potentielle de l'aquifère, le facteur limitant est représenté par la qualité physico-chimique des eaux qui devront potentiellement être traitées au droit de la gare Pont-de-Sèvres et de ses connexions, avant réinjection dans l'aquifère. L'emprise des dispositifs de traitement et la distance minimale à respecter pour implanter les puits de réinjection représentent des contraintes spatiales qui conditionnent la faisabilité de cette solution. Il en est de même pour les contraintes spatiales liées au respect des distances d'implantation des puits de réinjection au niveau de la gare d'Issy RER et de ses connexions.

En revanche, sur ce secteur, les ouvrages situés en bord de Seine (OA13, gare Pont de Sèvres et connexions, OA12 et OA10) sont potentiellement propices à un rejet en cours d'eau, sous réserve d'une qualité d'eau compatible.

Ce secteur est concerné par le périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine de Suresnes à partir du Pont de Sèvres (inclus) vers l'aval. Le rejet éventuel au cours d'eau doit prendre en compte cette exigence de qualité, qui rejoint l'xigence génrale du SDAGE relative au bon étét écologique du cours d'eau.

Pour la gare Pont de Sèvres et ses connexions, les analyses physico-chimiques disponibles montrent que les eaux sont potentiellement polluées..

Le rejet en milieu naturel étant envisagé, il apparait nécessaire de vérifier la compatibilité des analyses avec les valeurs seuils R1 et R2 définies à la rubrique 2.2.3.0 de l'article R214-1.

Le tableau suivant présente les flux correspondant aux concentrations les plus élevées mesurées sur les eaux brutes avant traitement :

Paramètres	Unité	R1	R2	Pont de Sèvres	
MES	kg/j	9	90	660 000 µg/l	1 346 kg/j
DBO5	kg/j	6	60	3 000 µg/l	6,1 kg/j
DCO	kg/j	12	120	15 000 µg/l	31 kg/j
Matières inhibitrices	équitox/j	25	100	non analysé à ce jour	
Azote total	kg/j	1,2	12	7 000 µg/l	14 kg/j
Phosphore total	kg/j	0,3	3	730 µg/l	1,5 kg/j
Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX)	g/j	7,5	25	1 400 µg/l	2 856 g/j
Métaux et métalloïdes (Metox)	g/j	30	125	1 262 µg/l	2 573 g/j
Hydrocarbures	kg/j	0,1	0,5	50 µg/l	0,1 kg/j

Le seuil R2 est dépassé pour les MES, l'azote total, les AOX et les métaux et métalloïdes.

Ceci étant, un système de traitement adapté sera mis en place si la solution de rejet au milieu naturel est retenue.

Le niveau R1 du tableau ci-dessus, figurant dans l'arrêté du 9 aout 2006, traduit le niveau de bon état écologique exigé pour les eaux superficielles. Les valeur définissant ce seuil sont celles figurant dans le SDAGE au titre du bon état écologique.

La comparaison du rejet à ce niveau R1 permet de le positionner par rapport aux exigences de bon état écologique.

Le tableau montre que le rejet n'est pas conforme au seuil R1 pour la quasi-totalité des paramètres.du tableau ci-dessus.

Il convient de rappeler ici que le débit de rejet prévu est de l'ordre de 85 m3/h en pointe pour cet ouvrage, soit environ 24 l/s. Par rapport au débit de la Seine d'environ 100 m3/s pour le QMNA1/5, le rapport est de 1 à 4000 environ.

Un traitement adapté devra être mis en place, que le rejet se fasse au réseau ou à la Seine. Le traiteement sera défini en fonction de la qualité des eaux réellement pompées. Il ya aura obligation de résultat sur la qualité de la Seine, le calcul d'incidence devant être fait sur les bases réelles.

Par ailleurs, la proximité du périmètre de protection rapporché étendu de la prise d'eau en Seine de Sèvres renforce l'exigence de qualité du rejet.

Si la solution de rejet au réseau est retenue ,les dispositifs de traitement nécessaires seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposée par le gestionnaire du réseau.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier si le rejet au milieu naturel ne pourrait être mis en œuvre :

Gares / Ouvrages Annexes	Réseaux à proximité (taille ou diamètre)	Localisation	Gestionnaire
OA13	Ovoïde (280/220)	RD7	SEVESC (CG92)
gare PDS	Ovoïde (270/220)	RD1 (Quai Georges Corses)	SEVESC (CG92)
	Ovoïde (180/100)	RD1 (rue du Vieux Pont de Sèvres)	VEOLIA Assainissement (GPSO)
OA12	Ovoïde (270/220)	RD1	SEVESC (CG92)
OA10	Ovoïde (240/150)	RD7	SEVESC (CG92)
gare ISS	Ovoïde (230/130)	Rue Aristide Briand - place Léon Blum	SEVESC (CG92)
	Ovoïde (230/130)	Avenue de Verdun	SEVESC (CG92)
	Ovoïde (190/100)	Avenue de Verdun	SEVESC (CG92)

Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur de la boutonnière de Boulogne

Plateau d'Issy à Cachan et plateau de Villejuif : *Ouvrages concernés : OA9 - gare FIVC - OA8 - OA7 - gare CHM - OA6 - OA5 - gare BAG - OA4 - gare ACA - OA3 - OA2 - gare IGR - OA1 - gare VLA*

Sur ce secteur, compte tenu de la perméabilité des formations géologiques rencontrées et des dispositions constructives envisagées, les débits résiduels seront limités (estimés entre 1 à 5 m3/h). Ces débits sont trop faibles pour justifier ou nécessiter la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe.

L'ensemble du secteur est également concerné par des formations gypseuses potentiellement en eau. Les reconnaissances géotechniques ont d'ailleurs mis en évidence la présence de gypse au droit de nombreux ouvrages :

- 2 sondages ont identifié du gypse dans le Lutétien au droit de la gare CHM ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen au droit de l'ouvrage OA5 ;
- 2 sondages a identifié du gypse dans le Lutétien et dans les marnes et masses de gypses au droit de la gare BAG ;
- 2 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et les marnes et masses de gypse au droit de l'ouvrage OA2, ainsi que 5 autres sondages situés à environ 500 m de cet ouvrage ont également révélé la présence de gypse dans le secteur (1 sondage avec identification de gypse dans les calcaires de St Ouen, 3 sondages avec identification de gypse dans le Lutétien, et 1 sondage avec identification de gypse dans les marnes et masses de gypse) ;
- 7 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen, dans le Lutétien, et dans les marnes et masses de gypse au droit de la gare IGR ;

- 4 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen, dans le Lutétien, et dans les marnes et masses de gypse au droit de la gare VLA.

La présence de gypse présente une contrainte forte vis-à-vis d'un éventuel dispositif de réinjection en nappe dans ces secteurs à risque.

Par ailleurs, les données qualité recueillies auprès du réseau ADES indiquent une pollution significative de la nappe superficielle, notamment :

- au droit de la gare FIVC, avec une pollution en HAP, HCT, BTEX, et COHV ;
- au droit de l'ouvrage OA3 (secteur de la zone universitaire de Cachan), avec une pollution aux COHV.

Ainsi, compte tenu des faibles débits attendus, de la présence de gypse sous eau, des risques de dissolution associés, et d'une qualité physico-chimique des eaux potentiellement dégradée sur une partie des ouvrages envisagés, la réinjection en nappe n'est pas appropriée sur ce tronçon de la Ligne 15 Sud.

En l'absence de cours d'eau proche, un rejet au réseau est justifié pour l'ensemble des ouvrages constituant ce tronçon. Cette solution paraît effectivement la plus pertinente d'un point de vue technico-économique, compte tenu des différentes contraintes identifiées ci-dessus.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier :

Gares / Ouvrages Annexes	Réseaux à proximité (taille ou diamètre)	Localisation	Gestionnaire
OA9	Ovoïde (190/100)	Rue de l'Egalité	SEVESC (CG92)
gare FVC	Ovoïde (190/100)	Avenue du Général de Gaulle	SEVESC (CG92)
	Unitaire (200/120)		SEVESC (CG92)
	EU EP (DN 400)	Clos Montholon	VEOLIA Assainissement
	EU EP (DN 400)	Chemin Vert	Communal Issy les Moulineaux
	Unitaire (190/100)	Rue des Frères Vigouroux	SEVESC (CG92)
	Unitaire (180/100) Liaison	Rue des Frères Vigouroux/zone SNCF	SEVESC (CG92)
OA8	(DN 400)	Rue du Général Malleret et Joinville	CASS
OA7	(DN 400)	Rue Jean Mermoz	Ass Châtillon
gare CHM	(190/100)	Avenue Max Dormoy	SEVESC (CG92)
	(190/100)	Avenue Jean Jaurès sud	SEVESC (CG92)
OA6	Unitaire (200/120)	Rue Jean Jaurès	SEVESC (CG92)
OA5	(DN 200)	Rue de Turin	CASS
	Unitaire	Rue Serge Prokofiev	CASS
gare BAG	Unitaire (DN 300)	Avenue Barbusse sud puis ilot Barbusse /Verdun/Pasteur	SEVESC (CG92)
	Unitaire (DN 300)	Avenue Pasteur (sud est)	SEVESC (CG92)
	Unitaire (DN 400)	Avenue Pasteur (sud ouest)	SEVESC (CG92)
	Unitaire (DN 300 puis DN 400)	Avenue Pasteur puis Barbusse (nord)	SEVESC (CG92)
	Unitaire (DN 800)	Rue de Verdun	SEVESC (CG92)
OA4	Unitaire (DN 800)	Rue de Verdun	SEVESC (CG92)
	(DN 200)	Rue de Verdun	CASS
gare ACA	Unitaire (DN 300)	Avenue Léon Eyrolles	CAVB

	Unitaire (DN 500)	Rue de la coopérative	CAVB
	Unitaire 16402 (190/100)	Avenue Carnot	DSEA
OA3	Unitaire (1,90/1,00)	Rue Max Dormoy	DSEA
	Unitaire (2,00/1,00)	Rue Camille Desmoulins	DSEA
OA2	(DN 300)	Rue de la solidarité	CAVB
	Dimensions non renseignées	Rue de la Concorde	CAVB
gare IGR	Unitaire (DN 400)	Rue Edouard Vaillant	CAVB
	Réseau EP à créer par la ZAC	Rue Edouard Vaillant	CAVB
OA1	(DN 200)	Rue Jules Vallès	CAVB
	(DN 300)	Rue Jules Joffrin	CAVB
gare VLA	Unitaire 76403 (1,90/1,00)	Avenue de la République	DSEA
	Unitaire 76404 (1,55/1,00)	Avenue L. Aragon	DSEA
	Unitaire 76402 (2,20/1,30)	Rue Jean Jaurès	DSEA
	Unitaire 76324 (DN 500)	Avenue L. Aragon	DSEA
	EU PRV (DN 300)	Avenue de Stalingrad	DSEA
	EU PRV (DN 500)	Avenue de Stalingrad	DSEA

Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur des plateaux d'Issy à Cachan et de Villejuif

Plaine de Vitry – Créteil : *Ouvrages concernés : 1501P - gare Vitry Centre - 1402P - 1401P - PSMI1405S - 1404S - gare les Ardoines - 1302P - 1301P - gare Vert de Maisons - 1201P - gare de Créteil L'Echât*

Sur ce secteur, compte tenu de la perméabilité des formations géologiques rencontrées (marnes et caillasses et calcaire grossier) et des dispositions constructives envisagées, les débits résiduels sont relativement élevés, estimés suivant les ouvrages entre 10 et 300 m^3/h. Ces débits sont donc suffisamment conséquents pour envisager la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe.

Toutefois, ce tronçon est concerné par des formations gypseuses potentiellement en eau. Les reconnaissances géotechniques ont d'ailleurs mis en évidence la présence de gypse au droit de nombreux ouvrages :

- 3 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen, le Lutétien et les Marnes et Masses de Gypse au droit de l'ouvrage 1501P ;
- 3 sondages ont identifié du gypse dans le Lutétien et les Marnes et Masses de Gypse au droit de la gare Vitry Centre ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans le Lutétien au droit de l'ouvrage 1402P ;
- 10 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et le Lutétien au droit de la gare des Ardoines et des ouvrages situés à proximité (1401P, 1404S, et SMI) ;
- 4 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et le Lutétien à l'ouest du puits tunnelier (1302P) ;
- 3 sondages ont identifié du gypse dans les calcaires de Saint Ouen et le Lutétien au droit de la gare de Vert de Maisons ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans le Lutétien au nord-est de l'ouvrage 1201P ;
- 1 sondage a identifié du gypse dans le Lutétien au droit de la gare de Créteil l'Echat.

La présence de gypse présente une contrainte forte vis-à-vis d'un éventuel dispositif de réinjection en nappe dans ces secteurs identifiés à risque. Compte tenu de la présence de gypse, des risques de dissolution associés, d'une qualité physico-chimique des eaux potentiellement dégradée sur une partie des ouvrages envisagés, et des contraintes spatiales, la réinjection en nappe ne paraît pas appropriée sur ce secteur.

La plupart des ouvrages sont trop éloignés de la Seine ou de la Marne pour pouvoir envisager un rejet direct en cours d'eau. Toutefois, le puits du tunnelier (1302P – Friche Arrighi), situé en bordure de la Seine, est potentiellement propice à un rejet en cours d'eau via un réseau dédié ou le réseau EP.

Les données qualité recueillies auprès du réseau ADES indiquent une pollution significative de la nappe superficielle sur la commune de Vitry, dans le secteur de la gare des Ardoines, notamment avec la présence de teneurs importantes en HCT, HAP, COHV et BTEX.

A ce stade, un prélèvement d'eau brute de la nappe du Calcaire Grossier du Lutétien a été réalisé par IDDEA à la suite d'un essai de pompage réalisé dans un puits captant spécifiquement cet aquifère.

Le rejet en milieu naturel étant envisagé, il apparait nécessaire de vérifier la compatibilité des analyses avec les valeurs seuils R1 et R2 définies à la rubrique 2.2.3.0 de l'article R214-1.

Le tableau suivant présente les flux correspondant aux concentrations mesurées sur les eaux brutes avant traitement :

Paramètres	Unité	R1	R2	Pont de Sèvres		Friche Arrighi	
MES	kg/j	9	90	660 000 µg/l	1 346 kg/j	150 000 µg/l	720 kg/j
DBO5	kg/j	6	60	3 000 µg/l	6,1 kg/j	3 000 µg/l	6,1 kg/j
DCO	kg/j	12	120	15 000 µg/l	31 kg/j	30 000 µg/l	61 kg/j
Matières inhibitrices	équitox/j	25	100	**non analysé à ce jour**		**non analysé à ce jour**	
Azote total	kg/j	1,2	12	7 000 µg/l	14 kg/j	**non analysé à ce jour**	
Phosphore total	kg/j	0,3	3	730 µg/l	1,5 kg/j	45 µg/l	0,1 kg/j
Composés organohalogénés absorbables sur charbon actif (AOX)	g/j	7,5	25	1 400 µg/l	2 856 g/j	30 µg/l	61 g/j
Métaux et métalloïdes (Metox)	g/j	30	125	1 262 µg/l	2 573 g/j	520 µg/l	1 061 g/j
Hydrocarbures	kg/j	0,1	0,5	50 µg/l	0,1 kg/j	30 µg/l	0,1 kg/j

Le seuil R2 étant dépassé pour les paramètres MES, AOX et métaux et metalloïdes, les eaux pompées au droit de la friche Arrighi devront faire l'objet d'un traitement avant rejet en milieu naturel si cette solution est définitivement retenue.

Si la solution de rejet au réseau est retenue ,les dispositifs de traitement nécessaires seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposée par le gestionnaire du réseau.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier si cette solution est retenue :

Gares / Ouvrages Annexes	Réseaux à proximité (taille ou diamètre)	Localisation	Gestionnaire
gare Vitry Centre	VL 10	Avenue Robespierre	SIAAP
	Unitaire 81426 (1,90/1,00)		DSEA94
	Unitaire 81402 (1,90/1,00)		DSEA95
	EP 81427 (DN 20000)		DSEA94
	Gros EP sur plan gare		DSEA94
gare Les Ardoines	EP 81444 (1,80/1,05)	Rue de Bel Air / Rue Léon Geffroy	DSEA94
	EU 81371 (DN 500)		DSEA94
	EU81338 (DN 300)		DSEA94
	EP (DN 1000)		Vitry-sur-Seine
	EU (DN 400)		Vitry-sur-Seine
Puits Arrighi	Unitaire 81448 (2,00/1,05)	Quai Jules Guesde	DSEA94
	EP 81320 (DN 300)	Léons Mauvais / Rue des Fusillés	DSEA94
gare Vert de maisons	Unitaire (DN 300)	Avenue de la Liberté	Maison-Alfort
gare de Crétail l'Echat	EP (DN 800)	Rue Gustave Eiffel	Créteil
	EU (DN 230)		Créteil

Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur de la plaine de Vitry - Créteil

Boucle de Saint Maur des Fossés et plateau de Champigny : Ouvrages concernés : 1103P - 1102P - 1101P - gare Saint Maur Créteil - 1003P - 1002P - 1001P - gare Champigny Centre - 0902P - 0901P - gare Bry Villiers Champigny - 0813S - 0811S - 0810S - 0808P - 0807P - 0806P - 0805P - 0804P - 0803P - 0802P - gare Noisy Champs - 0801P

Sur ce secteur, compte tenu de la profondeur des ouvrages, des niveaux de nappe, des formations géologiques rencontrées, et des dispositions constructives envisagées, les débits résiduels seront limités sur une partie des ouvrages. Ces débits sont trop faibles pour justifier ou nécessiter la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe.

Le rejet en milieu naturel est également à l'étude pour la gare de Saint-Maur-Créteil.

Seuls les débits de la gare de Saint-Maur Créteil (250 m^3/h), et des puits 1103P, 1101P, 1003P, 0902P, et 0810S (44 à 70 m^3/h) sont suffisamment conséquents pour envisager la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe. Toutefois, au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil, les parois moulées ancrées dans la craie peu perméable et permettant de limiter les débits, nécessiteront de réinjecter les eaux d'exhaure dans ce même aquifère. Or, la craie est recouverte dans ce secteur d'une épaisse couche de terrains tertiaires ce qui lui confère une perméabilité plutôt modérée. Dans ce contexte, l'épaisseur productive de craie est généralement réduite (de l'ordre de 5 m). Compte tenu de la faible injectivité de la craie potentielle, la solution « réinjection en nappe » n'est pas appropriée au droit de cette gare. Pour les autres ouvrages, les contraintes spatiales sont trop importantes pour envisager une réinjection en nappe. De plus, le terrassement des ouvrages annexes sera relativement rapide de sorte que les volumes extraits restent faibles.

La plupart des ouvrages sont trop éloignés de la Marne pour pouvoir envisager un rejet direct en cours d'eau. Toutefois, pour la Gare Saint-Maur-Créteil, une solution de rejet en eau de surface est à l'étude. Pour les ouvrages annexes de cette section, la solution privilégiée est le rejet en réseau. Au stade actuel des études, des rejets au milieu naturel via les réseaux EP sont à l'étude.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des réseaux dans lesquels sont envisagés les rejets des eaux d'exhaure en phase chantier :

Gares / Ouvrages Annexes	Réseaux à proximité (taille ou diamètre)	Localisation	Gestionnaire
gare Saint-Maur-Créteil	EU 68417 (2.00/1.05)	Rue des Remises	DSEA94
	Unitaire 68418 (1.80/1.00)	Avenue des Genettes	DSEA94
	VL3B (DN 2500)	Rue des Remises	SIAAP
gare Champigny Centre	EP 17415 (1,90/1,00)	Rue Roger Salengro	DSEA94
	EP 17429 (2,05/1,2)	Rue des Plages	DSEA94
gare Bry-Villiers-Champigny	EP (DN 800)	Rue des Hauts Bonne Eau	DSEA94
	EP (DN 200)		DSEA94
gare Noisy-Champs	EP (DN 1000/DN 800/DN 300)	Boulevard Champy-Neslé	Noisy-le-Grand
	EP (DN 500)		

Points de rejets des eaux d'exhaure dans le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés et du plateau de Champigny

- ***Solutions retenues en phase d'exploitation***

Toutes les infrastructures seront conçues pour être aussi étanches que possible si bien qu'aucun pompage d'épuisement ne sera effectué en phase d'exploitation. Des suintements se produiront toutefois au travers des parois vers l'intérieur des structures, mais les débits seront extrêmement limités.

En phase d'exploitation, la réinjection en nappe de ces faibles débits est écartée pour les raisons suivantes :

- l'exploitation et la maintenance d'un dispositif de réinjection est très contraignante ;
- les débits en jeu sont faibles, et ne justifient pas d'un point de vue technico-économique la mise en œuvre d'un tel dispositif, par ailleurs complexe à mettre en œuvre ;
- les eaux récoltées en phase d'exploitation seront issues des suintements au travers des parois des ouvrages. L'ensemble collecté constituera un mélange d'eaux souterraines issu de différentes nappes, difficiles à attribuer à un aquifère bien spécifique.

Le rejet direct en cours d'eau est également écarté du fait du nombre limité d'ouvrages situés à proximité du réseau hydrographique (Seine ou Marne) et des faibles débits en jeu.

De ce fait, un rejet au réseau est justifié en phase d'exploitation pour l'ensemble des ouvrages constituant la Ligne 15 Sud. Cette solution paraît effectivement la plus pertinente d'un point de vue technico-économique, compte tenu des différents éléments identifiés ci-dessus. Les solutions de rejets en réseau d'eaux pluviales à destination directe du milieu naturel sont privilégiées.

Les informations actuellement disponibles par ouvrages (réseaux à proximité, localisation, gestionnaire) sur le périmètre Ligne 15 Sud ont été à la fois précisées dans le chapitre « 1.6.4.2 Stratégie générale de gestion des rejets des eaux souterraines » de la pièce B3 et au travers d'une note spécifique « Gestion des eaux d'exhaure » transmise par la SGP au SIAAP, CG94 et CG92, en juin 2015.

Plus particulièrement, les éléments techniques spécifiques (point de rejets localisés voire modalités techniques associées) demandés par les gestionnaires (SIAAP et Conseil Généraux), pourront être fournis par la Société du Grand à la Police de l'eau (DRIEE) selon le planning prévisionnel suivant :

X **Partie « Est » de la Ligne 15 Sud** (« Tronçon 2 », dont Site de Maintenance des Infrastructures) : Fin 2015,

X **Partie « Ouest » de la Ligne 15 Sud** (« Tronçon 3 ») : à partir de septembre 2015 jusqu'à fin 2015 (en fonction des secteurs concernés).

Par ailleurs, les éléments détaillés complémentaires (débits pour chaque point de rejets et évolution dans le temps) pourront être communiqués aux gestionnaires des réseaux (SIAAP, CG94, CG92, Police de l'eau DRIEE) dans un second temps, notamment au cours de la phase PRO/DCE des études de Maîtrise d'œuvre Infrastructure de la Ligne 15 Sud.
D'une manière générale, les durées de pompages-rejets prévisionnelles des eaux d'exhaure seront maximales au cours des deux à trois premières années des travaux pour la Ligne 15 Sud. Ces périodes correspondront à la réalisation des parois moulées et aux terrassements jusqu'à la réalisation des radiers, qui s'échelonneront sur la période 2016-2019.

c. Synthèse

L'analyse présentée ci-avant a permis de déterminer des solutions de rejet pressenties ouvrage par ouvrage en tenant compte du contexte et en privilégiant les solutions de rejet en milieu naturel.

Les réseaux disponibles et leur type ont été identifiés au droit des futures emprises de chantier.

Les études en cours consistent à des prises de contact avec les responsables de chaque réseau afin de statuer sur les possibilités offertes de rejet en termes qualitatifs et quantitatifs mais aucune solution ne peut encore être définitivement arrêtée à ce stade.

Le tableau de la page suivante présente les solutions de rejet privilégiées en phase travaux pour chaque ouvrage.

Synthèse des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (1/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen (m^3/h)	Débit de pointe (m^3/h)	Durée rejet (semaines)	Volume rejeté (m^3)	Solution de rejet privilégiée/ envisagée
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	15	25.1	17.4	42 600	Réseau
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	41	85	83	571 200	Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	3	8	158.8	69 024	Réseau
OA10 + rameau (place de la Résistance)	1	4.5	161.3	37 368	Réseau
Gare Issy RER	27	31.4	25.6	115 680	Réseau
Émergence Issy RER C et connexion	13	14	4	9 000	Réseau
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	1	3	195.5	41 496	Réseau
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	4	4	47.9	32 160	Réseau
OA 8 (Square Malleret Joinville)	1	4	8.7	1 459	Réseau
OA7 (Fort de Vanves)	1	4	8.7	1 459	Réseau
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	4	4	30.7	20 640	Réseau
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	2	5.5	73.0	23 580	Réseau
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	2	14	91.0	32 270	Réseau
Gare de Bagneux (BAG)	4	4	34.7	23 347	Réseau
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	2	4	26.0	8 755	Réseau
Gare Arcueil Cachan (ACA)	4	5	26.0	16 416	Réseau
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	1	5.5	99.0	24 305	Réseau
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	1	4	8.7	1 459	Réseau
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	4	4	95.7	64 320	Réseau
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	1	11	94.7	18 881	Réseau
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	4	4	47.8	32 160	Réseau
1505S	39	56	23.0	151 000	Réseau
P23/1501P (rue du génie)	6	10	8.0	7 600	Réseau
Gare de Vitry Centre	88	200	80.0	1 176 000	Réseau
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	31	54	6.0	32 000	Réseau
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	10	17	53.0	89 000	Réseau
PS21/1404S (rue Gabriel Péri)	11	18	4.0	7 600	Réseau
Gare les Ardoines	130	250	117.0	2 587 000	Réseau
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	129	200	31.0	672 000	Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé
P18/1301P (rue de Rome)	46	79	7.0	54 000	Réseau
Gare de Vert-De-Maisons	162	300	137.0	3 730 000	Réseau

Synthèse des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (2/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen (m^3/h)	Débit de pointe (m^3/h)	Durée rejet (semaines)	Volume rejeté (m^3)	Solution de rejet privilégiée
P17/1201P (Université Créteil)	35	61	7.0	41 000	Réseau
Gare de Créteil L'Echat	155	250	68.0	1 785 000	Réseau
P16/1103P (stade F. Desmond)	38	61	4.0	26 000	Réseau
P15/1102P (Av Ceinture)		non significatif	-	-	Réseau
P14/1101P (rue du Port Créteil)	27	44	5.0	23 000	Réseau
Gare Saint Maur Créteil	165	250	77.0	2 154 000	Réseau
P13/1003P (impasse Abbaye)	38	65	7.0	45 000	Réseau
P12/1002P (av Charles Floquet)	7	11	3.0	3 700	Réseau
P11/1001P	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare Champigny Centre		non significatif	-	-	Réseau
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)	35	70	3.0	24 000	Réseau
P09/0901P	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare de Bry-Villiers-Champigny		non significatif	-	-	Réseau
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)	-	non significatif	-	-	Réseau
PSMR/0813S	-	non significatif	-	-	Réseau
PS12/0811S (av Maurice Thorez)	-	non significatif	-	-	Réseau
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)	20	25	2.0	6 600	Réseau
P07/807P (sentier des marins) Caverne	35	35	61.0	359 000	Réseau
P07/807P (sentier des marins) Puits	3	6	61.0	31 000	Réseau
P06/806P (rue Mozart)	-	non significatif	-	-	Réseau
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)	-	non significatif	-	-	Réseau
P04/804P (place des Yvris)	-	non significatif	-	-	Réseau
P03/803P (rue du Ballon)	-	non significatif	-	-	Réseau
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare Noisy-Champs	-	non significatif	-	-	Réseau
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)	-	non significatif	-	-	Réseau

VOLUME TOTAL PRELEVE =	**14 192 079**
VOLUME ANNUEL MAXIMAL (ESTIMATION) =	**6 146 940**
VALEUR MOYENNE ANNUELLE (ESTIMATION) =	**3 548 020**

1.6.4.3 Évaluation des impacts des rejets d'eaux souterraines en phase travaux

À ce stade du projet, un rejet au réseau est justifié pour l'ensemble des eaux pompées pour la mise en place des gares et ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud. Dans la mesure du possible, un rejet direct dans un réseau d'eaux pluviales présentant un exutoire proche du site sera privilégié. Le rejet au milieu naturel est toutefois envisagé pour la gare de Pont de Sèvre et le Puits Arrighi et sera adopté ou non dans les phases ultérieures du projet en fonction notamment des contraintes de chantier que cela suppose (emprise du dispositif de traitement notamment).

Les rejets en réseau seront réalisés avec l'accord des exploitants des réseaux, qui fixent au cas par cas les critères d'acceptation des eaux d'épuisement aussi bien qualitatifs et quantitatifs sur la base de leur connaissance technique du réseau et de son « bassin versant ». Aucun rejet en réseau ne sera pratiqué si ces critères ne peuvent être respectés. Par exemple, des dispositifs de traitement nécessaires seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposées par le gestionnaire du réseau. Ainsi, les rejets n'auront pas d'impacts sur les réseaux eux-mêmes. In fine, les cours d'eau récepteurs seront la Seine et la Marne. D'une manière générale les eaux pompées pour de la mise en place des ouvrages situés entre les communes de Saint-Cloud et Maisons-Alfort inclues, seront rejetées en Seine et les eaux pompées pour la mise en place des ouvrages situés sur les communes de Créteil à Champs-sur-Marne inclues, seront rejetées en Marne.

À ce stade d'avancement du projet, la part des eaux pompées rejoignant respectivement la Seine et la Marne a donc été définie de manière approximative. Cependant, les résultats des calculs présentés dans le tableau ci-dessous montrent que les débits rejetés, en ordre de grandeur, sont infimes par rapport au débit minimal des cours d'eau.

Cours d'eau récepteur	Secteur du fuseau concerné	Station	QMNA5 (en m^3/s)	Tronçons de la Ligne 15 Sud concerné	Volume rejeté (m^3)	Débit moyen (m^3/s)	Part des rejets au regard des débits caractéristiques (%)
Seine	Boucle de Boulogne	La Seine à Paris (Pont d'Austerlitz)	82	Boutonnière de Boulogne (OA13 à OA9) Plateau d'Issy à Cachan (Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart à OA2)	1 072 218	0,035	0,043
	Vitry/Alfortville	La Seine à Alfortville	65	Plateau de Villejuif (Gare Villejuif IGR à Vitry Centre) Plaine de Vitry - secteur ouest (OA1402P à OA1201P)	8 662 561	0,19	0,30
Marne	Boucle de Saint-Maur-des-Fossés	La Marne à Gournay-sur-Marne	32	Plaine de Vitry - secteur est (Gare Créteil- L'Echat à Champigny centre) Plateau de Champigny (OA0902P à OA0801P)	4 457 300	0,15	0,45

Caractéristiques des prélèvements et des rejets au milieu récepteur

Les rejets d'eaux d'épuisement en phase travaux n'auront pas d'impacts quantitatifs et qualitatifs sur les milieux récepteurs.

1.6.4.4 Évaluation des impacts des rejets d'eaux souterraines en phase d'exploitation

Les eaux d'infiltration récupérées en phase exploitation seront rejetées en réseau d'assainissement.

Une alternative de rejet à la Seine est envisageable au niveau de la gare de Pont-de-Sèvres. Aucune donnée d equalité d'eau n'est disponible au droit du tunnel. Si cette solution est maintenue, l'incidence sera analysée en termes de respects des objectifs de qualité de la Seine et de la contrainte liée au périmètre de protection de la Seine.

Les rejets en réseau seront réalisés avec l'accord des exploitants des réseaux, qui fixent au cas par cas les critères d'acceptation des eaux d'épuisement aussi bien qualitatifs et quantitatifs sur la base de leur connaissance technique du réseau et de son « bassin versant ». Aucun rejet en réseau ne sera pratiqué si ces critères ne peuvent être respectés.

Compte tenu des très faibles débits qui seront rejetés, aucun impact n'est attendu concernant les rejets d'eaux souterraine en phase exploitation aussi bien sur le fonctionnement des réseaux que sur les milieux récepteurs.

1.6.4.5 Mesures permettant de limiter les impacts des rejets

Au stade d'avancement des études du projet, il n'est pas possible de présenter précisément les solutions de traitement qui seront mis en œuvre pour respecter les exigences qualitatives imposées par les solutions de rejet retenues.

Différents types de traitement sont envisageables en phase de travaux ou d'exploitation pour atteindre les objectifs de qualité souhaités. Le choix du dispositif de traitement dépend :

- des caractéristiques physico-chimiques des eaux à traiter et des objectifs de qualité à atteindre ;
- du débit et du volume d'eau à traiter ;
- de l'emprise disponible ;
- des performances attendues des conditions d'exploitation et de maintenance de l'unité de traitement.

Des analyses physico-chimiques sont en cours afin d'évaluer précisément la qualité des eaux souterraines au droit des ouvrages. Ces résultats d'analyse sont nécessaires pour le dimensionnement opérationnel des dispositifs de traitement.

Les dispositifs de traitement envisageables sont :

- les séparateurs à hydrocarbures destinés à séparer physiquement les phases flottantes de la phase eau. Ce type de dispositif peut être envisagé pour traiter une nappe superficielle présentant des hydrocarbures « flottant » qui devrait être pompée lors des premières phases de terrassement à l'intérieur des parois moulées. Ce dispositif ne serait envisagé que dans le cas précis de la présence avérée au droit d'une gare d'une pollution de surface en hydrocarbures assez importante ce qui sera probablement rarement le cas ;

- la décantation qui permet d'abattre la teneur en Matières en suspension. Ce type de dispositif ne sera envisagé que pour les situations où le débit d'épuisement est très faible et ne peut être récolté que « directement » en fond de fouille avec des tranchées drainantes par exemple. Pour les cas de figure ou le débit d'épuisement est conséquent et nécessite un dispositif de pompage constitué de puits ou de pointes filtrantes, les systèmes de pompage qui seront mis en place intéresseront des zones productives sous le fond de fouille et seront dimensionnés de sorte à ne pomper que de l'eau claire ;

- le traitement par adsorption. Ce type de dispositif est très souvent employé sur des chantiers avec pompage d'épuisement. Il permet de diminuer significativement la teneur en différents polluants qui sont adsorbés sur des charbons actifs. Le dimensionnement du système (et donc sa taille) dépend du débit du pompage. La consommation de charbon dépend de la charge polluante à l'entrée. Pour les composés dissous, l'eau transite directement dans le charbon. Pour les composés volatils, il est possible de mettre en amont de la ligne de traitement un stripper qui permet de volatiliser les composés volatils présents dans l'eau et c'est l'air récupéré chargé en composé volatils qui est traité sur charbon ou par traitement catalytique (choix fonction des concentrations en polluants dans les gaz à traiter et des flux à traiter). Ce type de système est particulièrement adapté au COHV ;

- le traitement chimique (oxydation ou réduction). Après pompage les eaux sont traitées en réacteur afin de détruire les polluants (transformation en eau, gaz carbonique et sels). Le dimensionnement du système dépend du débit du pompage et des concentrations en polluants. Les réactifs utilisés sont fonction de la nature des polluants à traiter. La présence de réactifs de traitement implique que des mesures de précaution et de sécurité soient mises en place pour le stockage et la manipulation de ces produits. adapté pour les HC et COHV ;

- d'autres systèmes sont également possibles comme les résines échangeuses d'ions particulièrement adaptées aux métaux ;

- la combinaison de différentes techniques peut aussi être envisagée

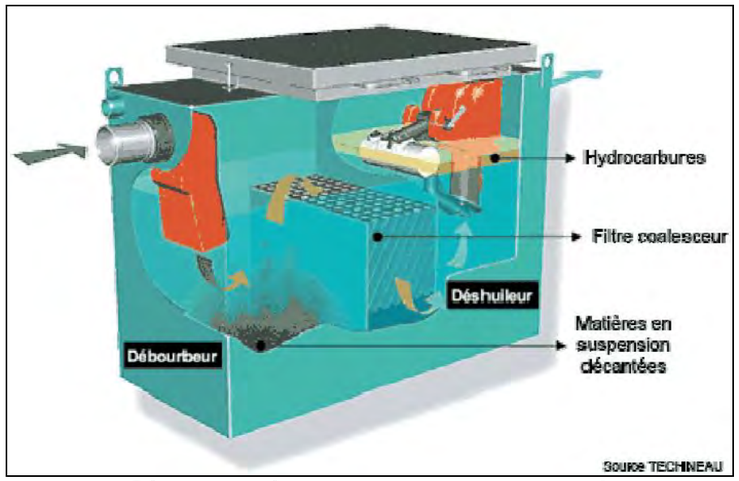
De nombreux dispositifs complémentaires peuvent être mis en œuvre sur un chantier de construction pour permettre d'assurer un traitement efficace des eaux d'épuisement avant rejet. La mise en œuvre de ce type de traitement résulte d'un dimensionnement préalable réalisé sur la base des débits prévisionnels d'épuisement et de la charge polluante attendue. En parallèle, un suivi régulier et fréquent de la qualité de l'eau brute à l'entrée et à la sortie du système est mis en place de sorte à vérifier que le système est efficace et également à anticiper l'acheminement de consommables comme des charbons actifs par exemple. Le suivi est particulièrement fréquent en début d'opération afin de déterminer la tendance dans le temps de l'évolution de la concentration en polluant de l'eau brute qui n'est pas toujours prévisible précisément.

Une présentation des dispositifs de traitement de principe est donnée ci-après :

- ***Séparateur à hydrocarbures***

Un séparateur d'hydrocarbures est un ouvrage souvent enterré, destiné à séparer et stocker les hydrocarbures libres contenus dans les eaux de ruissellement provenant de parkings, d'aires de lavage, de sites industriels ou encore de stations-services ou de garages. Son utilisation peut aussi être envisagée pour les eaux souterraines.

Le fonctionnement du séparateur d'hydrocarbures est basé sur la séparation par différence de densité des polluants non solubles contenus dans les eaux de ruissellement. La partie débourbeur de l'appareil permet de piéger les matières en suspension (sables, graviers…). Le système de coalescence, grâce à sa surface spécifique importante, permet de concentrer les hydrocarbures libres en favorisant leur collision. Les hydrocarbures remontent ensuite à la surface. Le système d'obturation évite tout risque de relargage des hydrocarbures. Il existe deux classes de séparateur à hydrocarbures (classe I et II). Le séparateur de classe I est le plus performant avec une teneur maximale autorisée en hydrocarbures de 5 mg/L (contre 100 mg/L pour celui de classe II). Le choix de la classe du séparateur se fait selon le type d'effluent et le point de rejet (réseau ou milieu naturel).



Séparateur à hydrocarbures de classe 1
(Source : TECHNEAU)

- ***Décantation lamellaire simple***

Cette technique permet d'abattre les Matières En Suspension (MES) contenues dans l'eau. Une évacuation des eaux de traitement (concentration de MES) est à gérer également.

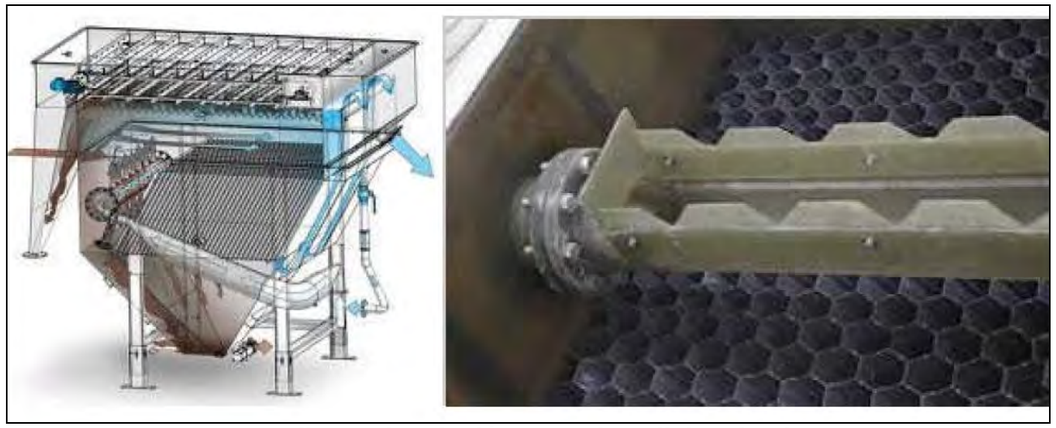


Illustration de décanteur lamellaire simple
(Source : SYSTRA)

- ***Le traitement par adsorption***

Ce traitement est spécifique pour retenir des molécules ou des ions dissous par des interactions chimiques entre le support solide et phase aqueuse. Le charbon actif est par exemple employé pour retenir :

- les métaux ;
- les hydrocarbures,
- les AOX,
- les pesticides.

Le dimensionnement est fonction du débit et de la charge d'entrée du polluant considéré.



Filtre à charbon
(Source : SYSTRA)

- ***Autres traitements envisageables***

Il est possible également de traiter des molécules au cas par cas comme avec les résines échangeuses d'ions pour le traitement des métaux par exemple.



Unité de résines échangeuses d'ions
(Source : SYSTRA)

1.6.4.6 Mesures de suivi

En fonction de la qualité des eaux souterraines attendues (en cours d'évaluation) et du choix définitif de la solution de rejet, un programme analytique des eaux de rejet sera proposé pour chaque ouvrage comprenant :

- les coordonnées du responsable du suivi ;
- les coordonnées du gestionnaire du réseau ;
- le type d'analyses à effectuer et la méthodologie d'analyse suivie (mesures de terrain, de laboratoire, référentiel normatif) ;
- la localisation des points de prélèvement (avant et après le dispositif de traitement) et la méthodologie de prélèvement ;
- la fréquence des analyses ;
- les modalités de communication des résultats d'analyses aux services concernés (police de l'eau, gestionnaire de réseau par exemple) ;
- les modalités d'intervention en cas de dépassements des seuils fixés.

Une proposition de protocole sera communiquée deux mois avant le début des opérations de rejet à la police de l'eau.

Pour ce faire, une station de contrôle sera installée comprenant par exemple :

- un compteur sans remise à zéro ;
- un robinet de prélèvement ;
- la mise en place éventuelle d'analyses en ligne et report alarme si dépassement des valeurs limites.

1.6.5 Impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation (« effet barrage ») et mesures d'accompagnement

1.6.5.1 Rappel des enjeux liés à la présence d'ouvrages étanches interceptant des écoulements d'eau souterraine

Lorsqu'un ouvrage souterrain intercepte tout ou partie d'un aquifère, un relèvement de la nappe est observé en amont et un abaissement à l'aval (cf. figure suivante). Cet effet barrage est maximal lorsque le projet est terminé et il est permanent. Il s'agit donc d'un phénomène qui est représentatif de l'effet du projet en phase d'exploitation.

Les conséquences potentielles de l'effet barrage peuvent être de plusieurs ordres, à savoir :

- inondations de sous-sols, de garages semi-enterrés ou de caves entrainées par le relèvement de la nappe en amont de l'ouvrage ;
- la modification dans la propagation de panaches de pollution éventuellement présents dans les eaux souterraines ;
- l'apparition de désordres sur le bâti. Certaines formations géologiques sont susceptibles de tasser suite à une baisse de niveau de nappe. C'est le cas des couches géologiques meubles sableuses et surtout argileuses ou tourbeuses telles que les alluvions modernes de la Seine ou des remblais d'anciennes carrières de médiocre qualité. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer un effort mécanique supplémentaire et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti s'il affecte ses fondations.

La sensibilité du milieu à l'effet barrage provoqué par un projet de type métro souterrain dépend du croisement entre enjeux et aléas.

Les **enjeux** principaux sont constitués essentiellement par l'importance et le type de bâti et par la profondeur de ce bâti par rapport au niveau de l'eau souterraine.

Les **aléas** sont les phénomènes susceptibles d'être provoqués par la modification des écoulements en raison de :

- la présence de formations contenant des niveaux gypseux de plusieurs mètres d'épaisseur dans l'eau souterraine ;
- la présence de carrières souterraines ;
- le gradient hydraulique qui conditionne l'intensité de l'effet barrage.

L'analyse croisée de ces enjeux et aléas a conduit à qualifier le milieu de plus ou moins sensible tel que décrit dans le tableau ci-après.

Cette analyse a été réalisée en considérant toutes les nappes susceptibles d'être traversées localement par le projet.

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Les enjeux sont forts compte tenu du nombre d'infrastructures souterraines et de la faible profondeur de la nappe mais l'aléa est faible compte tenu que les gradients d'écoulement de la nappe sont très modérés. La sensibilité reste donc faible.
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Les gradients d'écoulement de la nappe du Calcaire grossier sont non négligeables. L'effet barrage est donc potentiellement fort. D'anciennes carrières souterraines sont situées juste au-dessus du niveau de la nappe et pourraient être inondés en cas de remontée de nappe. En revanche, les nappes relativement profondes, l'enjeu sur le bâti est donc faible. La sensibilité du secteur est considérée comme modérée.
Secteur du plateau de Villejuif	Pour les nappes superficielles des Sables de Fontainebleau et des Calcaires de Brie, l'enjeu est modéré puisque ces nappes sont assez peu profondes. L'aléa est également modéré compte tenu des gradients d'écoulement. Pour les nappes plus profondes (calcaire de Saint-Ouen, masses et marnes du gypse, Marnes de Pantin) l'enjeu est faible compte tenu de leur profondeur mais les aléas sont potentiellement élevés compte tenu des forts gradients d'écoulement. **Globalement, la sensibilité de cette zone est considérée comme modérée.**
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Enjeux forts compte tenu de la faible profondeur de la nappe mais gradients d'écoulement très faibles. La sensibilité reste donc faible.
Secteur du plateau de Champigny	Enjeux forts car la nappe superficielle est peu profonde et aléas potentiellement forts car les gradients d'écoulement sont relativement forts dans les nappes superficielles. . La sensibilité est donc forte.

Légende

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

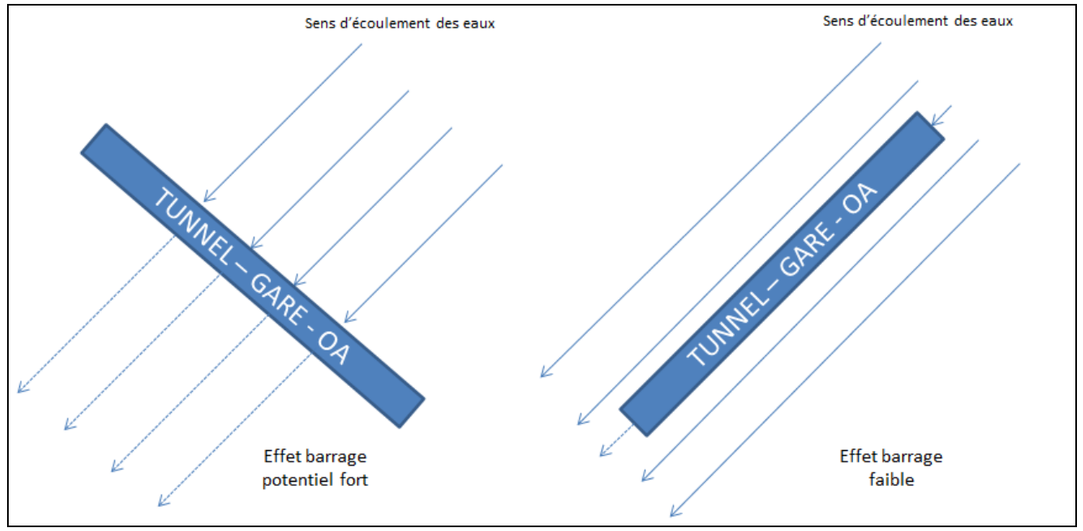
1.6.5.2 Méthodologie d'évaluation des impacts du projet sur les écoulements

L'effet barrage se caractérise simplement par la réalisation d'un écran imperméable (ou peu perméable) au sens des écoulements des eaux souterraines. Cette notion appelle à une représentation conceptuelle identique à celle de l'effet barrage des eaux superficielles où la réalisation d'une structure perpendiculaire à un cours d'eau entraine une modification importante des caractéristiques de ce dernier, en amont et éventuellement en aval.

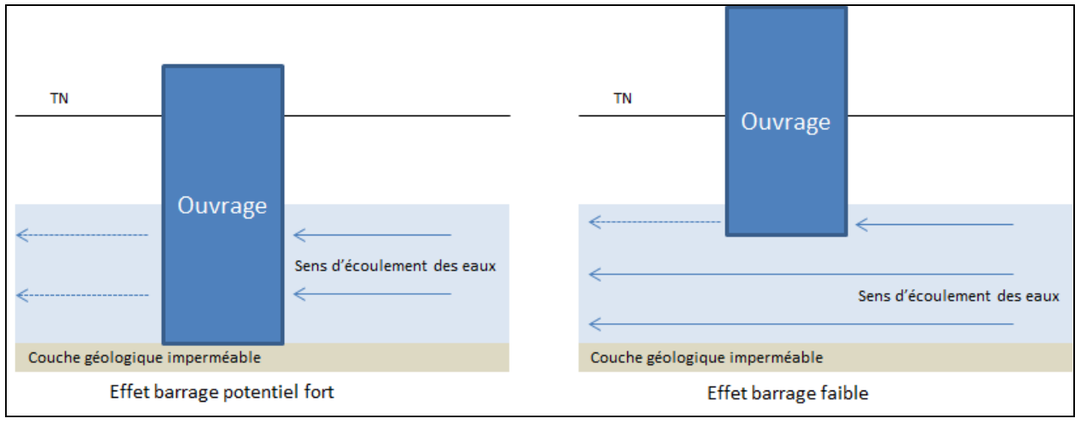
L'effet barrage dépend principalement de trois paramètres :

- de l'orientation de l'ouvrage souterrain par rapport au sens d'écoulement de la nappe ;
- du gradient hydraulique de la nappe, c'est à dire la pente de la surface piézométrique : plus le gradient hydraulique sera élevé au niveau de l'ouvrage, plus l'effet barrage sera important ;
- de la pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère occulté : plus l'épaisseur d'aquifère occultée est importante et plus l'effet barrage sera fort.

Les figures suivantes permettent de visualiser schématiquement les conditions hydrogéologiques influençant l'effet barrage.



Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par l'insertion d'un ouvrage suivant le sens d'écoulement de la nappe
(Figure réalisée par BURGEAP)



Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par un ouvrage pénétrant entièrement ou en partie dans une nappe
(Figure réalisée par BURGEAP)

L'évaluation quantitative de l'effet barrage a été réalisée avec deux différentes méthodes qui sont choisies suivant les la nature des aquifères occultés. La première méthode est basée sur les modèles numériques présentés dans le chapitre précédent. La seconde méthode est basée sur une approche analytique. Des deux approches, celle estimant l'impact le plus fort pour chaque gare est conservé.

Les modélisations hydrogéologiques complètes décrites au chapitre précédent ont été exploités pour évaluer l'effet barrage du projet au sein des principales nappes concernées par le projet à savoir :

- la **nappe de la Craie et des alluvions** sur le secteur de la **boutonnière de Boulogne-Billancourt** (modèle 1) ;
- la **nappe du Calcaire grossier du Lutétien** au niveau du plateau **d'Issy à Cachan** (modèle 2-Ouest) ;
- l'ensemble constitué par **le Calcaires grossiers, Marnes et Caillasses, sables de Beauchamp, Marno-calcaire de Saint-Ouen, alluvions** au niveau de la **plaine de Vitry** (modèle 2-Est).

Le principe de simulation qui a été retenu est le même sur ces deux modèles. Les gares et le tunnel ont été représentés par des perméabilités très faibles dans le modèle en suivant aussi finement que possible la géométrie du projet. Le résultat de la simulation avec le projet est ensuite comparé aux écoulements sans projet représentatif de l'état initial. La comparaison entre les deux permet de visualiser l'effet piézométrique sur les écoulements souterrains en termes de remontée de nappe amont et baisse de niveau de nappe à l'aval.

Les gares et les portions du tunnel, représentés dans les modèles hydrogéologiques globaux sont :

- Puits d'accès tunnelier à Issy-RER y compris gare de Pont de Sèvres dans le modèle 1 ;
- Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart à Arcueil Cachan dans le modèle 2 (secteur ouest) y compris gares de Bagneux et Châtillon-Montrouge;

- Gare les Ardoines – puits tunnelier Arrighi à Champigny-Centre y compris Vert-De-Maisons, Créteil-l'Echat, Saint-Maur-Créteil, Champigny-Centre dans le secteur Est du modèle 2.

Certaines gares sont susceptibles de traverser des aquifères superficiels perchés non représentés dans les modèles globaux pour des raisons numériques. C'est en particulier le cas des ouvrages suivants :

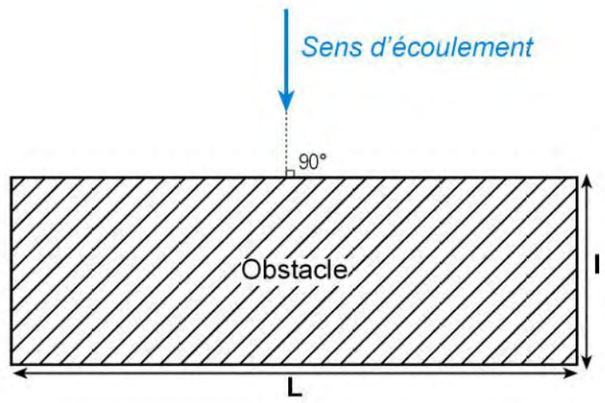
- **Gare de Bagneux** qui pénétrera dans la nappe perchée du **Marno-Calcaire de Saint-Ouen** ;
- **Gare de Villejuif IGR** qui pénétrera dans la nappe perchée du **Marno-Calcaire de Brie** et des **Sables de Fontainebleau** ;
- **Gare de Villejuif Louis Aragon** qui pénétrera dans les nappes perchées des **Marnes de Pantin** et du **Marno-Calcaire de Brie** ;
- **Gare de Vitry-Centre** qui pénétrera dans la nappe perchée des **Marnes de Pantin** ;
- **Gare de Bry-Villiers-Champigny** qui pénétrera dans la nappe du **Calcaire de Champigny** et celle des **Marnes de Pantin** si elle existe (aucun piézomètre sélectif de cette nappe n'a été posé pour l'instant) ;
- **Gare de Noisy-Le-Champ** qui pénétrera dans la nappe du **Marno-calcaire de Brie**.

Ces différentes nappes superficielles sont généralement peu profondes. Ainsi, leur occultation peut créer des effets barrages se traduisant par des relèvements de nappe dans des secteurs urbanisés présentant des infrastructures sensibles. Il convient donc d'évaluer l'effet barrage induit sur ces nappes superficielles sur la base des informations piézométriques disponibles.

La méthode utilisée, pour évaluer quantitativement cet effet barrage est une méthode analytique simple.

Lorsque **l'écoulement est perpendiculaire à l'obstacle** (cf. figure suivante), la formule suivante est utilisée :

$$\Delta h = i.\frac{L}{2}$$

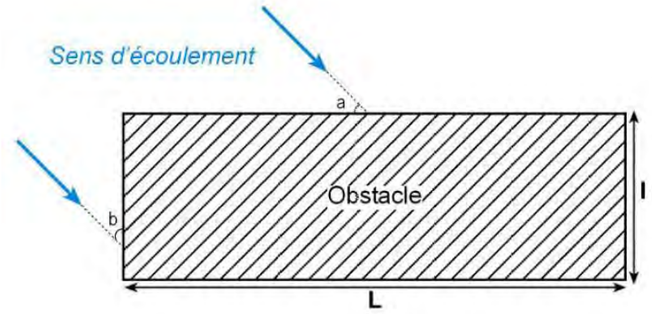


Calcul de l'effet barrage pour un écoulement perpendiculaire à l'obstacle
(Figure réalisée par BURGEAP)

Lorsque **l'écoulement n'est pas perpendiculaire à l'obstacle**, la formule suivante est utilisée. Il s'agit d'une adaptation empirique de la formule précédente :

$$\Delta h = i.\left(\frac{b}{90}.\frac{l}{2}\right) + i.\left(\frac{a}{90}.\frac{L}{2}\right)$$

$$\Delta h = i.\left(\frac{b.l + a.L}{180}\right)$$



Calcul de l'effet barrage pour un écoulement non perpendiculaire à l'obstacle
(Figure réalisée par BURGEAP)

Avec :

- Δh = relèvement de nappe à l'amont et abaissement à l'aval en mètres ;
- i = gradient de la nappe en m/m ;
- L = longueur de l'obstacle perpendiculaire à l'écoulement en mètres ;
- l = largeur de l'obstacle perpendiculaire à l'écoulement en mètres ;
- a = angle entre le sens de l'écoulement et la longueur de l'obstacle ;
- b = angle entre le sens de l'écoulement et la largeur de l'obstacle.

Cette méthode permet de déterminer le relèvement de la nappe au point le plus sensible c'est-à-dire au centre de l'obstacle. Elle suppose que la nappe soit complètement occultée. Elle ne permet donc pas de calculer des effets barrage de manière aussi fine qu'avec un logiciel de modélisation numérique mais est suffisamment précise pour juger de la sensibilité à cet aléa. Ainsi, ce calcul analytique simple a été appliqué pour chacune des gares occultant des aquifères superficiels.

Au stade actuel des études, peu de mesures piézométriques sont disponibles dans les nappes superficielles permettant de déterminer précisément le gradient d'écoulement au droit des gares. Cette approche analytique simple a permis de déterminer de manière indicative les zones potentiellement sensibles à l'effet barrage sur les nappes superficielles de sorte à orienter les études et les reconnaissances complémentaires nécessaire en phase PRO.

L'effet barrage calculé avec les méthodes décrites précédemment est analysé au regard des enjeux identifiés (infrastructures souterraines, exploitation d'eaux souterraines, zones polluées, anciennes carrières) afin de déterminer si un impact significatif est possible. Dans ce cas, des mesures de réduction de principe sont proposées tels que des systèmes de régulation visant à assurer une continuité des écoulements souterrains entre l'amont et l'aval (drains collecteurs amont et drains infiltrant aval par exemple). La faisabilité et le dimensionnement précis de mesures de réduction éventuelles ne peuvent être réalisés que dans les phases de conception avancée du projet ultérieures.

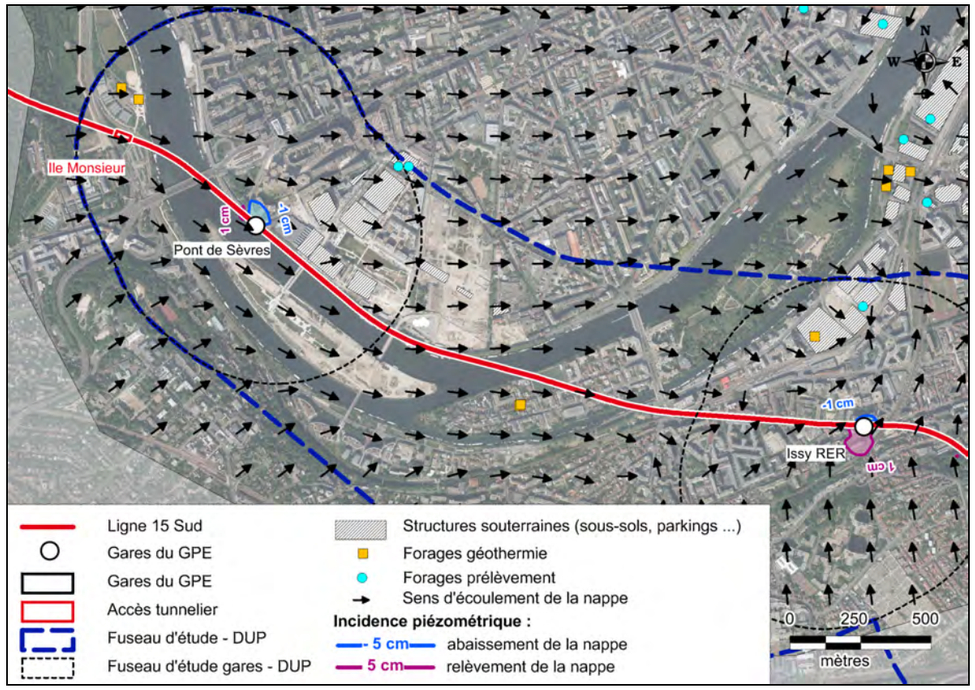
1.6.5.3 Impacts sur les écoulements d'eau souterraine liés à la présence du projet

a. *Secteur de la boutonnière de Boulogne avec modélisation hydrogéologique : modèle 1*

Le modèle hydrogéologique de la boutonnière de Boulogne a permis d'évaluer l'effet barrage sur la nappe des alluvions et de la Craie créé par le tunnel et les gares entre le puits d'accès de l'Ile Monsieur à la gare d'Issy-RER. Au-delà de la gare d'Issy-RER, la Craie est surmontée d'une épaisse couverture de terrains tertiaires qui forme le plateau d'Issy à Cachan. La Craie est donc très profonde. Les simulations ont été réalisées en régime permanent d'écoulement et en régime transitoire en cas de crue de Seine. Le tunnel et les gares sont représentés par des éléments de calcul de très faible perméabilité. Les ouvrages souterrains recensés qui occultent la nappe (parking par exemple) sont également représentés dans le modèle par des mailles de perméabilité réduite de sorte à évaluer les effets cumulés sur les écoulements de toutes les infrastructures susceptibles d'interférer avec la nappe.

Les figures suivantes présentent les résultats des simulations pour des conditions de basses eaux de la Seine. Elles permettent de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe créé par le projet par rapport à l'état de référence hors crue. Deux états de référence sont pris en compte : le premier sans tenir compte du grand projet de géothermie de IDEX (ZAC de l'Ile Seguin), le second avec.

Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°1 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe 4.



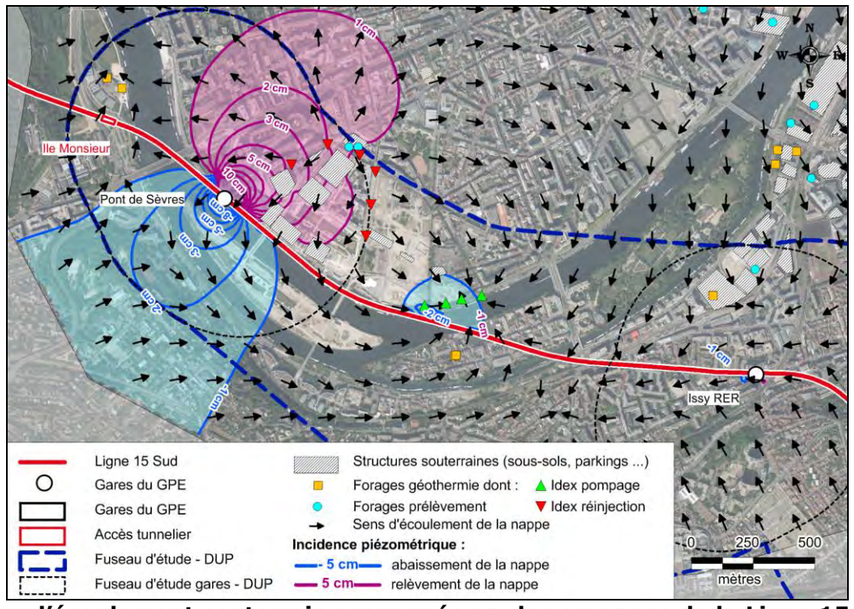
Effets sur l'écoulement souterrain provoqué par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne hors crue
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Le résultat de cette simulation montre que l'effet piézométrique est extrêmement limité au niveau des gares de Pont de Sèvres et d'Issy RER. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas un centimètre, ce qui est parfaitement négligeable.

Une seconde simulation a été réalisée en considérant le grand projet de géothermie IDEX, qu'il est prévu de réaliser au niveau de la ZAC de l'Ile Seguin. Ce projet de géothermie comprend 4 forages de pompage, situés le long du quai George Gorse à Boulogne-Billancourt (pour un débit prélevé total de 1 500 m^3/h) et 6 forages de réinjection, situés à proximité de la gare de Pont de Sèvres.

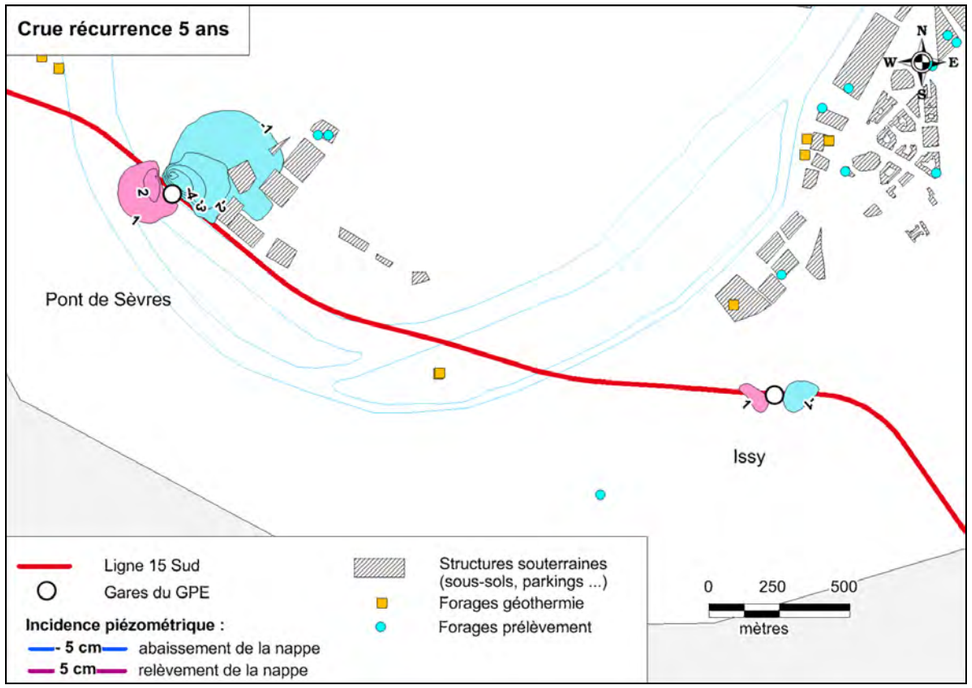
Le résultat de cette simulation montre que l'effet piézométrique au niveau de la gare de pont de Sèvres est légèrement plus important en considérant le projet de géothermie de la ZAC de l'ile Seguin (IDEX). Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre d'une dizaine de centimètres à proximité de cette gare (cf. figure suivante). Il y a donc un léger effet cumulé entre les deux projets. En effet, les forages d'injection du projet de géothermie voisin vont induire un cône de relèvement de nappe dans le secteur de la ZAC de l'ile Seguin et donc une modification des écoulements dans le secteur au nord de la gare. Le gradient de la nappe est alors orienté dans le sens nord-est sud-ouest contre la face nord-est de la future gare, provoquant un effet barrage très faible mais plus important que si le projet de géothermie n'est pas considéré. À proximité immédiate des infrastructures souterraines recensées, le relèvement de nappe induit par le projet reste très faible (au maximum 5 cm).

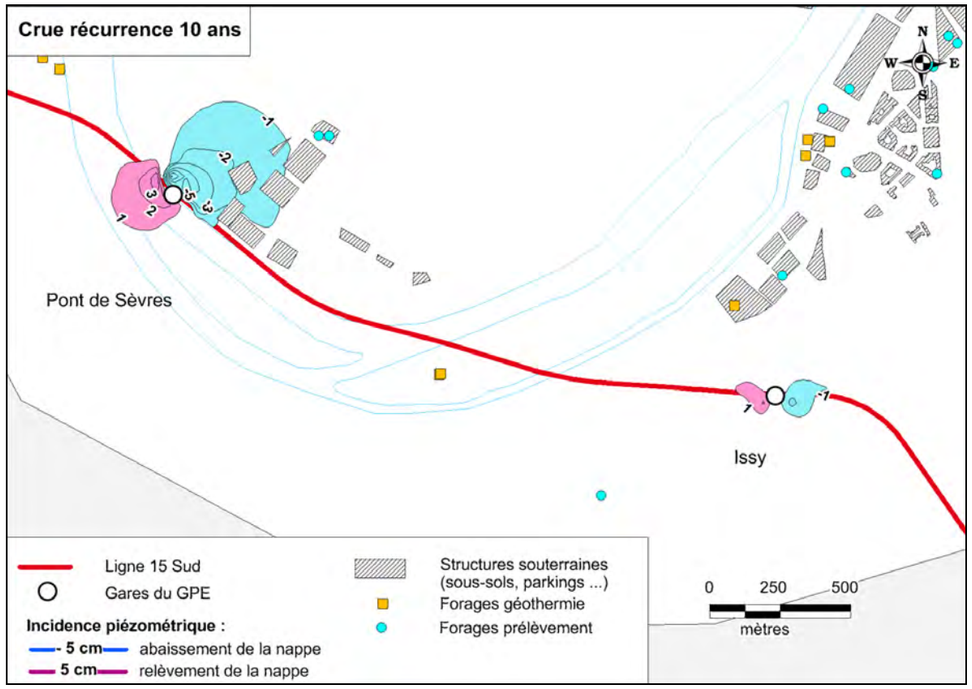
Le projet ne créera donc pas de risques supplémentaires significatifs d'inondations d'infrastructures par remontée de nappe. De plus, le calcul a été réalisé en considérant une situation défavorable qui est le fonctionnement du projet IDEX en régime permanent à son débit maximal. Les modifications piézométriques au niveau de la gare d'Issy RER restent inchangées, de l'ordre de quelques centimètres.

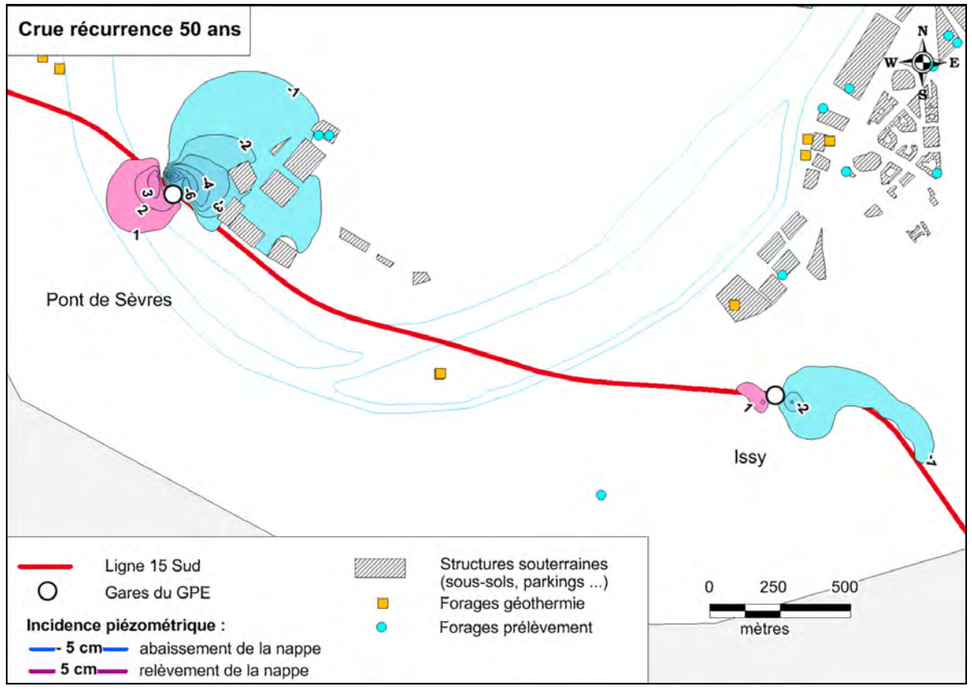


Effets sur l'écoulement souterrain provoqués par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne en considérant le projet de la ZAC de l'Ile Seguin hors crue
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

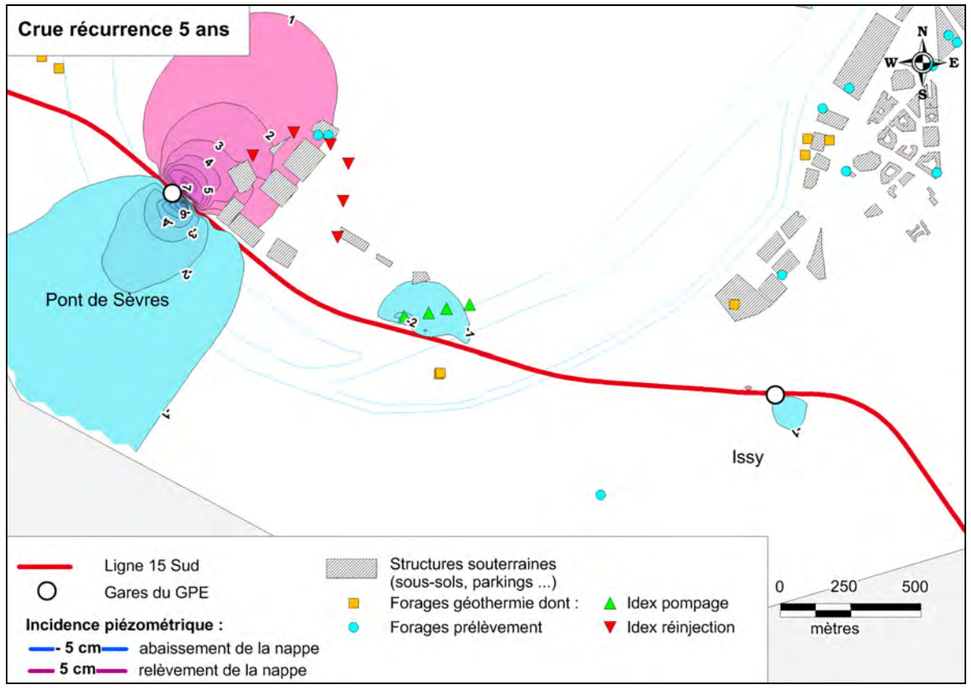
Les figures suivantes présentent les résultats des simulations pour plusieurs conditions de crues de la Seine. Elles permettent de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe créé par le projet par rapport à l'état de référence en crue. Deux états de référence sont pris en compte : le premier sans tenir compte du grand projet de géothermie d'IDEX (ZAC de l'Ile Seguin), le second avec prise en compte de ce projet.

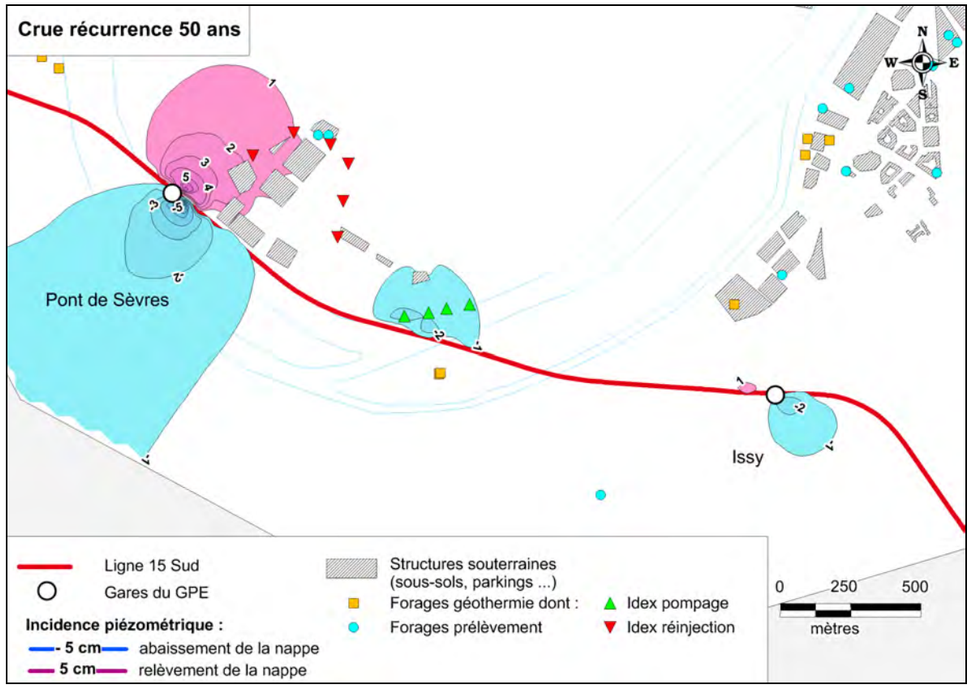


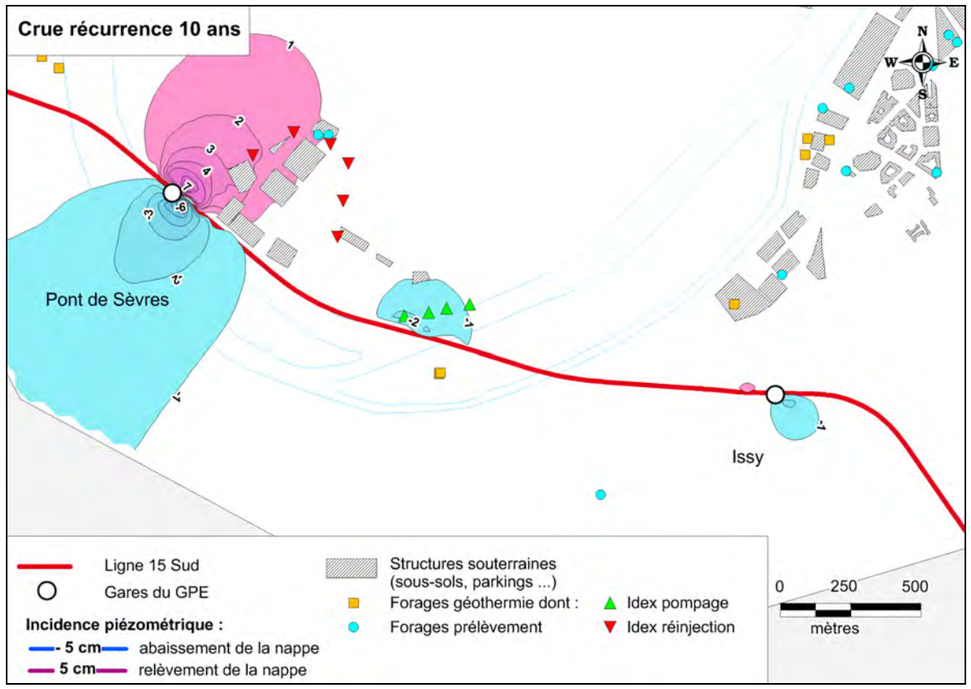




Effets sur l'écoulement souterrain provoqué par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne pour diverses situations de crue
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)







Effets sur l'écoulement souterrain provoqué par les ouvrages de la Ligne 15 Sud au niveau de la boutonnière de Boulogne pour diverses situations de crue en considérant le projet de la ZAC de l'Ile Seguin
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les figures ci-avant présentent la différence entre la piézométrie de la nappe au pic de crue (transmise dans l'aquifère) à l'état initial (sans les infrastructures) et la piézométrie de la nappe avec les infrastructures (gares et tunnel en place) avec et sans le projet de géothermie de la ZAC Seguin.

Dans la situation qui ne tient pas compte du projet de géothermie, l'effet piézométrique augmente avec l'amplitude de l'onde crue simulée. Dans le cas d'une crue de récurrence 50 ans, elles montrent les effets piézométriques maximums suivants (étant entendu que les effets pour les crues de récurrence 5 ans et 10 ans sont plus faibles) :

- effet piézométrique du puits tunnelier : impact nul ou inférieur au centimètre,
- effet piézométrique de la gare de Pont de Sèvres : augmentation, par effet barrage, de l'amplitude de l'onde de crue transmise dans l'aquifère de 4 cm en amont immédiat de l'ouvrage (côté Seine), et abaissement de la nappe de 7 cm sur l'autre face de la structure (coté boucle de Boulogne),
- effet piézométrique de la gare Issy RER : relèvement du niveau de nappe de 3 cm en amont immédiat de l'ouvrage (côté Seine), et baisse de 2 cm à l'opposé,

L'effet piézométrique du tunnel en lui-même : ne se fait sentir que dans sa partie située à l'est de la gare Issy RER avec une baisse de 1 à 2 cm.

Ces effets piézométriques sont extrêmement faibles. Ils peuvent être considérés comme positifs pour les infrastructures construites sous la nappe de la ZAC Seguin.

Dans la situation qui tient compte du projet de la ZAC Seguin, l'effet piézométrique est également extrêmement limité. Il n'est que de quelques centimètres.

Il apparait que le relèvement induit au niveau des infrastructures de la ZAC est réduit rapport à la situation hors crue. En effet, l'effet de la crue de Seine sur le niveau de la nappe viendra créer une « pente » de nappe qui viendra en quelque sorte s'opposer à l'incidence sur la piézométrie des forages d'injection. L'effet cumulé entre les deux projets est donc réduit dans les situations de crue qui sont les plus défavorables du point de vue du risque d'inondation de structures enterrées.

Les gares de **Pont de Sèvres** et d'**Issy RER** traverseront localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions de la Seine et la majeure partie de l'épaisseur de la Craie productive sous-jacente. **Les résultats des simulations montrent, que quel que soit le scénario retenu, l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité.** Les modifications piézométriques calculées n'excèdent pas une dizaine de centimètres, ce qui est négligeable, et seront limitées aux périmètres voisins des gares. Ce très faible impact s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de la nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère. La hauteur globale de l'aquifère est de l'ordre de 30-40 mètres environ, alors que le diamètre du tunnel est de 10 mètres.

Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de la boutonnière de Boulogne.

b. *Secteur du plateau d'Issy à Cachan avec modélisation hydrogéologique (modèle 2 secteur est) et approche analytique – annexe 5*

Le modèle hydrogéologique du plateau d'Issy à Cachan a permis d'évaluer l'effet barrage sur la nappe du Lutétien, créé par le tunnel et les gares entre la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et la gare d'Arcueil-Cachan. Au-delà de la Bièvre, le tunnel s'insère dans les formations des Masses et Marnes du Gypse, sous le plateau de Villejuif.

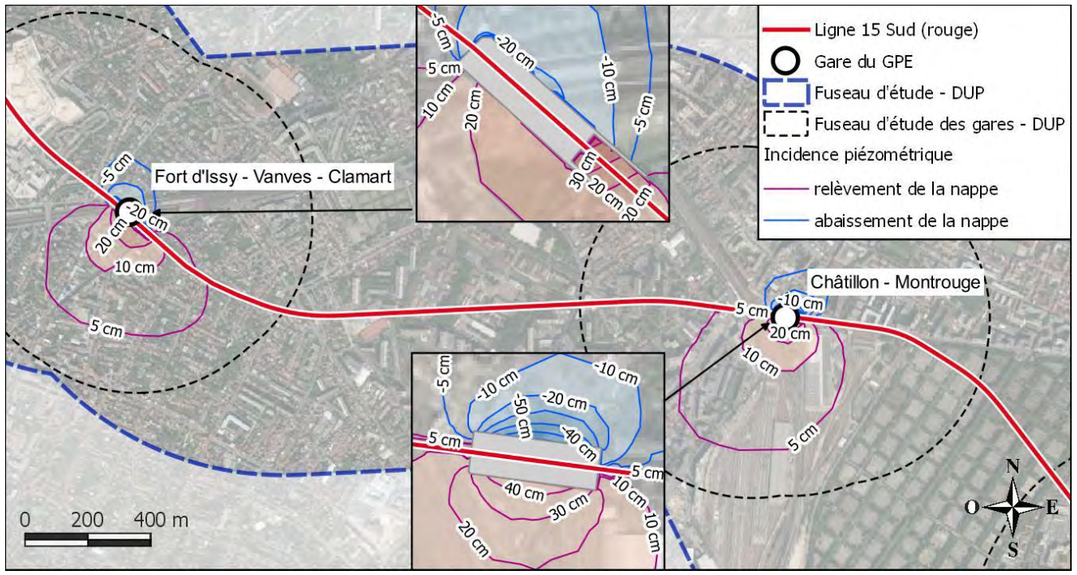
Une présentation détaillée des simulations réalisées avec le modèle n°2 est présentée dans le rapport complet de modélisation fourni en annexe.

Par ailleurs, la démarche analytique a notamment permis d'évaluer l'effet barrage entrainé par la création de la gare de Bagneux sur la nappe superficielle du Marno-calcaire de Saint-Ouen, non représentée dans le modèle.

- ***Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart***

La future gare d'Issy-Vanves-Clamart traversera localement toute l'épaisseur des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien. Au niveau de ce secteur, le tunnel oscille dans les formations de l'Yprésien, non aquifère, ainsi que dans la Craie sous-jacente. L'effet barrage provoqué par le tunnel dans ce secteur est négligeable.

La figure suivante permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'impact de la future gare sur les écoulements souterrains de la nappe du Lutétien est extrêmement faible. Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre de 10 à 20 cm, ce qui reste négligeable (40 cm localement entre deux rideaux de pieux).

Cette gare est située à proximité immédiate d'un axe de drainage de la nappe du Calcaire Grossier au nord-ouest qui est constitué par l'intersection entre la topographie en bordure de coteau et le toit des formations yprésiennes argileuses. Ce contexte particulier rend difficile l'interprétation de la direction d'écoulement dans ce secteur. En effet, il est très difficile, au regard des mesures disponibles, de déterminer si l'écoulement de la nappe du Lutétien est dirigé vers son exutoire principal, à savoir la Seine vers le nord-est, ou vers son exutoire secondaire, à savoir les zones de débordement de coteau vers le nord-ouest.

Le modèle restitue une direction d'écoulement vers le nord-ouest en direction du coteau ce qui est possible mais favorable compte tenu de la position de la Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

L'approche par calcul analytique a donc été menée en parallèle de la modélisation numérique pour évaluer l'effet barrage dans un cas de figure moins favorable, où l'écoulement serait orienté vers le nord-est, perpendiculairement à la gare.

Le gradient piézométrique est alors d'environ 1,3 % au droit de celle-ci (cf. figure suivante).

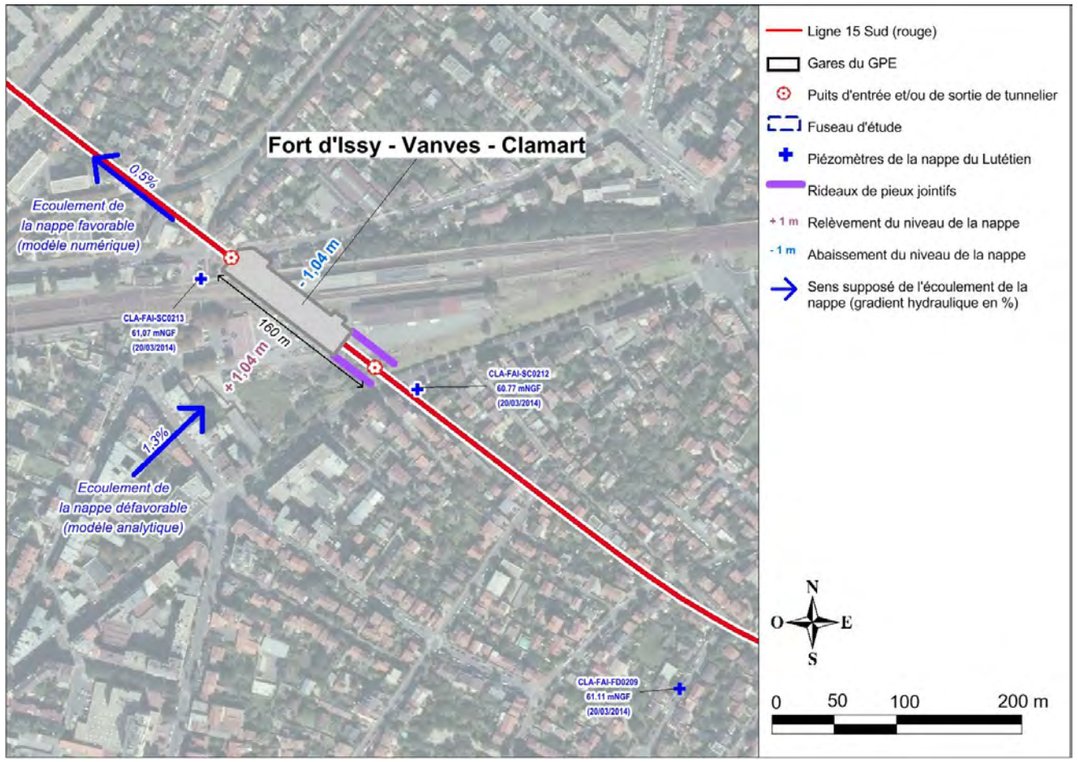
Les variations du niveau de la nappe du Lutétien (variations maximales au centre de l'obstacle), susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

GARE DE FORT D'ISSY-VANVES-CLAMART – Nappe du Lutétien
Sens d'écoulement en direction du nord-est (perpendiculairement à l'axe de la gare)
***i* = 1,3 %**
$\Delta h = 0{,}013.\left(\frac{160}{2}\right)$ $\Delta h = \pm\, \mathbf{1{,}04\ m}$

D'après les calculs analytiques l'effet barrage atteint près de **± 1,0 m** au niveau de la future gare, supérieur aux résultats issus de la modélisation numérique.

La perturbation des écoulements souterrains provoqués par la gare d'Issy-Vanves-Clamart n'est donc pas négligeable dans l'hypothèse où l'écoulement est orienté en direction du nord-est.

Le secteur de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart est caractéristique d'une zone mixte en termes de typologie de bâtiment. Ainsi, les bâtiments sont petits à moyens laissant présager un seul niveau de sous-sol. Il convient de noter également la présence en aval de l'éco-quartier du Fort d'Issy, situé au nord-ouest de la future gare. Il présente des immeubles de grande hauteur possédant potentiellement un à plusieurs niveaux de sous-sol.



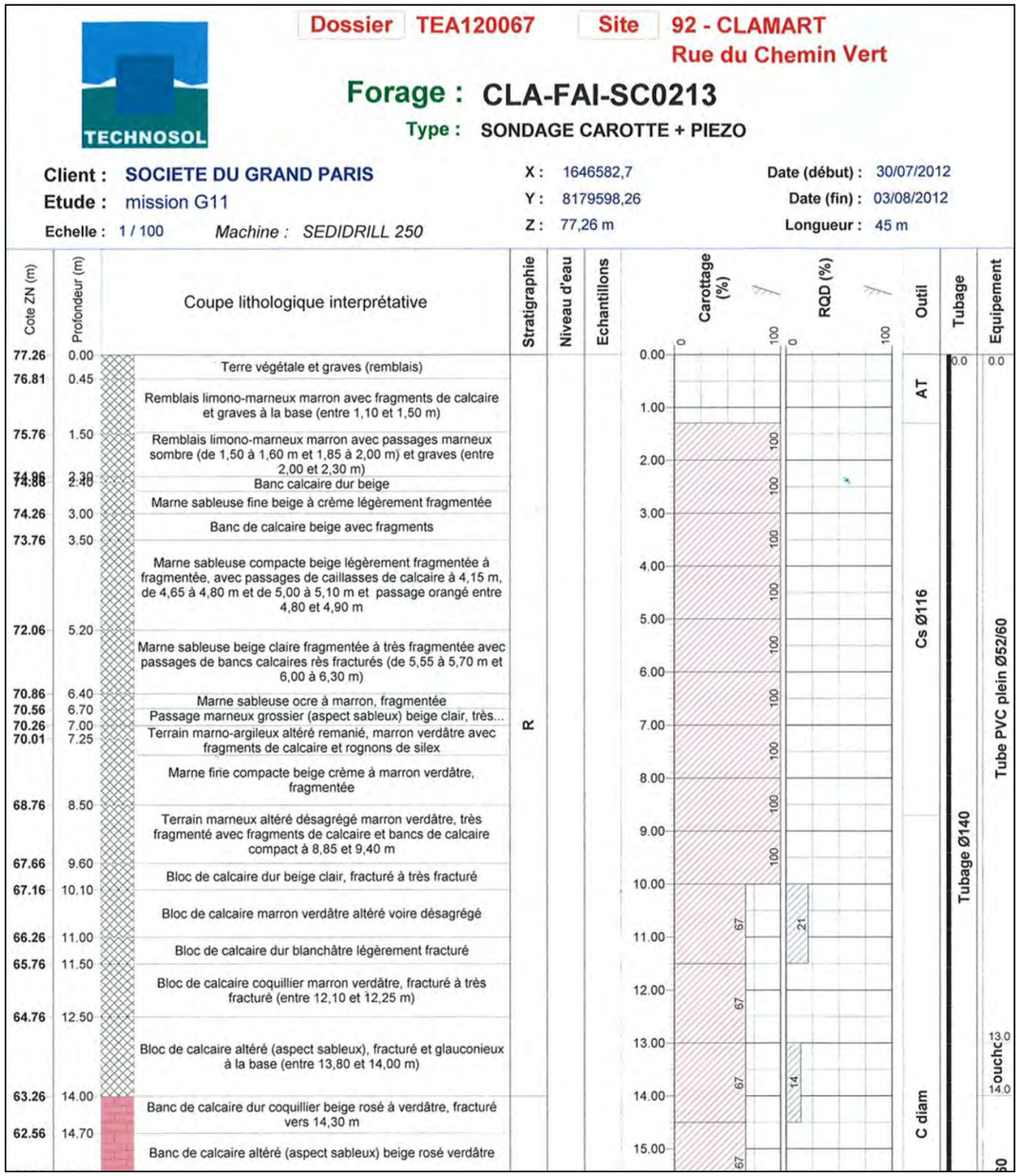
Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Pour rappel, la cote moyenne de la nappe des Calcaires grossiers au droit de cette gare est de 61 NGF. Ainsi, la future cote moyenne de la nappe en amont direct de la gare est susceptible d'atteindre **62,0 NGF**. Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 15 m). **Le risque de remontée de nappe dans les structures enterrées avoisinantes est donc faible.**

Par ailleurs, aucune trace de gypse n'a été identifiée au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare. **La perturbation des écoulements souterrains au niveau de la gare d'Issy-Vanves-Clamart n'aura pas d'incidence sur le phénomène de dissolution du gypse.**

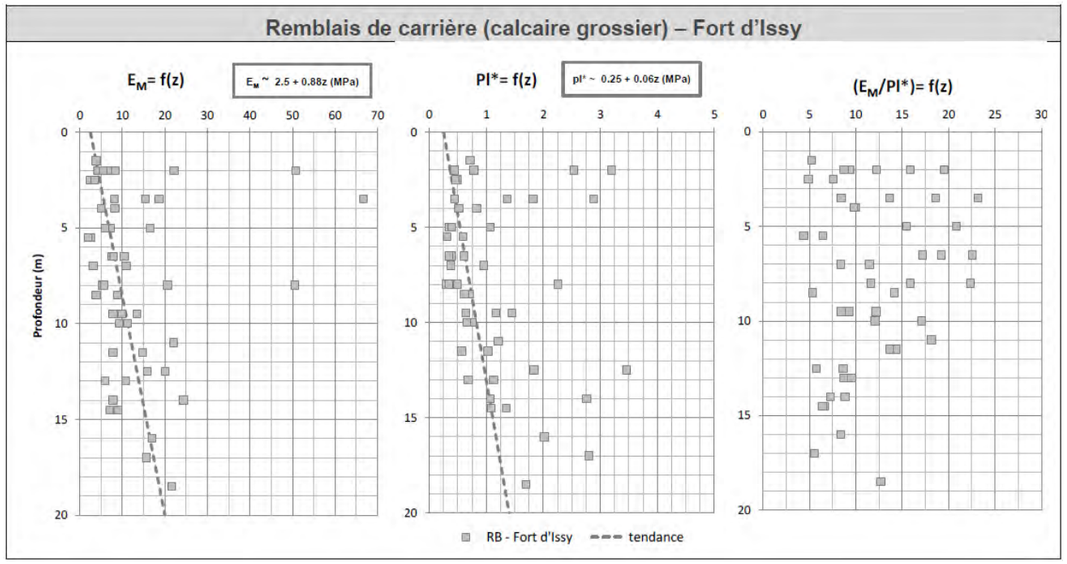
La gare d'Issy-Vanves-Clamart sera réalisée au droit d'une ancienne carrière de Calcaire grossier à ciel ouvert. Lors de la reconnaissance, l'épaisseur maximum de remblais identifiée dans les carottes atteint près de 20 mètres. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer une baisse de résistance mécanique et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti s'il affecte ses fondations.

La coupe suivante, réalisée au droit de la future gare et représentative des sondages réalisés sur ce secteur, indique que ces remblais sont très hétérogènes, de consistance limoneuse à sableuse et comprenant des blocs de calcaire à leur base.



Coupe du sondage SC0213 au droit de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart
(Figure issue de la mission géotechnique G1)

51 essais pressiométriques ont été réalisés au droit de ce secteur. Les remblais de carrière rencontrés au droit de la gare font état de caractéristiques pressiométriques faibles mais croissantes en profondeur (cf. figure ci-dessous).

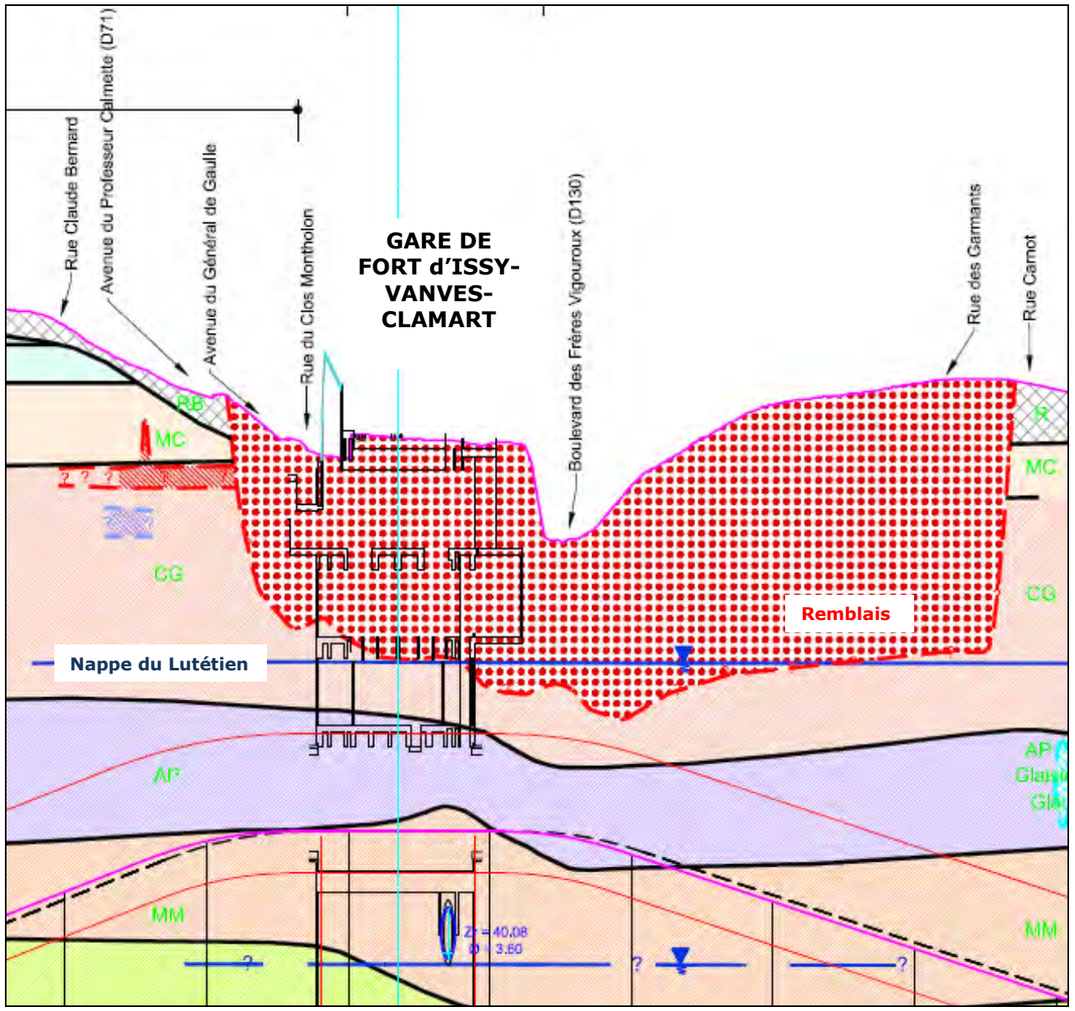


Évolution des caractéristiques pressiométriques en fonction de la profondeur au droit de la future gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart
(Figure issue du mémoire géologique et géotechnique de la Ligne 15 Sud)

E_M (MPa) détermine le module pressiométrique de Ménard, correspondant à un module de déformation du sol. Pl* détermine la pression limite, qui correspond à l'état limite de rupture du terrain lorsque celui-ci est soumis à une pression uniforme croissante sur une paroi d'une cavité cylindrique.

Comme le montre la figure ci-dessous, le niveau de la nappe du Lutétien, atteint les niveaux inférieurs des remblais, composés de blocs calcaires et dont les caractéristiques pressiométriques sont les meilleures.

Le risque de désordre, lié à la baisse du niveau piézométrique en aval de la future gare apparait donc comme faible.



Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart
(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)

La gare de **Fort d'Issy-Vanves-Clamart** traversera localement la totalité de l'aquifère du Lutétien. En raison de la position de la gare, située sur un axe de drainage, le gradient et le sens de l'écoulement sont relativement incertains au niveau de la gare.

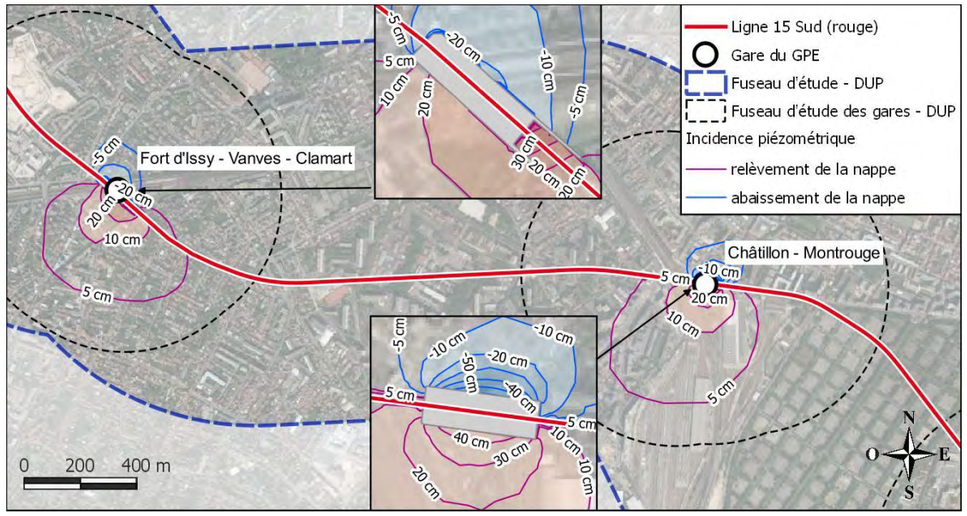
En considérant l'hypothèse la plus défavorable, c'est à dire pour un gradient d'écoulement orienté en direction du nord-est, les variations piézométriques provoquées par l'effet barrage sont non négligeables au niveau de la future gare. Toutefois, les enjeux restent faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, remblais quasi désaturés au droit de la gare, absence de gypse).

Ainsi, le risque de désordre provoqué par l'effet barrage au niveau de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart apparait comme très limité.

- ***Gare de Châtillon-Montrouge***

La future gare de Châtillon-Montrouge traversera la totalité des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien. Au niveau de ce secteur, le tunnel occultera également une partie des Calcaires grossiers.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare de Châtillon-Montrouge sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que les impacts de la future gare sur les écoulements souterrains de la nappe du Lutétien restent faibles. Le relèvement en amont de la gare est estimé à +0,50 m et l'abaissement en aval à -0,60 m.

L'approche analytique a été menée en parallèle de la modélisation numérique.

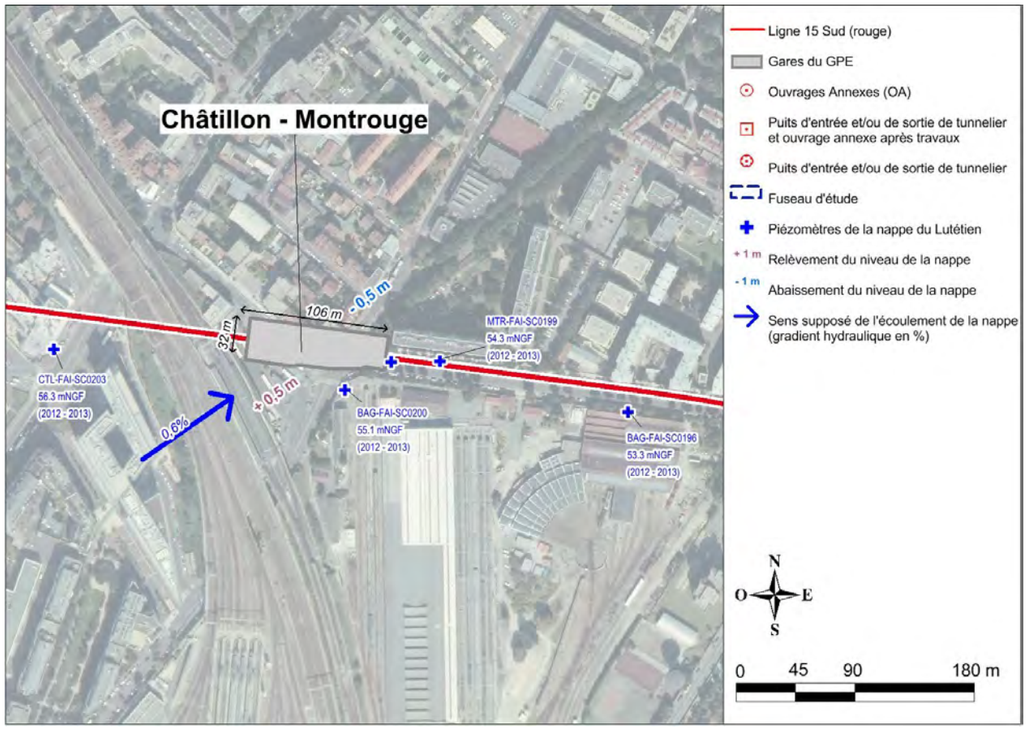
L'écoulement de la nappe du Lutétien est globalement orienté en direction du nord-ouest. Le gradient piézométrique est d'environ 0,6 % au droit de celle-ci (cf. figure suivante). Le tunnel occulte environ 50 % des Calcaires grossiers du Lutétien à l'est et à l'ouest de la gare. L'écoulement est orienté à environ 60° par rapport à l'axe du tunnel (cf. figure ci-dessous).

Les variations du niveau de la nappe du Lutétien susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

GARE DE CHATILLON-MONTROUGE – Nappe du Lutétien
Sens d'écoulement en direction du nord-ouest
i = 0,6 %
$\Delta h = 0{,}006.\left(\frac{50}{90}.\frac{32}{2}+\frac{41}{90}.\frac{106}{2}\right)+0{,}006.\left(\frac{60}{90}.\frac{300}{2}\right).50\%$ $\Delta h = \pm\, \mathbf{0,50\ m}$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,50 m** au niveau de la future gare. Les résultats analytiques sont en adéquations avec les résultats issus de la modélisation numérique.

Le secteur de Châtillon-Montrouge est dominé par une typologie de type grands bâtiments (à partir de R+4/5), laissant présager un à plusieurs niveaux de sous-sol. Ce secteur est également caractérisé par un certain nombre de bâtiments remarquables de très grande hauteur dont le nombre de niveau de sous-sol peut potentiellement être élevé.



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Châtillon-Montrouge
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Pour rappel, la cote moyenne de la nappe des Calcaires grossiers au droit de cette gare est de 56 NGF. Ainsi, la future cote moyenne de la nappe en amont direct de la gare est susceptible d'atteindre **56,6 NGF**. Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 20 m). **Le risque de remontée de nappe dans les sous-sols avoisinants est donc faible.**

Aucune trace de gypse n'a été identifiée au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare. Le risque vis à vis de la présence de gypse reste donc quasi nul. **La perturbation des écoulements souterrains au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge n'aura pas d'incidence sur le phénomène de dissolution du gypse.**

Deux niveaux de carrières souterraines remblayées ont été identifiés au droit de la future gare de Châtillon-Montrouge. La cote moyenne du niveau de nappe se trouve à environ 2,5 mètres sous la base du second niveau de carrière. **La remontée du niveau piézométrique en amont de l'ouvrage n'est pas en mesure d'inonder de niveaux de carrières au droit de la future gare.**

La gare de **Châtillon-Montrouge** traversera localement la totalité de l'épaisseur de l'aquifère du Lutétien.

Les variations piézométriques provoquées par l'effet barrage sont de l'ordre de 0,6 mètres, ce qui est non négligeable. Cependant, les enjeux restent faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, niveaux de carrières sous le niveau de la nappe, absence de gypse).

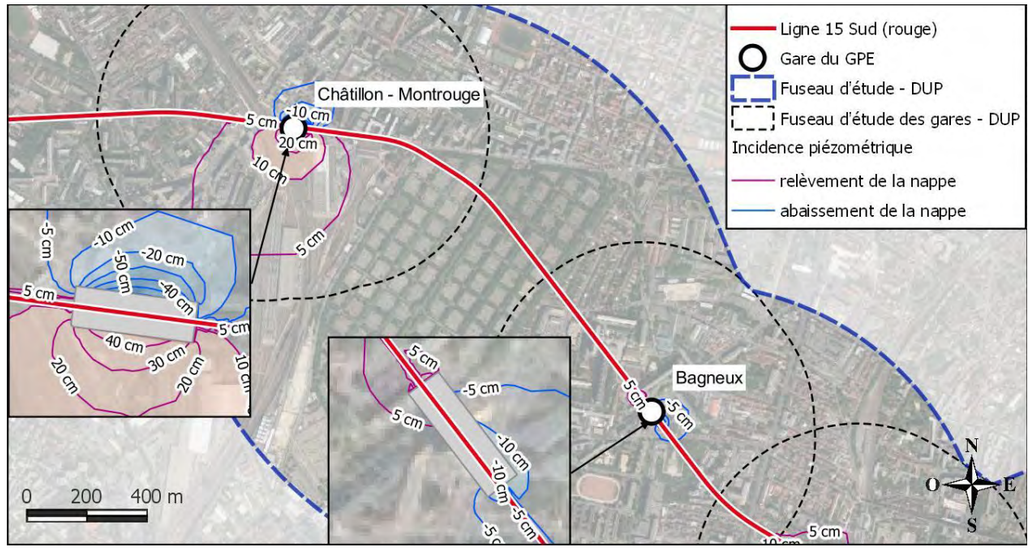
Ainsi, le risque de désordre provoqué par l'effet barrage au niveau de Châtillon-Montrouge est considéré comme faible.

- ***Gare de Bagneux***

La future gare de Bagneux traversera la totalité de l'épaisseur des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien ainsi que la totalité de l'épaisseur du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Le tunnel dans ce secteur occulte la partie inférieure du Calcaire grossier du Lutétien.

Nappe du Lutétien :

La figure suivante issue du modèle hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare de Bagneux sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare de Bagneux. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres à proximité immédiate de la gare, ce qui est négligeable.

L'approche analytique a été menée en parallèle de la modélisation numérique.

L'écoulement de la nappe du Lutétien a été considéré orienté en direction de l'est-sud-est soit une direction d'écoulement moins favorable que celle restituée dans le modèle. Le gradient piézométrique retenu est de 1,0 % au droit de celle-ci. Le tunnel occulte environ 50 % des Calcaires grossiers du Lutétien. L'écoulement est orienté à environ 30° par rapport à l'axe du tunnel (cf. figure ci-dessous).

Ainsi les variations du niveau de la nappe, susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

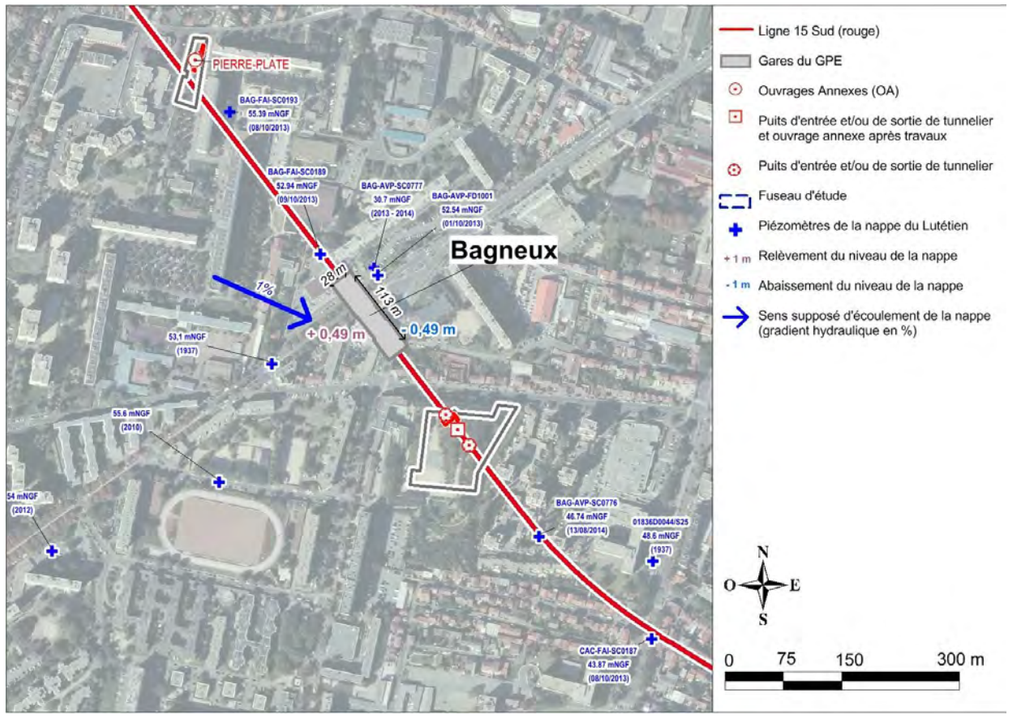
GARE DE BAGNEUX – Nappe du Lutétien
Sens d'écoulement en direction du sud-est
i = 1,0 %
$$\Delta h = 0{,}01.\left(\frac{47}{90}.\frac{28}{2}+\frac{40}{90}.\frac{113}{2}\right)+0{,}01.\left(\frac{30}{90}.\frac{200}{2}\right).50\%$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0,49\ m}$$

L'effet barrage calculé analytiquement est de **± 0,5 m**. Cet effet est supérieur à celui restitué par le modèle mais reste modéré.

La nappe du Lutétien est située à près de 30 mètres de profondeur. **Le risque de remontée de nappe dans les structures souterraines avoisinantes est donc faible.**

Quelques traces de gypse ont été identifiées au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare, sur un seul sondage. Cependant la présence de niveaux gypseux sur ce sondage n'excède pas quelques centimètres. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Les sondages ont mis en évidence des niveaux de carrière au droit de la future gare. La cote moyenne du niveau de nappe se trouve à environ 2,5 mètres sous la base du niveau de carrière le plus profond. **Le risque d'inondation des carrières souterraines par l'effet barrage, en amont de la gare de Bagneux, est donc quasi nul.**



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bagneux
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen (première nappe rencontrée sous le terrain naturel et non modélisée) :

Au stade actuel des études, un seul piézomètre captant la nappe superficielle du Marno-calcaire de Saint-Ouen a été mis en place par la Société du Grand Paris à proximité de la gare. Trois autres mesures piézométriques récentes, sont toutefois disponibles dans ce secteur. Ainsi, le sens d'écoulement et le gradient hydraulique de cette nappe sont relativement bien connus.

L'écoulement de la nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen est globalement orienté en direction nord-est, perpendiculairement à l'axe de la gare. Le gradient d'écoulement est d'environ 1,3 % (cf. figure ci-dessous).

Ainsi les variations du niveau de la nappe (variations maximales au centre de l'obstacle), susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

GARE DE BAGNEUX – Nappe du Marno-calcaire de Saint-Ouen
Sens d'écoulement en direction du nord-est (perpendiculairement à l'axe du tunnel)
i = 1,3 %
$\Delta h = 0{,}013.\frac{113}{2}$ $\Delta h = \pm 0{,}74\ m$

L'effet barrage calculé analytiquement atteint **± 0,75 m**, au centre de l'obstacle.

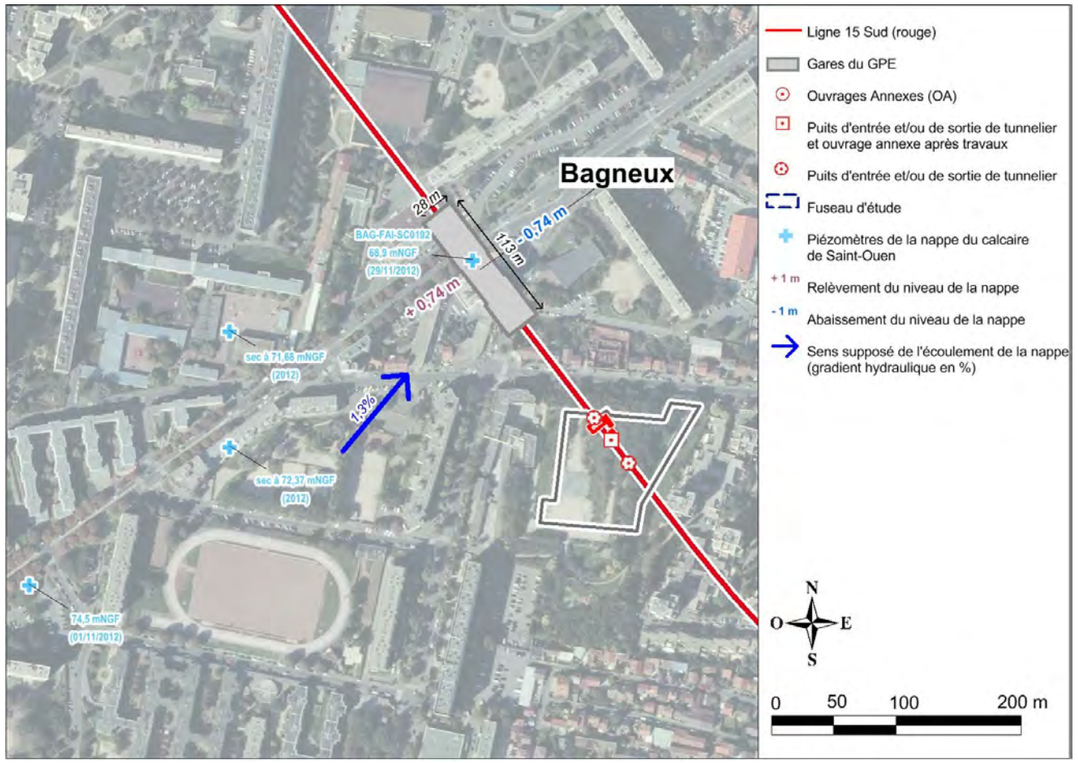
Le secteur sud-ouest de la gare de Bagneux est caractérisé par une dominance de bâtiments hauts (minimum R+4), présentant a priori un à plusieurs niveaux de sous-sol. L'enjeu n'est donc pas négligeable aux alentours de cette gare.

Le recensement des bâtiments à proximité immédiate de la future gare a montré la présence de bâtiments comprenant au maximum 1 niveau de sous-sol, soit une cote de 80 NGF.

Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 13 m). **Le risque de remontée de nappe dans les sous-sols avoisinants est donc faible.**

Des inclusions de gypse ont été identifiées dans le Marno-calcaire de Saint-Ouen, sur un sondage réalisé à proximité de la future gare de Bagneux. Toutefois ce sondage n'a pas mis en évidence de cavités de dissolution du gypse. **La perturbation des écoulements souterrains au niveau de la gare de Bagneux de devrait pas avoir d'incidence significative sur le phénomène de dissolution du gypse.**

Aucun niveau de carrière n'a été identifié dans ces formations au droit de la future gare. **Les risques vis à vis des carrières sont donc nuls.**



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bagneux
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

La gare de **Bagneux** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe du Lutétien.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont relativement faibles. Les risques sont également faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, niveaux de carrières sous le niveau de la nappe, absence de gypse).

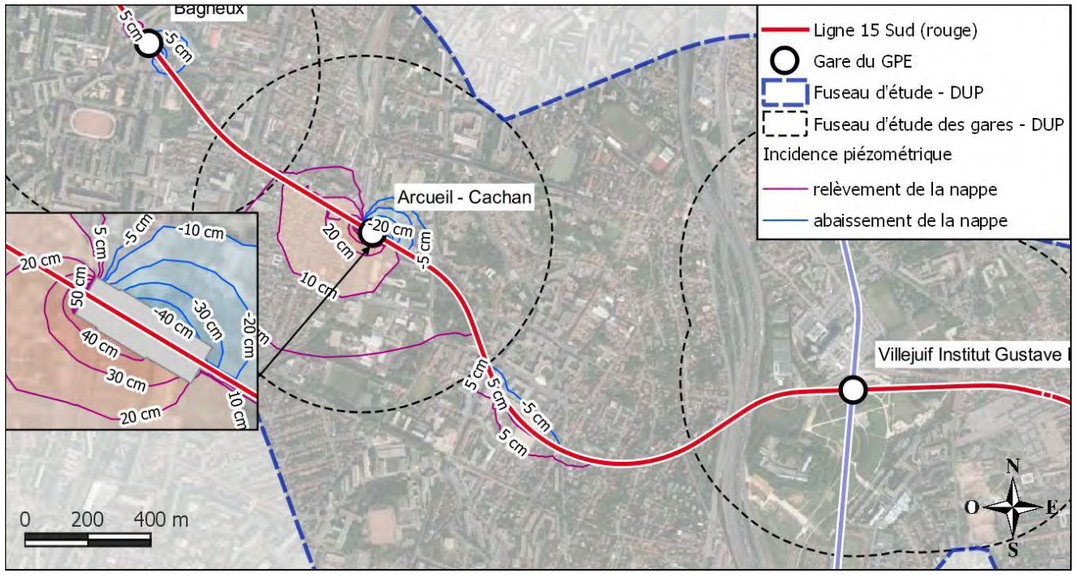
Cette gare traversera également localement la totalité de l'aquifère du Marno-calcaire de Saint-Ouen. L'effet barrage provoquée par la création de cette gare atteint près de 0,7 m, ce qui reste non négligeable. Toutefois les risques restent faibles (profondeur importante de la nappe, peu de gypse, absence de carrière).

Ainsi, le risque de désordre provoqué par l'effet barrage au niveau de la gare de Bagneux apparait comme très limité.

- ***Gare d'Arcueil-Cachan***

La future gare d'Arcueil-Cachan traversera localement toute l'épaisseur des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare d'Arcueil-Cachan sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la future gare d'Arcueil-Cachan. Les modifications piézométriques issues du modèle atteignent près de 0,5 mètre à proximité immédiate de la gare, ce qui est faible.

L'approche analytique a été menée en parallèle de la modélisation numérique.

L'écoulement de la nappe du Lutétien est globalement orienté en direction de l'est, perpendiculairement à l'axe de la gare. Toutefois, un doute subsiste quant à la direction précise au droit de la gare. Le gradient piézométrique retenu est d'environ 1,6 % au droit de celle-ci.

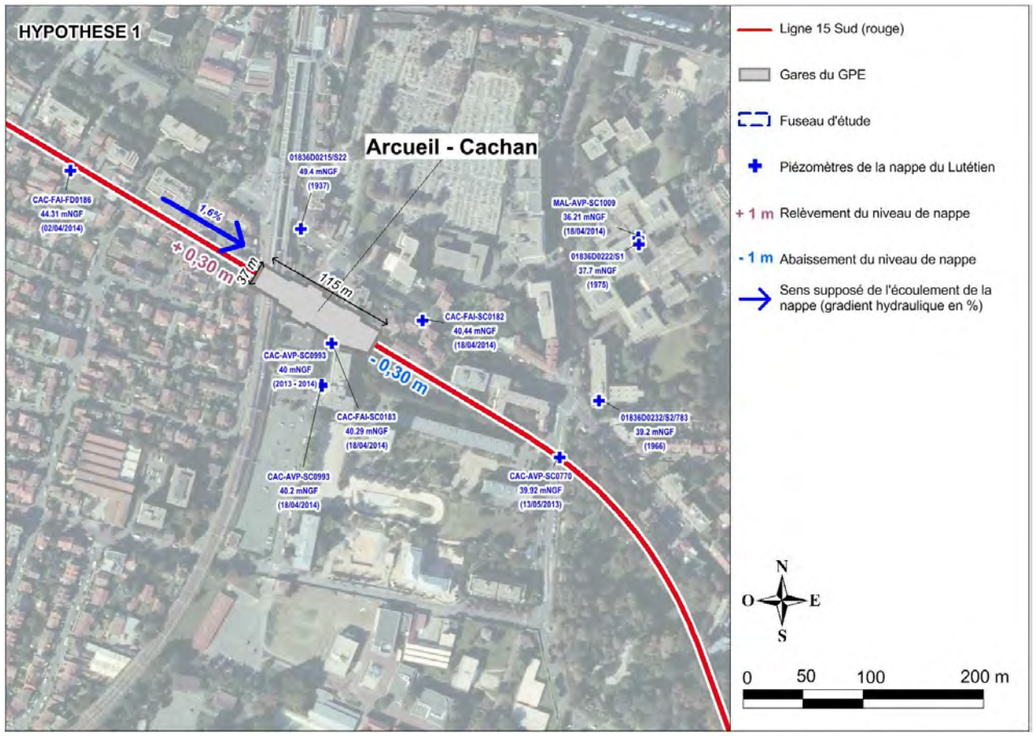
Ainsi les variations du niveau de la nappe, susceptibles de se produire en amont et en aval du bâtiment sont calculées comme suit :

Sens d'écoulement en direction du sud-est – hypothèse 1	**Sens d'écoulement en direction de l'est-nord-est – hypothèse 2**
i = 1,6 %	***i = 1,6 %***
$\Delta h = 0{,}016.\left(\frac{37}{2}\right)$	$\Delta h = 0{,}016.\left(\frac{48}{90}.\frac{115}{2}+\frac{45}{90}.\frac{37}{2}\right)$

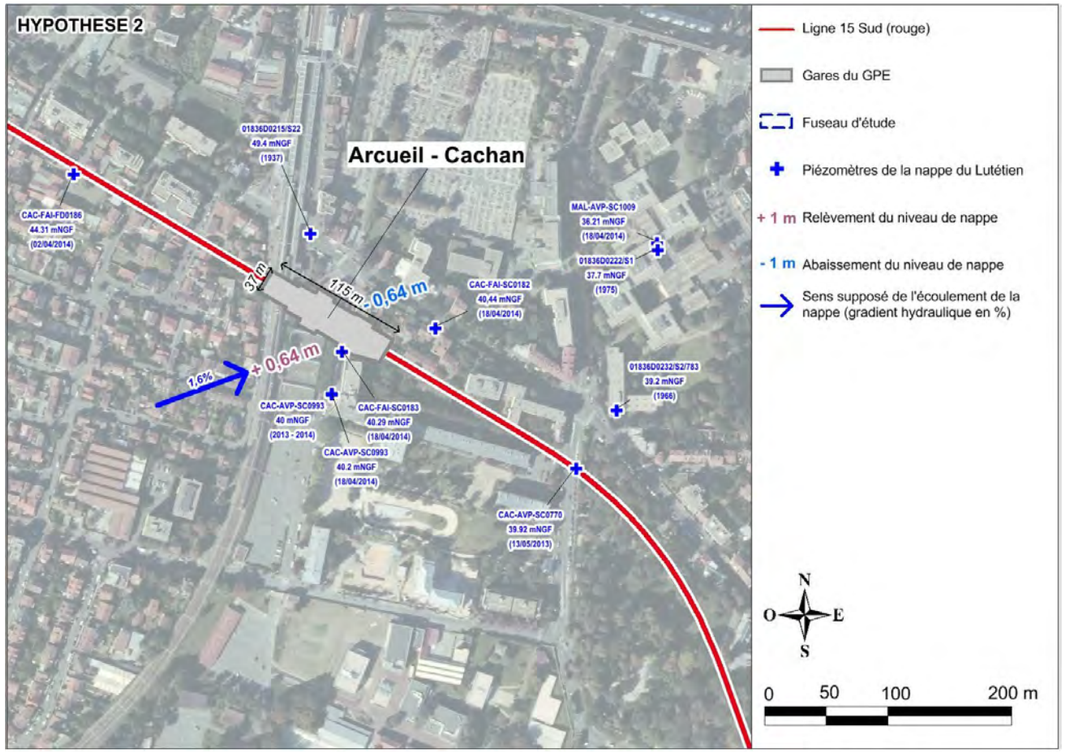
$\Delta h = \pm 0,30\ m$	$\Delta h = \pm 0,64\ m$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage est de **± 0,65 m** au niveau de la future gare d'Arcueil-Cachan, dans le cas le plus défavorable. Les résultats analytiques sont en adéquations avec les résultats issus de la modélisation numérique.

Le secteur à proximité de la gare d'Arcueil-Cachan ne présente pas d'enjeu particulier. En effet, il s'agit d'une zone dite « mixte », à dominante de bâtiments petits à moyens (maximum R+5) et ne présentant, a priori, que peu de niveaux de sous-sol.



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare d'Arcueil-Cachan (hypothèse 1 de gradient)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

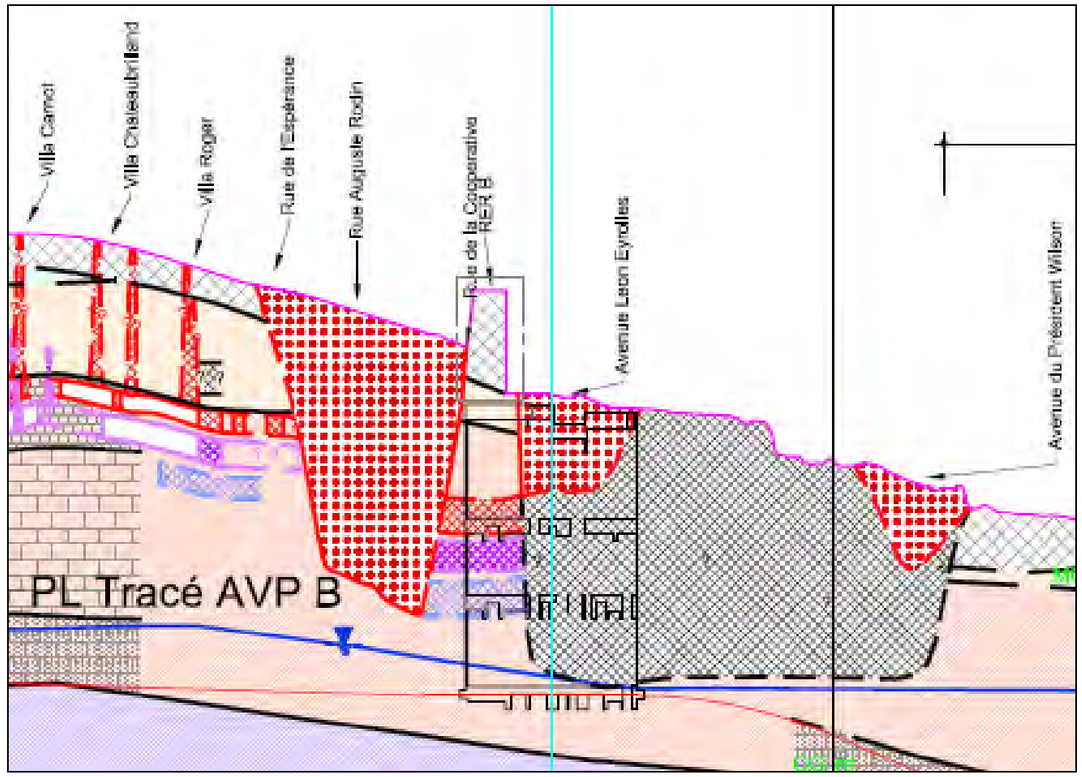


Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare d'Arcueil-Cachan (hypothèse 2 de gradient)
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~15 m). **Le risque de remontée de nappe dans les sous-sols avoisinants est relativement faible.**

Aucune trace de gypse n'a été identifiée au sein des formations du Lutétien au droit de la future gare d'Arcueil-Cachan. **Les risques de dissolution du gypse provoqué par la modification des écoulements souterrains sont donc nuls.**

Des anciennes carrières à ciel ouvert ont été identifiées au droit de la future gare. Des niveaux de remblais important (de l'ordre de 10 mètres) sont présents au droit de celle-ci. Toutefois, la nappe est située en moyenne à 7 mètres sont ces niveaux de remblais (cf. figure suivante). Le relèvement piézométrique en amont de la gare n'est pas en mesure d'atteindre ces niveaux de remblais. **Les risques sont considérés donc comme quasi nuls.**



Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare d'Arcueil-Cachan
(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)

La gare de **d'Arcueil-Cachan** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe du Lutétien.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont de l'ordre de 0,6 mètre. Toutefois, les enjeux sont faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, remblais non saturés, absence de gypse).

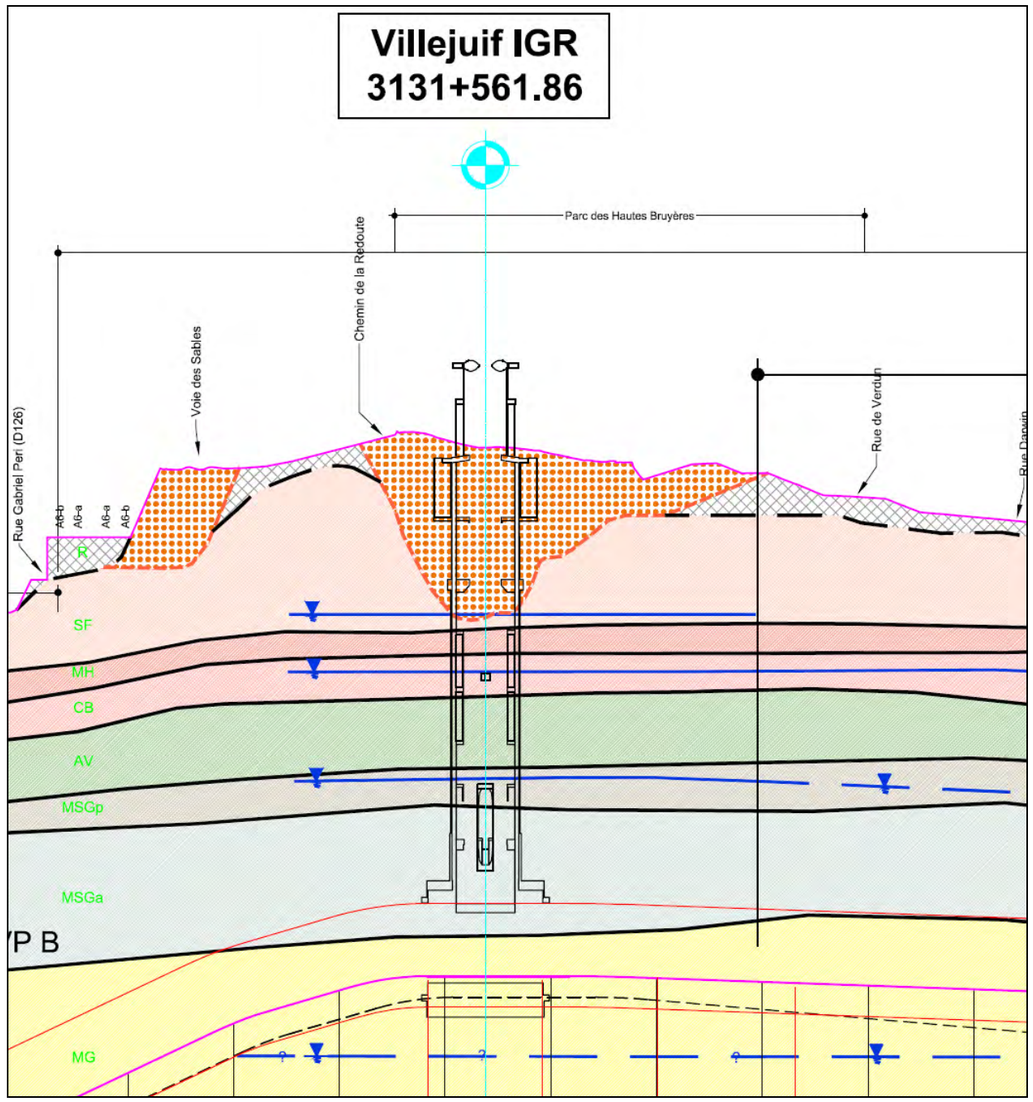
Ainsi, les risques de désordre induits par l'effet barrage au niveau de la gare d'Arcueil-Cachan apparaissent comme très limités.

c. <u>Secteur du plateau de Villejuif avec approche analytique</u>

L'évaluation de l'effet barrage au niveau du plateau de Villejuif a été de manière analytique.

- ***<u>Gare de Villejuif IGR</u>***

La future gare de Villejuif IGR traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Sables de Fontainebleau et la totalité de la nappe du Calcaire de Brie. Au droit du plateau de Villejuif, le tunnel oscille dans les formations des Masses et Marnes du Gypse sous-jacentes (cf. figure ci-dessous).



Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare de Villejuif IGR
(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)

<u>Nappe des Sables de Fontainebleau (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) :</u>

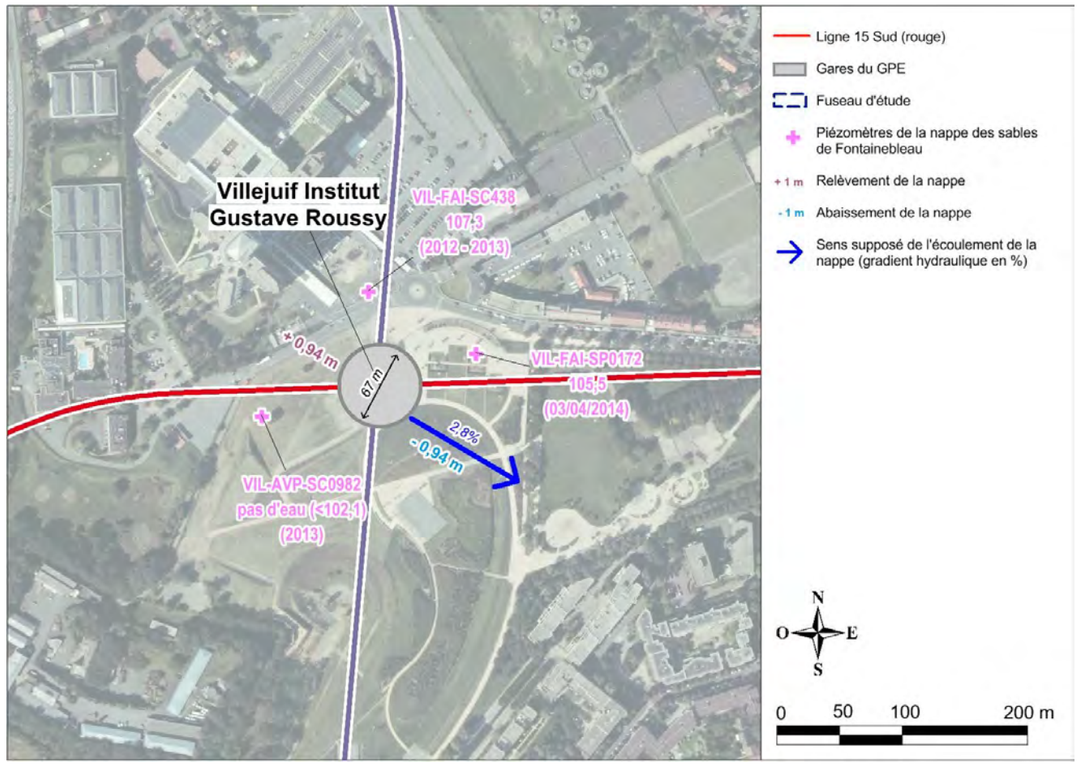
La Société du Grand Paris a réalisé trois piézomètres captant cette nappe autour de la future gare. L'écoulement est globalement orienté en direction du sud-ouest avec un gradient d'au maximum de 2,8 % (cf. figure ci-dessous). Des doutes subsistent toutefois sur la direction de l'écoulement.

Des piézomètres supplémentaires, captant spécifiquement la nappe des Sables de Fontainebleau seront mis en place dans les phases ultérieures du projet.

La variation du niveau de la nappe est calculée, à ce stade, comme suit :

GARE DE VILLEJUIG IGR – Nappe des Sables de Fontainebleau
Sens d'écoulement en direction sud-ouest
i = 2,8 %
$\Delta h = 0{,}028.\left(\frac{67}{2}\right)$ $\Delta h = \pm \mathbf{0{,}94\ m}$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,95 m** au niveau de la future gare de Villejuif IGR, ce qui reste non négligeable.



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Villejuif IGR
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Par ailleurs, l'Institut Gustave Roussy est situé à 100 m au nord-ouest de la future gare. Le projet doit donc tenir particulièrement compte de ce site. Ce bâtiment est susceptible de posséder un ou plusieurs niveaux de sous-sols.

Au sud-ouest de la future gare se trouve la redoute des Hautes Bruyères, située sur le Parc Départemental des Hautes Bruyères Elle héberge aujourd'hui une caserne d'une Compagnie Républicaine de Sécurité et présente un fort potentiel de niveaux de sous-sols (des vestiges d'un village néolithique, d'anciennes galeries souterraines peut-être, des fossés…) et constitue également un enjeu fort.

Le secteur au nord-est de la future gare est caractérisé par une typologie de bâti homogène de type petite à moyenne hauteur (R+4/5 maximum) et ne constitue donc pas d'enjeu particulier.

Toutefois, le recensement des bâtiments à proximité immédiate de la future gare a montré la présence de bâtiments comprenant au maximum 1 niveau de sous-sol, soit une cote minimum de 116 NGF.

Ce recensement n'est pas exhaustif, et n'inclut pas la totalité des bâtiments de l'Institut Gustave Roussy qui peuvent contenir plusieurs niveaux de sous-sols.

Il convient de préciser que cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 15 m). **Le risque de remontée de nappe dans d'éventuelles structures souterraines avoisinantes reste a priori faible.**

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les Sables de Fontainebleau sur le secteur d'étude. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse est donc nul.**

Cette gare est située au droit d'anciennes carrières à ciel ouvert, exploitant les Sables de Fontainebleau. L'épaisseur des remblais est de l'ordre de 15 mètres. Pour ces formations géologiques, une baisse du niveau piézométrique significative est susceptible d'entrainer une baisse de résistance mécanique et donc un tassement. Le tassement est lui-même susceptible d'entrainer des désordres sur le bâti.

La figure suivante présente la coupe d'un sondage type réalisé au droit de la gare de Villejuif IGR. Les matériaux de remblais sont hétérogènes.

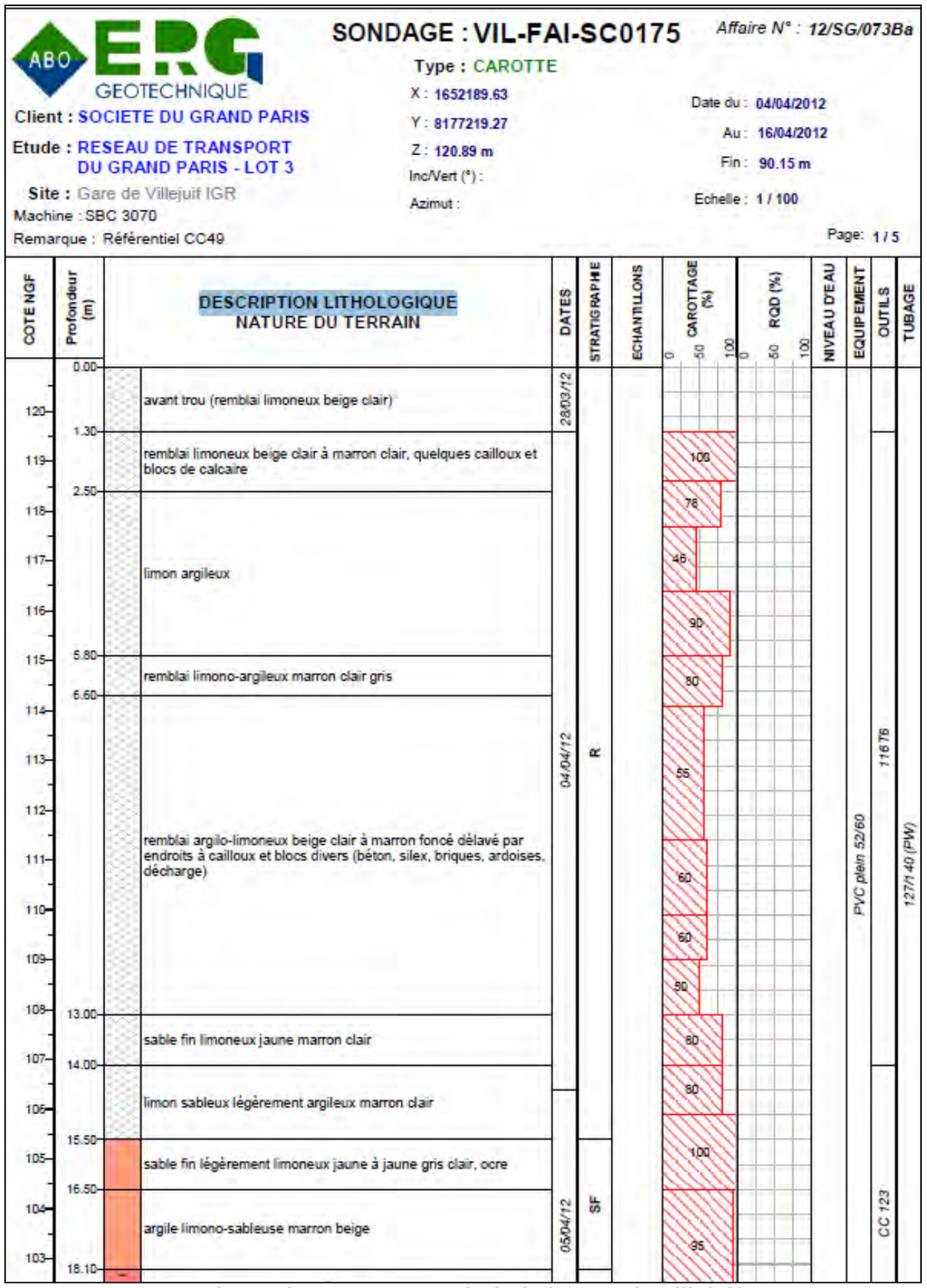
Les remblais de carrière rencontrés au droit de la gare de Villejuif IGR (anciennes exploitations de Sables de Fontainebleau) font état de caractéristiques pressiométriques hétérogènes et globalement médiocres.

La figure de la page suivante, montre que les remblais sont presque désaturés au niveau de la gare de Villejuif IGR. Le relèvement piézométrique est tout de même en mesure d'atteindre ces niveaux de remblais désaturés.

Toutefois, le relèvement piézométrique est du même ordre que le battement naturel de cette nappe (1,1 m sur le piézomètre ADES situé à Saclay).

Les risques de désordre liés aux variations du niveau piézométrique apparaissent donc comme faibles. Toutefois, une attention particulière sera apportée par le géotechnicien au niveau de cette gare.

Les niveaux piézométriques à proximité de cette gare seront surveillés au moyen de piézomètres qui seront suivis régulièrement après la phase de chantier.



Coupe du sondage SC0175 au droit de la gare de Villejuif IGR
(Figure issue de la mission géotechnique G1)

Nappe du Calcaire de Brie :

La Société du Grand Paris a réalisé deux piézomètres captant cette nappe autour de la future gare. L'écoulement est globalement orienté en direction du sud-ouest avec un gradient relativement faible. Des doutes subsistent toutefois sur la direction de l'écoulement et le gradient hydraulique, les mesures piézométriques n'étant pas synchrones.

Il conviendra d'actualiser les mesures sur les deux piézomètres mis en place par la SGP.

La variation du niveau de la nappe est calculée comme suit :

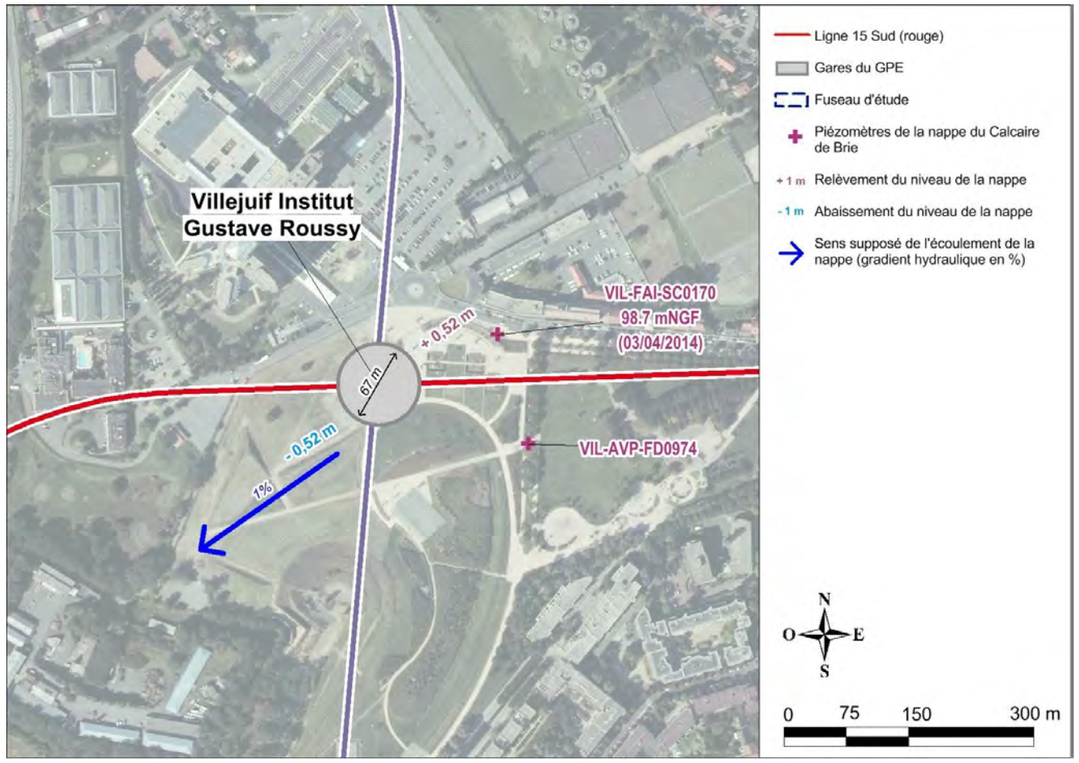
GARE DE VILLEJUIF IGR – Nappe du Calcaire de Brie
Sens d'écoulement en direction du sud-ouest
i = 1,0 %
$$\Delta h = 0{,}01.\left(\frac{105}{2}\right)$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0{,}52\ m}$$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,5 m** au niveau de la future gare de Villejuif IGR.

Cette nappe est située à une profondeur moyenne relativement importante (~ 22 m). **Le risque de remontée de nappe dans d'éventuelles structures souterraines avoisinantes est donc quasi nul.**

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les formations du Calcaire de Brie sur le secteur d'étude. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Aucunes carrières souterraines n'ont été identifiées au droit de la gare de Villejuif IGR. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Villejuif IGR
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

La gare de **Villejuif IGR** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Sables de Fontainebleau.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont de l'ordre du mètre. Toutefois, mis à part la présence de niveaux de remblais importants pouvant être mis en eau, les enjeux sont faibles au niveau de ce secteur (profondeur de la nappe importante, absence de gypse). Une attention particulière sera apportée par les géotechniciens concernant la mise en eau de niveaux de remblais de qualité médiocre.

Cette gare traverse également localement toute l'épaisseur de l'aquifère du Calcaire de Brie. L'effet barrage provoquée par la création de cette gare est non négligeable mais les risques restent faibles (profondeur importante de la nappe, absence de gypse, absence d'anciennes carrières).

Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Villejuif IGR sont considérés comme faibles. Des reconnaissances complémentaires seront réalisées concernant la nappe des Sables de Fontainebleau. Une attention sera également apportée par les géotechniciens concernant les désordres potentiels liés à la mise en eau possible de niveaux de remblais de qualité médiocre.

- ***Gare de Villejuif-Louis-Aragon***

La future gare de Villejuif-Louis-Aragon traversera localement toute l'épaisseur de la nappe du Calcaire de Brie et la totalité de la nappe des Marnes de Pantin.

Nappe du Calcaire de Brie (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) :

Deux piézomètres captant spécifiquement cette nappe ont été mis en place par la Société du Grand Paris.

Au stade actuel, les mesures piézométriques d'un seul de ces ouvrages sont disponibles. Le sens d'écoulement est globalement orienté en direction du sud-est. Le gradient est d'environ 1,1 %.

Il conviendra de préciser et actualiser le gradient hydraulique avec les mesures les plus récentes.

La variation du niveau de la nappe est calculée comme suit :

GARE DE VILLEJUIF-LOUIS-ARAGON – Nappe du Calcaire de Brie
Sens d'écoulement en direction sud-ouest
i = 1,1 %
$$\Delta h = 0{,}011.\left(\frac{33}{90}.\frac{98}{2}+\frac{60}{90}.\frac{26}{2}\right)$$ $$\Delta h = \pm\, \mathbf{0,29\ m}$$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 0,3 m** au niveau de la future gare de Villejuif IGR.

Ce secteur est très homogène en termes de typologie de bâti. Il existe quelques bâtiments de grande hauteur à proximité de la gare (R+4 et plus), possédant potentiellement plusieurs niveaux de sous-sol. La zone est donc sensible et une attention particulière y sera portée.

Le recensement des bâtiments à proximité de la gare a mis en évidence la présence de bâtiments comportant 2 niveaux de sous-sol, au nord de la future gare. A priori, ces bâtiments ne se trouvent pas en amont hydraulique de la gare.

Les bâtiments qui se trouvent en amont hydraulique (ouest et nord-ouest de la gare) comportent au maximum un seul niveau de sous-sol. L'altitude du plancher bas de ces sous-sols est d'environ 97 NGF, soit deux mètres au-dessus du niveau moyen de la nappe.

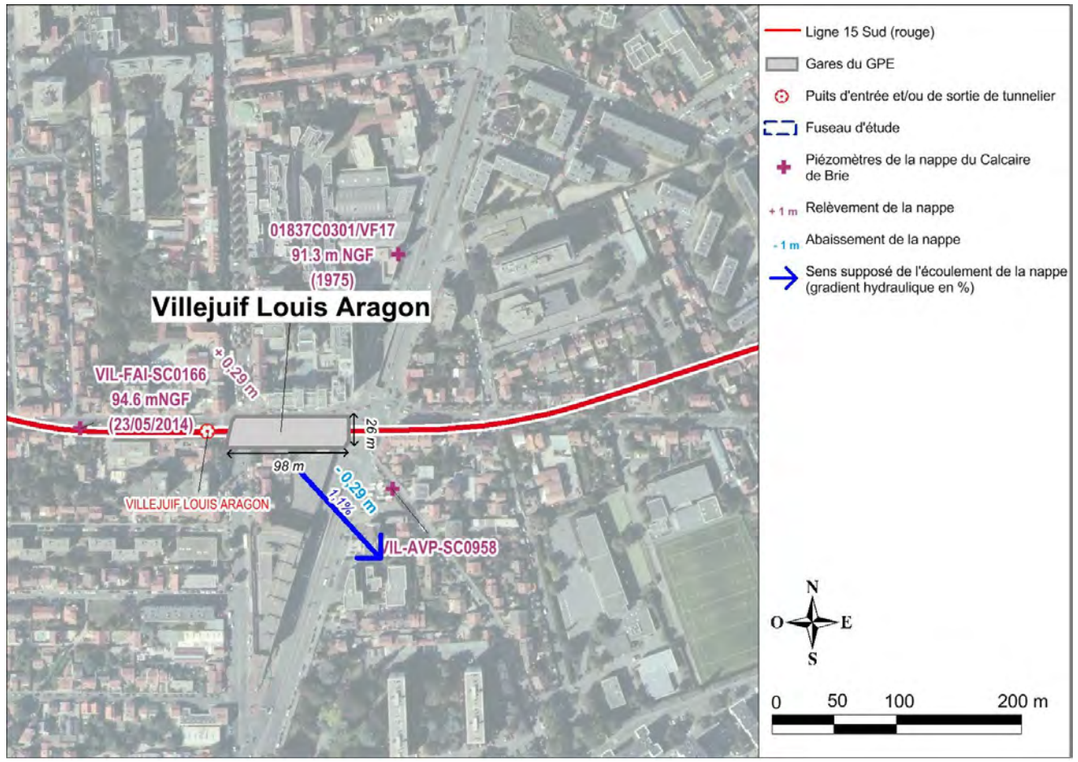
La nappe du Calcaire de Brie, est située à une profondeur moyenne relativement faible (~ 4 m). D'après les calculs, le relèvement piézométrique provoqué par l'effet barrage n'est pas en mesure d'atteindre les sous-sols des bâtiments avoisinants.

Les variations piézométriques de cette nappe sont relevées sur 10 ouvrages mis en place par la SGP et captant spécifiquement cet aquifère. Le battement maximal observé est de **1,42 m**, plus de quatre fois supérieur à l'effet barrage calculé.

L'implantation d'au moins deux piézomètres sélectifs en phase ultérieure parait toutefois nécessaire afin de préciser le gradient hydraulique.

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les formations du Calcaire de Brie à proximité de la future gare. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Aucune carrière n'a été identifiée au droit de la future gare de Villejuif Louis-Aragon. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Villejuif-Louis-Aragon
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Nappe des Marnes de Pantin :

Au niveau de la Gare de Villejuif-Louis-Aragon, trois piézomètres captant la nappe des Marnes de Pantin ont été mis en place par la Société du Grand Paris.

Les niveaux piézométriques mesurés sur ces piézomètres ne permettent pas de déterminer précisément une direction et un gradient d'écoulement. Le gradient hydraulique de cette nappe semble toutefois faible.

Par ailleurs, cette nappe est située à une profondeur importante, aux alentours de 14 mètres. **Les risques de remontée de nappe dans les structures enterrées sont donc quasi nuls.**

Aucune trace de gypse n'a été identifiée dans mes Marnes de Pantin au droit de la future gare. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc faible.**

Pour finir, aucune ancienne carrière n'a été identifiée au droit de la future gare de Villejuif Louis-Aragon. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**

La gare de **Villejuif Louis Aragon** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Calcaires de Brie.

Les variations piézométriques de cette nappe provoquée par l'effet barrage sont faibles, de l'ordre de 0,3 m. Toutefois, cette nappe se situe à faible profondeur, aux alentours de 4 mètres. Plusieurs piézomètres captant spécifiquement cette nappe seront implantés aux alentours de la gare dans les phases ultérieures afin de préciser le gradient hydraulique. Les risques vis à vis du gypse et des carrières sont quant à eux négligeables.

Cette gare traverse également localement toute l'épaisseur de l'aquifère des Marnes de Pantin. Bien que les données disponibles à ce stade concernant cette nappe restent limitées, le gradient d'écoulement semble très faible. Ainsi, cette gare n'est pas susceptible de perturber les écoulements souterrains dans ce secteur en phase d'exploitation.

Ainsi, les risques d'inondation de sous-sol en raison de l'effet barrage au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon sont considérés comme modérés. Néanmoins, plusieurs piézomètres captant spécifiquement la nappe des Calcaires de Brie seront mis en place afin de préciser le gradient hydraulique. Ces reconnaissances complémentaires permettront de calculer précisément l'effet barrage induit par cette gare.

d. Secteur de la plaine de Vitry avec modélisation hydrogéologique (modèle 2 secteur ouest) et approche analytique

Ce secteur, occupant les vallées de la Seine et de la Marne, couvre la zone allant du Parc du Coteau, à Vitry-sur-Seine, jusqu'au contrebas du Parc Départemental du Plateau, à Champigny-sur-Marne.

Dans cette zone, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil, et sur les Calcaires Grossiers du Lutétien de Créteil à Champigny-sur-Marne.

Dans la partie Vitry-sur-Seine - Créteil, la succession lithologique rencontrée est :

- Alluvions anciennes sur une épaisseur pouvant atteindre une quinzaine de mètres ;
- Calcaires de Saint-Ouen de 5 à 15 mètres, l'épaisseur de cette formation diminue vers l'est ;
- Sables de Beauchamp sur une épaisseur d'environ 5 mètres ;
- Marnes et Caillasses du Lutétien sur une épaisseur de 12 à 15 mètres.

Dans la partie Créteil – Champigny-sur-Marne, la succession lithologique rencontrée est :

- Alluvions anciennes sur une épaisseur d'environ 10 mètres ;
- Calcaires Grossiers du Lutétien sur une épaisseur de 12 mètres environ ;
- Formations de l'Yprésien sur une vingtaine de mètres.

La profondeur de la nappe dans ce secteur est relativement faible, située de 4 à 6 m de profondeur. Elle est influencée en partie par l'infiltration des eaux de pluie, la propagation d'ondes de crue des cours d'eau dans les aquifères et le démarrage ou l'arrêt éventuel de pompages existants dans le voisinage.

Le gradient hydraulique de la nappe dans la plaine de Vitry est très faible.

Le modèle hydrogéologique de la plaine de Vitry a permis d'évaluer l'effet barrage sur la nappe des alluvions, du Marno-calcaire de Saint-Ouen et des Calcaires grossiers du Lutétien créé par le tunnel et les gares entre Vitry Centre et Champigny Centre. Au-delà de Champigny Centre le tunnel oscille au sein des formations du Calcaire de Champigny, sur le plateau de Champigny.

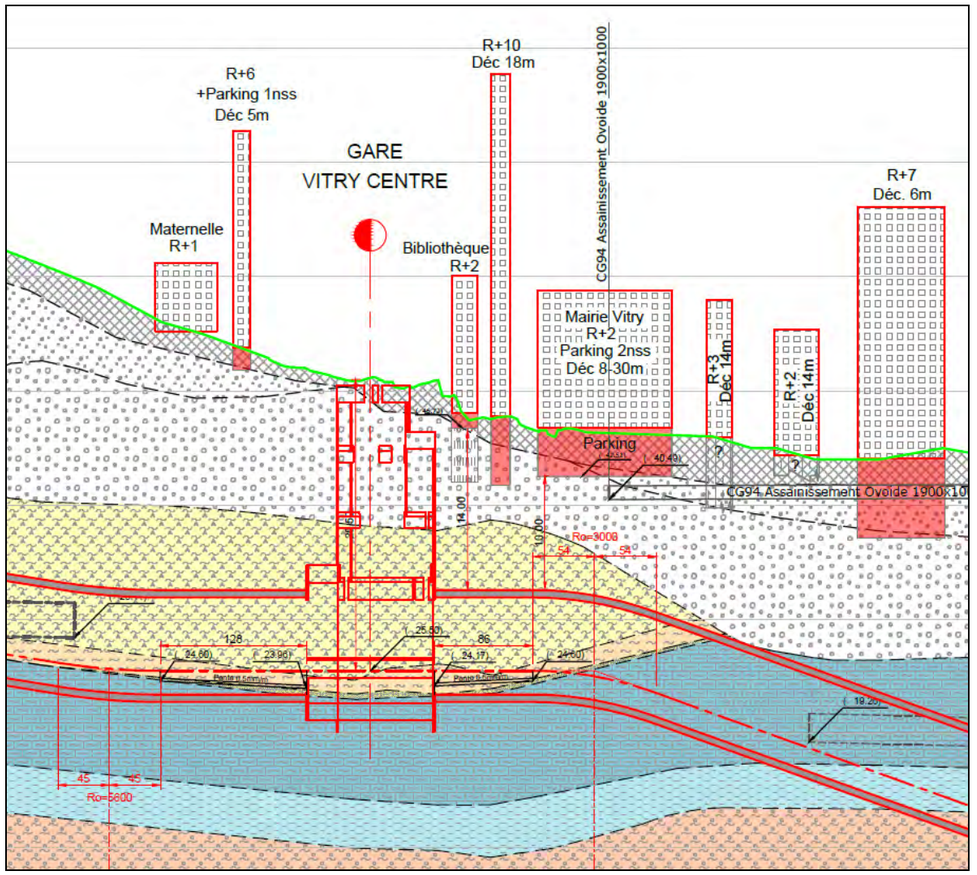
Les simulations ont été réalisées en régime permanent d'écoulement. Le tunnel et les gares sont représentés par des éléments de calcul de très faible perméabilité.

Le calcul de l'effet barrage au niveau de la plaine de Vitry, hormis la gare de Vitry-Centre, a été estimé uniquement grâce à la modélisation numérique.

- ***Gare de Vitry-Centre***

La future gare de Vitry Centre traversera localement toute l'épaisseur des alluvions et des Masses et Marnes du Gypse.

Ce secteur est caractérisé par la présence d'environ 10 mètres d'alluvions perchées en contrebas du plateau de Villejuif et situées sur les formations des Masses et Marnes de gypse (figure ci-dessous).



Extrait de la coupe géotechnique au niveau de la gare de Vitry Centre
(Figure issue de la coupe géologique le long de la Ligne 15 Sud)

Nappe des alluvions (nappe phréatique) :

Aucunes données ne sont disponibles sur les niveaux piézométriques de la nappe des alluvions à proximité de la gare de Vitry Centre.

Plusieurs piézomètres seront mis en place dans les phases ultérieures du projet afin de vérifier si une nappe perchée est présente dans les alluvions au droit de cette gare. Si cela est le cas, le gradient d'écoulement et donc l'effet barrage seront évalués analytiquement au droit de cette gare.

Les enjeux sont potentiellement forts à proximité de la gare avec la présence de plusieurs bâtiments de grandes hauteurs présentant des niveaux de sous-sols importants.

Aucune trace de gypse n'a été identifiée dans ces formations. **Le risque de désordre vis à vis de la présence de gypse reste donc nul.**

De même, aucune carrière n'est présente au droit de la gare. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**

Masses et Marnes du Gypse :

Les variations piézométrique de la nappe des Masses et Marnes du Gypse ont été évaluées analytiquement.

Trois piézomètres captant spécifiquement cette nappe ont été mis en place par la Société du Grand Paris.

Au stade actuel, les mesures piézométriques de deux de ces ouvrages sont disponibles. Le sens d'écoulement supposé est globalement orienté en direction de l'est-nord-est. Le gradient d'écoulement est inconnu, mais au regard de la position de la gare, à flanc de coteau, celui-ci devrait être important (cf. figure ci-dessous).

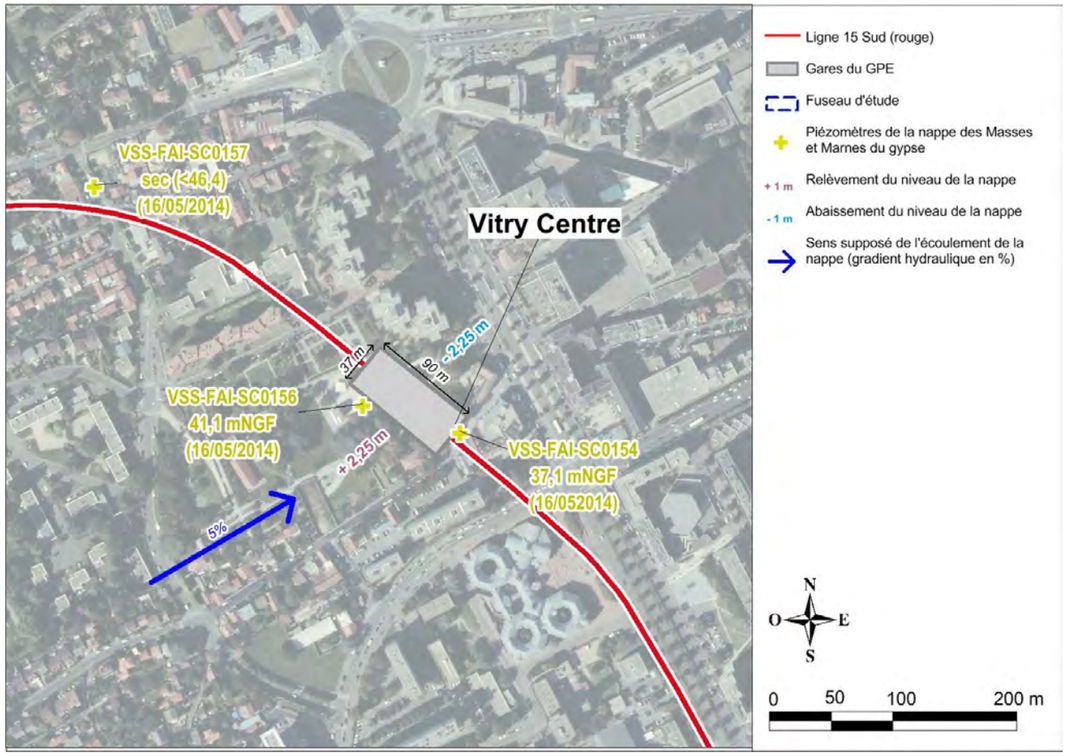
Un calcul analytique a été effectué avec un gradient très important de 5%, mais hypothétique ; la variation du niveau de la nappe est calculée comme suit :

GARE DE VITRY CENTRE – Nappe des Masses et Marnes du Gypse
Sens d'écoulement en direction de l'est-nord-est
i = 5 %
$\Delta h = 0{,}05.\left(\frac{90}{2}\right)$ $\Delta h = \pm 2{,}25\ m$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 2,25 m** au niveau de la future gare de de Vitry Centre.

Aux abords directs de la gare de Vitry Centre, un nombre important de bâtiments de très grande hauteur (plus de 17 m voire plus de 26 m) rendent le secteur particulièrement sensible et nécessite une attention particulière.

Le secteur de Vitry Centre constitue donc potentiellement un enjeu fort au regard de la typologie de bâti laissant présager un grand nombre de niveaux de sous-sol.



Évaluation de l'effet barrage de la nappe phréatique au droit de la gare de Vitry Centre
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Toutefois la nappe des Masses et Marnes du Gypse est située à une profondeur relativement importante, aux alentours de 14 mètres. **Les risques de remontée de nappe dans les structures enterrées sont donc faibles.**

Du gypse est présent dans les formations des Masses et Marnes du Gypse. Il a été identifié dans de nombreux sondages à proximité de la gare. **Les risques de dissolution du gypse provoqué par la modification des écoulements souterrains sont donc non négligeables.**

Pour finir, aucune carrière n'a été identifiée au droit de la future gare de Vitry Centre. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**

La gare de **Vitry Centre** traversera toute localement toute l'épaisseur des alluvions.

Aucun ouvrage ne capte ce niveau lithologique dans le secteur. Des piézomètres seront réalisés dans les phases ultérieures du projet afin de reconnaitre une éventuelle nappe perchée dans les alluvions.

Cette gare traverse également toute l'épaisseur de l'aquifère des Masses et marnes du Gypse. Le gradient d'écoulement de cette nappe est relativement élevé mais incertain. L'effet barrage provoqué par cette gare est alors potentiellement important. Cette formation contient des niveaux gypseux. Ainsi il conviendra de préciser le gradient hydraulique de cette nappe par la mise en place de piézomètres captant spécifiquement celle-ci.

Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Vitry Centre sont considérés comme modérés, vis à vis de la présence de niveaux gypseux et la présence de structures enterrées.

Plusieurs piézomètres captant spécifiquement le niveau alluvionnaire seront mis en place pour reconnaitre une éventuelle nappe perchée. Des piézomètres supplémentaires, captant la nappe des Masses et Marnes du gypse seront également mis en place afin de préciser le gradient hydraulique de cette nappe et réaliser un calcul plus précis des perturbations des écoulements.

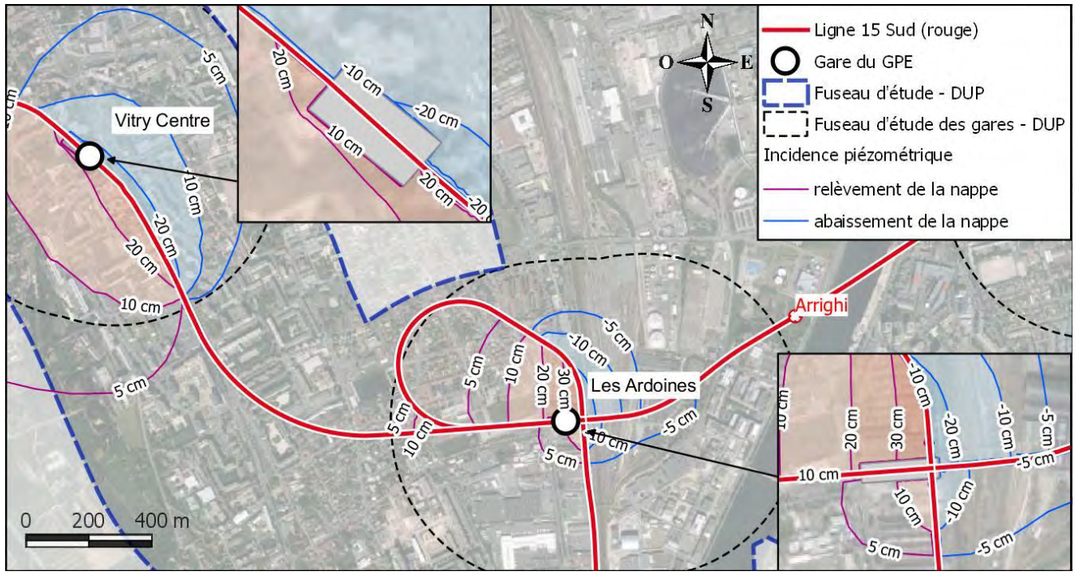
Ces piézomètres permettront également de surveiller le gradient hydraulique après la phase travaux.

- ***Gare des Ardoines***

La future gare des Ardoines traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen, qui sont en relation hydraulique sur ce secteur. Les parois moulées de la gare seront ancrées dans le Calcaires Grossier et prolongées par une jupe injectée, puis un fond injecté de 5 mètres d'épaisseur. Une partie de la nappe du Lutétien sera alors occultée.

Nappe des alluvions (nappe phréatique) :

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen créé par le projet par rapport à l'état de référence.



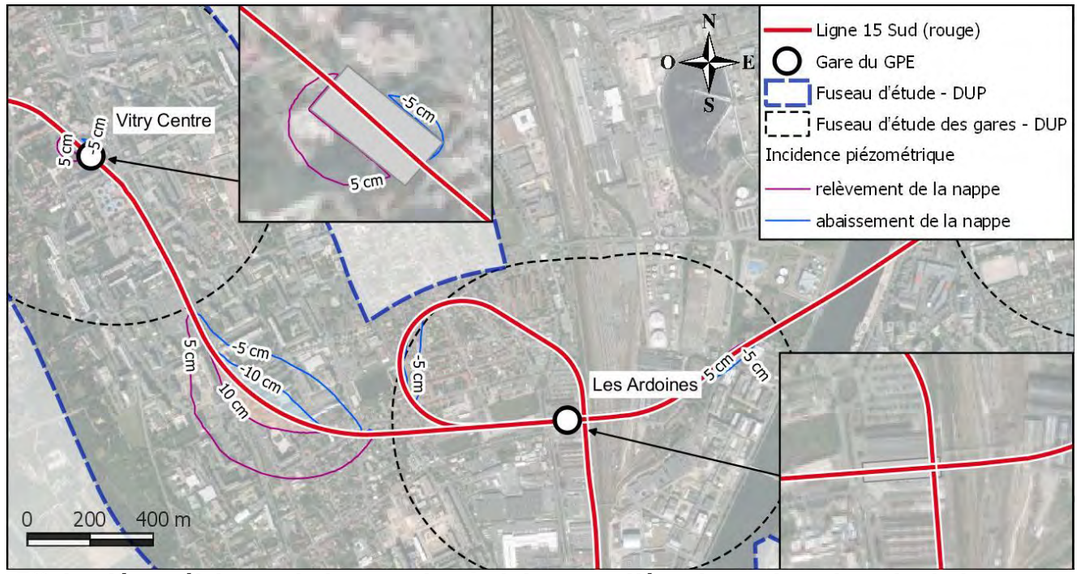
Effets piézométriques de la gare des Ardoines sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la gare des Ardoines. Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre de 30 centimètres, ce qui est négligeable.

Cela s'explique par le gradient hydraulique de cette nappe qui est extrêmement faible dans la plaine de Vitry. De plus, au niveau de ce secteur, l'axe du tunnel et de la gare sont quasi parallèle à l'axe d'écoulement.

Nappe du Lutétien :

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare des Ardoines sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est également extrêmement faible dans la nappe du Lutétien. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas 10 centimètres, ce qui est négligeable.

Il convient de noter également un léger effet barrage entre les gares de Vitry Centre et Les Ardoines, d'une dizaine de centimètres. Cet effet barrage se produit car l'écoulement devient quasi perpendiculaire à l'axe du tunnel qui circule dans ce secteur dans les formations du Lutétien.

La gare des **Ardoines** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce faible effet s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

La paroi moulée pénètre localement dans une partie de la nappe du Lutétien. Pour cette nappe l'effet piézométrique est également négligeable. Cela s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de cette nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère.

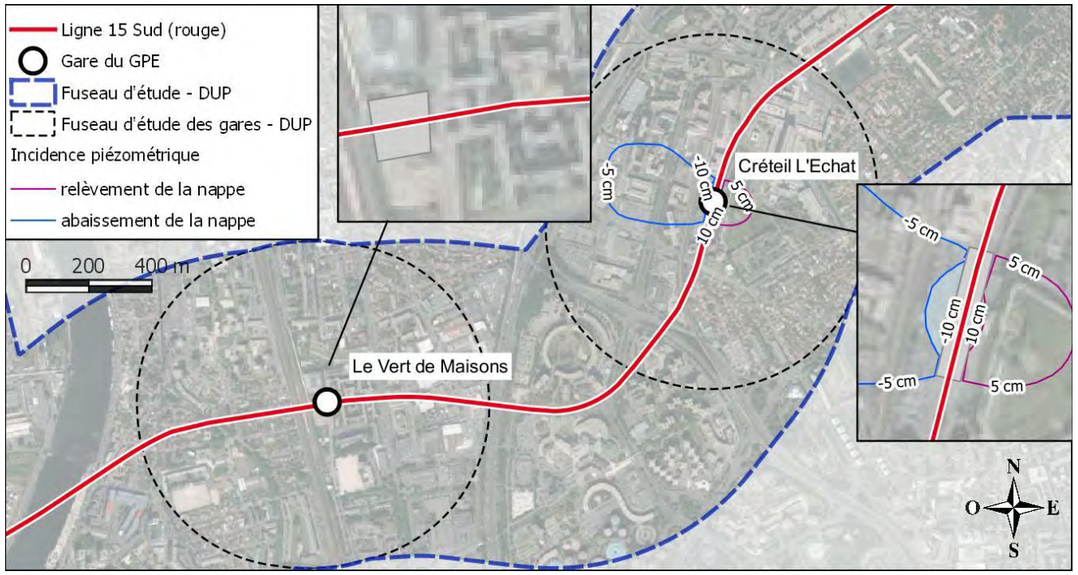
Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur des Ardoines.

- **<u>Gare du Vert de Maisons</u>**

La future gare du Vert de Maisons traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Calcaire de Saint-Ouen. Les parois moulées de cette gare seront ancrées dans le Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux Argiles Plastiques, très peu perméables.

<u>Nappe des alluvions (nappe phréatique) :</u>

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen créé par le projet par rapport à l'état de référence.



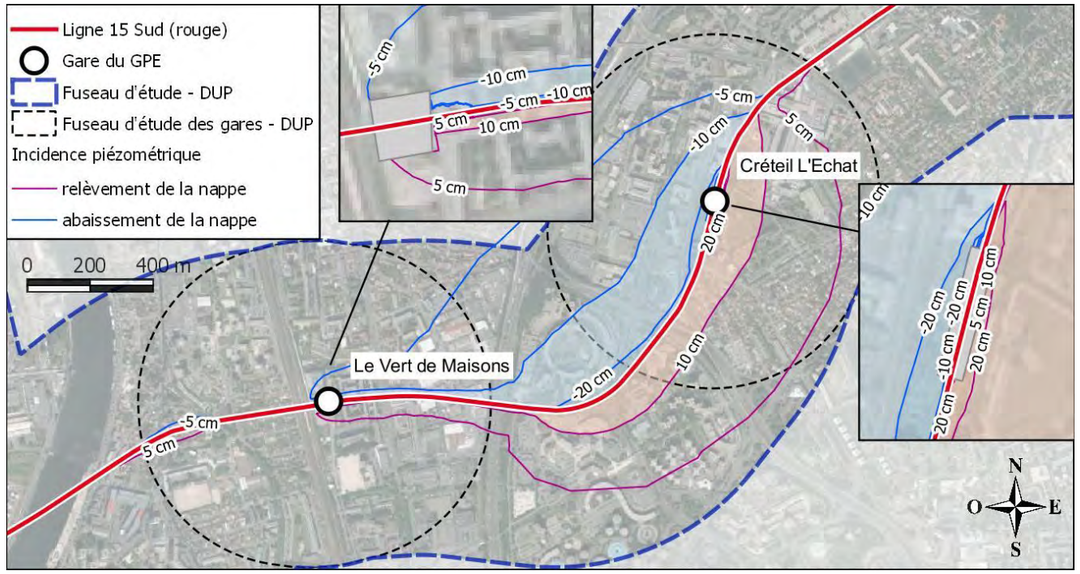
Effets piézométriques de la gare du Vert de Maisons sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare du Vert de Maisons. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas 10 cm, à proximité immédiate de la gare (non visible sur la figure).

Cela s'explique par le gradient hydraulique de cette nappe qui est extrêmement faible dans la plaine de Vitry.

Nappe du Lutétien :

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare du Vert de Maisons sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la gare du Verts de Maisons. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres, ce qui est négligeable.

Un effet piézométrique de 10 à 20 centimètres est aussi visible sur une grande partie du tracé entre la Gare du Vert de Maisons et celle des Créteil-L'Echat. En effet, dans ce secteur, le sens d'écoulement de la nappe est presque perpendiculaire au tunnel qui occulte une partie de la nappe du Lutétien.

La gare du **Vert de Maisons** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce très faible impact s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

La paroi moulée traverse également une partie de la nappe du Lutétien. Pour cette nappe la perturbation piézométrique attendue est également négligeable. Cela s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de cette nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère.

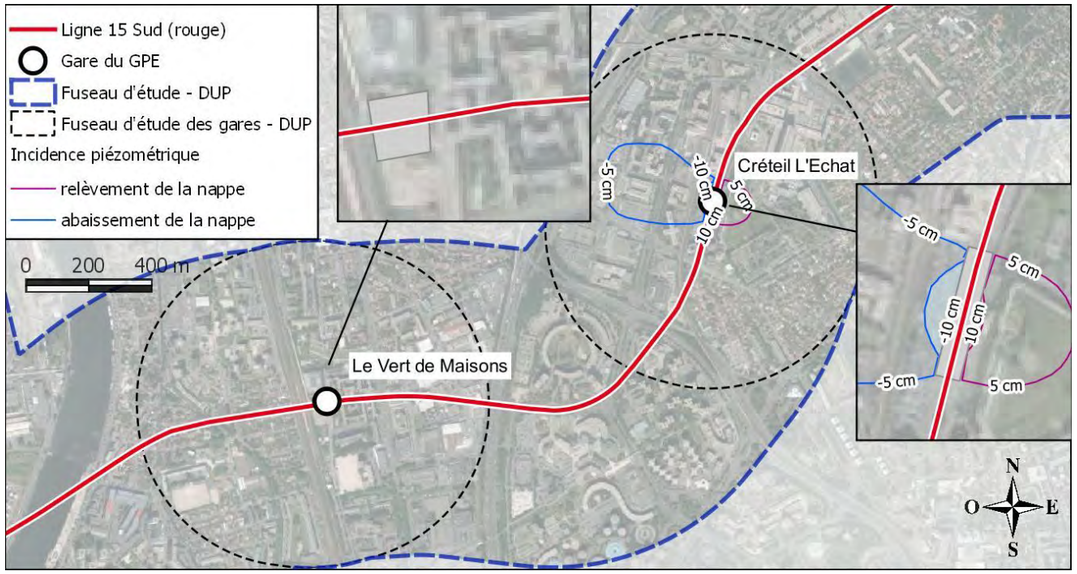
Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur du Vert de Maisons.

- ***Gare de Créteil-L'Echat***

La future gare de Créteil-L'Echat traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen qui sont en relation hydraulique. Les parois moulées de cette gare seront ancrées dans le Calcaire grossier et prolongées par une jupe injectée et un fond injecté de 5 mètres d'épaisseur. Ainsi elles pénètreront une partie de l'aquifère du Lutétien.

Nappe des alluvions (nappe phréatique) :

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen créé par le projet par rapport à l'état de référence.



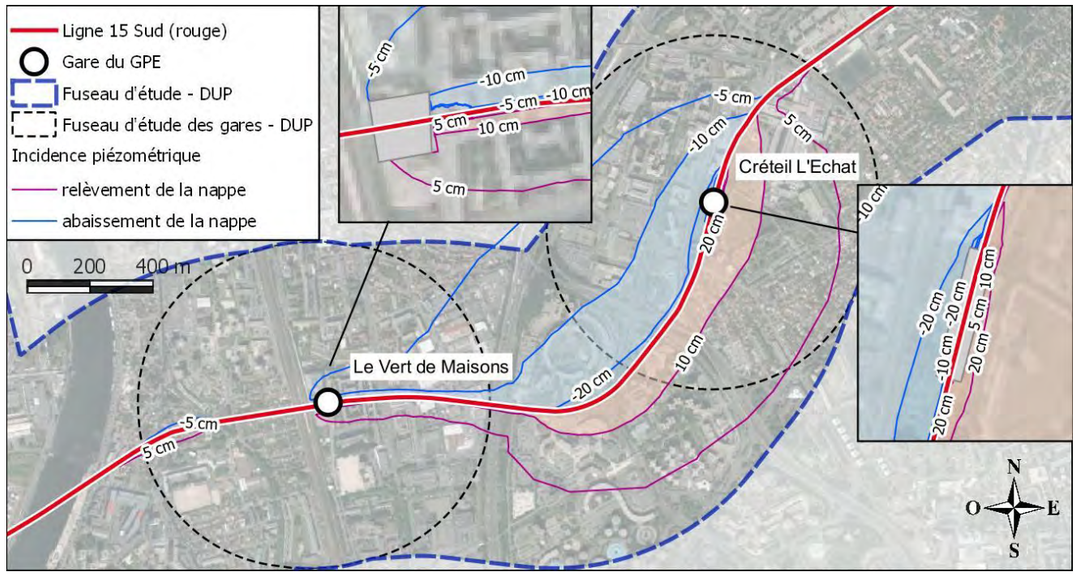
Effets piézométriques de la gare de Créteil-L'Echat sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare de Créteil-L'Echat. Les modifications piézométriques issues du modèle sont de l'ordre d'une dizaine de centimètres, à proximité immédiate de la gare.

Cela s'explique par le gradient hydraulique de cette nappe qui est extrêmement faible dans ce secteur.

Nappe du Lutétien :

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare du Vert de Maisons sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la gare de Créteil-L'Echat. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une vingtaine de centimètres, ce qui est négligeable.

Cet effet piézométrique de 10 à 20 centimètres est aussi visible sur lorsque le tunnel, oscillant dans le Lutétien, est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe.

La gare de **Créteil-L'Echat** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions et du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce très faible impact s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

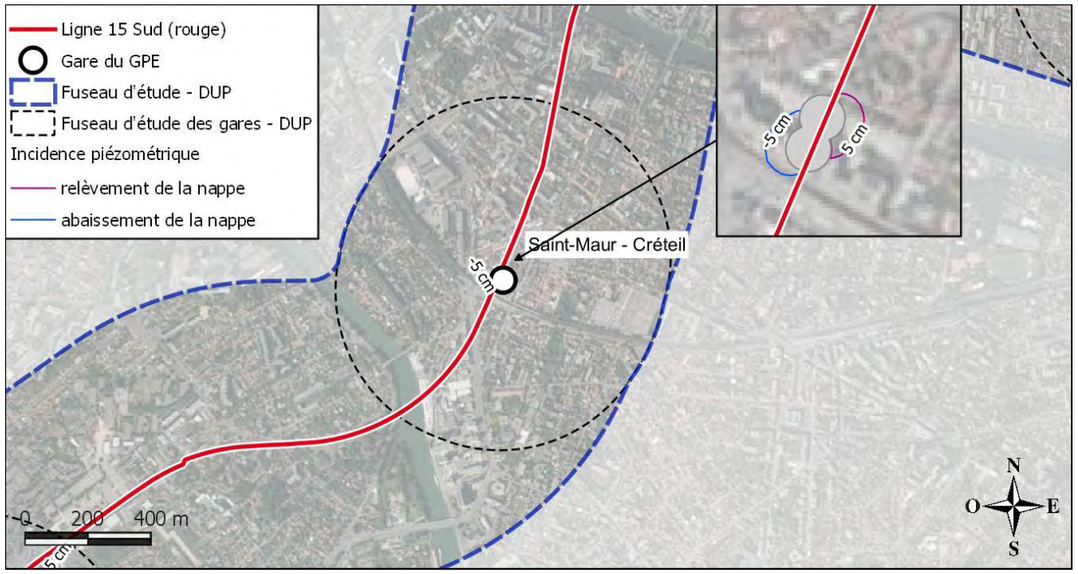
La paroi moulée pénétrera localement dans une partie de la nappe du Lutétien. Pour cette nappe la perturbation piézométrique attendue est également négligeable. Cela s'explique d'une part, par le très faible gradient d'écoulement de cette nappe, et d'autre part, par la hauteur du tunnel qui n'occulte que très partiellement l'aquifère.

Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de Créteil-L'Echat.

- ***Gare de Saint-Maur-Créteil***

La future gare de Saint-Maur-Créteil traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions (nappe phréatique). Les parois moulées de cette gare seront ancrées dans la Craie saine, sous-jacente aux formations de l'Yprésien peu perméables. Dans ce secteur, le tunnel se situe dans les formations de la Craie.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe des alluvions créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare de Saint-Maur-Créteil sur l'écoulement souterrain de la nappe des alluvions
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est quasi nul à proximité de la gare de Saint-Maur-Créteil. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres, ce qui est négligeable.

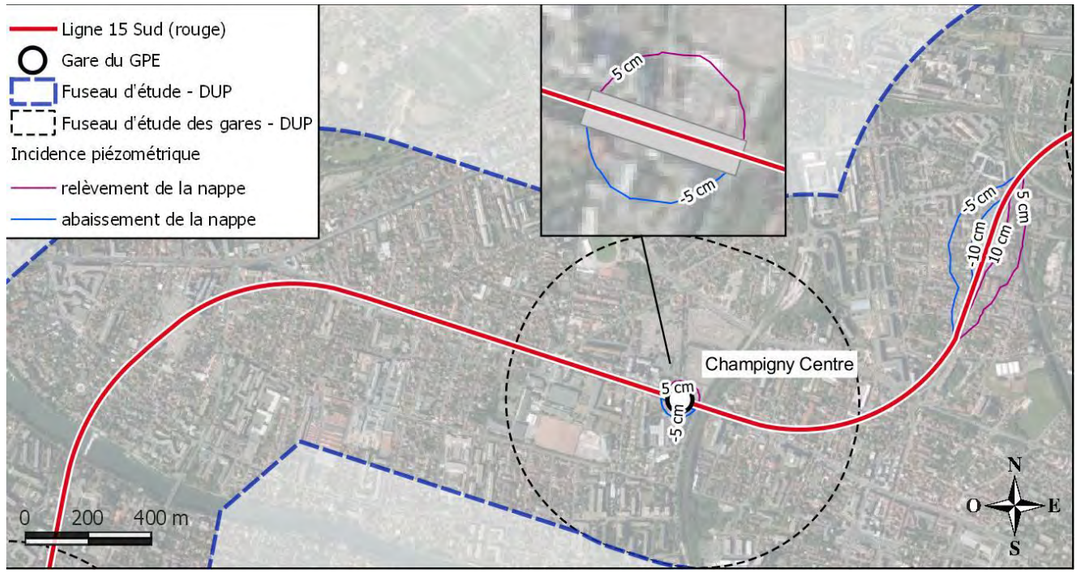
La gare de **Saint-Maur-Créteil** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité. Les modifications piézométriques sont négligeables. Ce très faible impact s'explique par le très faible gradient d'écoulement de la nappe.

Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de Saint-Maur-Créteil.

- ***Gare de Champigny-Centre***

La future gare de Champigny Centre traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions, connectée à celle du Lutétien sous-jacente. Les parois moulées de la gare sont ancrées dans les Fausses Glaises et les Argiles Plastiques sous-jacentes, peu perméables.

La figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du complexe alluvions / Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare de Champigny Centre sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est très faible à proximité de la gare de Champigny Centre pour les nappes des alluvions et du Lutétien. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas 10 centimètres, ce qui est négligeable.

Les enjeux à proximité de cette gare sont faibles (pas de carrière, pas de présence de gypse, profondeur de la nappe supérieur à 7 m).

La gare de **Champigny Centre** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des alluvions. Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est extrêmement limité.

Ainsi, le tunnel et les gares en phase d'exploitation ne sont pas susceptibles de perturber les écoulements souterrains dans le secteur de Champigny Centre.

e. Secteur du plateau de Champigny avec approche analytique

Le calcul de l'effet barrage au niveau du plateau de Champigny a uniquement été évalué à l'aide des formules analytiques.

- ***Gare de Bry-Villiers-Champigny***

La future gare de Bry-Villiers-Champigny traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Marnes de Pantin. Les parois moulées de la future gare occulteront également localement la quasi-totalité de l'épaisseur de la nappe des Calcaires de Champigny.

Nappe des Marnes de Pantin (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) :

Au stade actuel des études, un seul piézomètre captant spécifiquement cette nappe a été mis en place par la Société du Grand Paris au droit de la future gare de Bry-Villiers-Champigny.

Ainsi, le gradient et le sens d'écoulement de la nappe des Marnes de Pantin est inconnu. Toutefois, au vu de la topographie locale, il est fortement probable que cette nappe s'écoule en direction du sud, perpendiculairement à l'axe de la gare. En raison de la position de la gare, située à flanc de coteau, le gradient d'écoulement devrait être élevé.

Dans les phases ultérieures, plusieurs piézomètres supplémentaires, captant spécifiquement la nappe des Marnes de Pantin, seront mis en place autour de la future gare afin d'identifier précisément le sens et le gradient d'écoulement de la nappe.

En considérant un gradient hydraulique très élevé de 5 %, mais hypothétique, la variation du niveau de la nappe peut être calculée comme suit :

GARE DE BRY-VILLIERS-CHAMPIGNY – Nappe des Marnes de Pantin
Sens d'écoulement en direction sud-sud-ouest (perpendiculairement à l'axe du tunnel)
i = 5 %
$\Delta h = 0{,}05.\left(\frac{130}{2}\right)$ $\Delta h = \pm 3{,}25\ m$

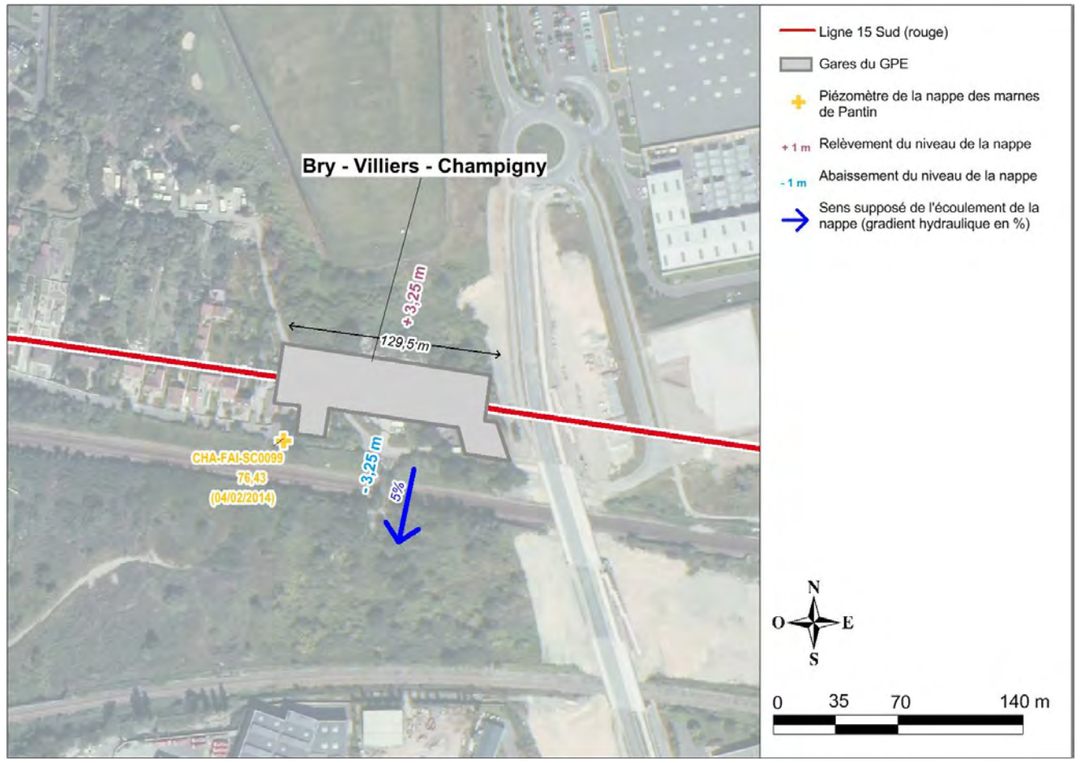
D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 3,25 m** au niveau de la future gare de Bry-Villiers-Champigny. Ce calcul apparait comme très sécuritaire et sera réévalué avec les mesures des piézomètres mis en place lors de la phase ultérieure.

Aux abords directs de la gare, la zone est assez faiblement urbanisée (friches vierges, golf). À 200 mètres à l'est, sur la commune de Villiers-sur-Marne, la typologie de bâti est à dominante de moyenne à grande hauteur. Le recensement des bâtiments dans cette zone a montré l'absence de bâtiments comportant des niveaux de sous-sols.

Cette nappe est située à une profondeur moyenne d'environ 8 mètres. **Le relèvement de la nappe en amont hydraulique de la gare ne devrait donc pas impacter d'éventuelles structures souterraines.**

Des cristaux de gypse ont été identifiés dans un seul sondage au droit de la future gare, dans les marnes d'Argenteuil sous-jacentes. **Toutefois, cette présence très limitée n'induit pas de risque sur d'éventuels phénomènes de dissolution du gypse.**

Pour finir, aucune carrière n'a été identifiée au droit de cette gare. **Le risque vis à vis des carrières est donc nul**.



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Nappe du Calcaire de Champigny :

Au stade actuel des études, trois piézomètres captant cette nappe ont été mis en place par la Société du Grand Paris à proximité de la future gare de Bry-Villiers-Champigny.

Le sens d'écoulement supposé de la nappe est orienté en direction du sud-sud-est, perpendiculairement à l'axe de la gare. Celui-ci est relativement imprécis et devrait se situer entre 3 % et 4,4 %.

Il conviendra de mettre en place plusieurs piézomètres supplémentaires captant spécifiquement la nappe des Calcaires de Champigny en amont de la future gare afin de spécifier précisément le sens et le gradient d'écoulement de cette nappe.

La variation du niveau de la nappe peut être calculée comme suit :

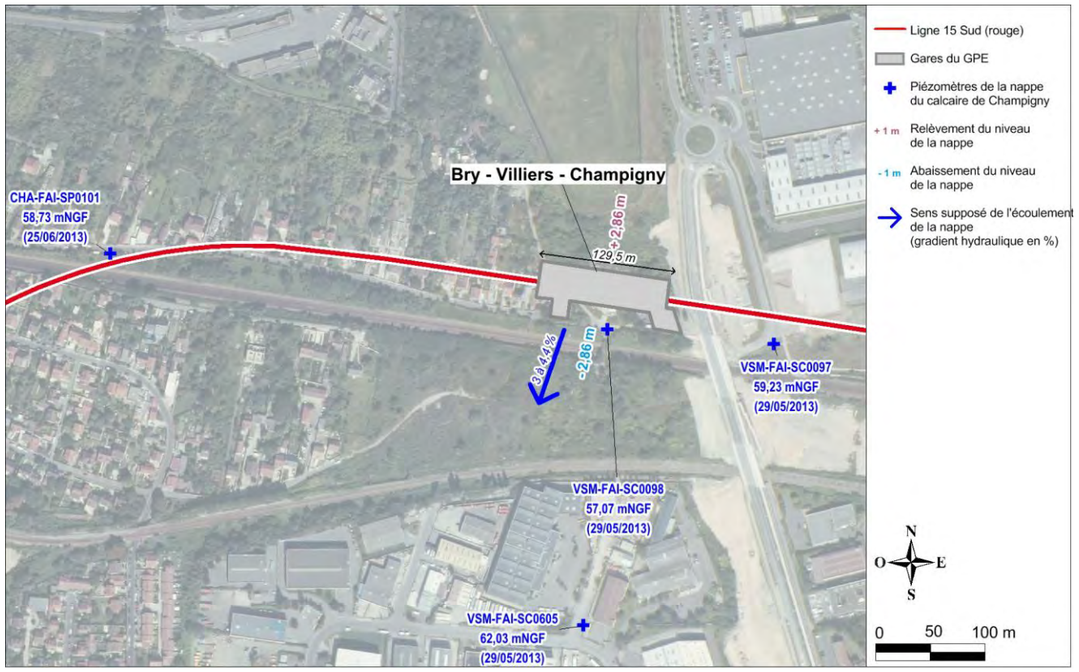
GARE DE BRY-VILLIERS-CHAMPIGNY – Nappe du Calcaire de Champigny	
Sens d'écoulement en direction sud-sud-ouest (perpendiculairement à l'axe du tunnel)	
i = 3 %	***i = 4,4 %***
$\Delta h = 0{,}03.\left(\frac{130}{2}\right)$ $\Delta h = \pm\, \mathbf{1{,}95\ m}$	$\Delta h = 0{,}044.\left(\frac{130}{2}\right)$ $\Delta h = \pm\, \mathbf{2{,}86\ m}$

D'après les calculs analytiques, l'effet barrage atteint **± 2,9 m** au niveau de la future gare de Bry-Villiers-Champigny.

La nappe du Calcaire de Champigny est située à plus de 20 mètres de profondeur au droit de la future gare. Le relèvement engendré par l'effet barrage au niveau de cette gare n'est pas en mesure d'atteindre les structures souterraines. **L'enjeu vis à vis des structures enterrées est donc nul**.

Aucunes inclusions de gypse n'ont été identifiées dans les formations du Calcaire de Champigny à proximité de la future gare. **Les risques vis à vis du gypse sont donc nuls.**

Aucune carrière n'a été identifiée au droit de la future gare. **Les risques vis à vis des carrières est donc nul.**



Évaluation de l'effet barrage au droit de la gare de Bry-Villiers-Champigny
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

La gare de **Bry-Villiers-Champigny** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe des Marnes de Pantin. Les résultats des calculs analytiques montrent que l'effet piézométrique lié à la création des ouvrages souterrains est potentiellement relativement fort au niveau de cette gare. Toutefois les enjeux sont très faibles à proximité de celle-ci.

Cette gare occultera également localement l'épaisseur de la nappe du Calcaire de Champigny. Malgré un fort effet barrage, lié au gradient de la nappe relativement important au droit de celle-ci, les risques sont faibles.

Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Bry-Villiers-Champigny sont considérés comme faibles. Plusieurs piézomètres, captant spécifiquement la nappe des Marnes de Pantin, seront toutefois mis en place afin de vérifier le gradient hydraulique avant la phase travaux.

- ***Gare de Noisy-Champs***

La future gare de Noisy-Champs traversera localement toute l'épaisseur de l'aquifère du Calcaire de Brie.

Au niveau de la gare de Noisy-Champs, deux piézomètres captant la nappe superficielle du Calcaire de Brie ont été mis en place par la Société du Grand Paris. Trois mesures piézométriques supplémentaires, issues de la Banque de Données du Sous-sol sont également disponibles. Les données piézométriques trop peu nombreuses ne permettent pas de donner précisemment le sens d'écoulement et le gradient hydraulique de la nappe du Calcaire de Brie.

Toutefois, elles laissent présager un sens d'écoulement parallèle à la topographie, ce qui est conforme aux directions d'écoulement généralement observées dans ce type d'aquifèr perché. La longueur de la gare étant orientée parallèlement à la pente topographique, l'écoulement général de la nappe du Calcaire de Brie pourrait donc être parallèle à la gare, ce qui est favorable du point de vue de l'effet barrage.

Toutefois, en raison de la longueur importante de la structure enterrée de cette gare (500 m), un faible angle de la nappe par rapport à l'axe de la gare serait suscéptible un effet barrage non négligeable. Une vigilence particulière sera donc apportée par rapport à l'effet barrage potentiellement engendré par cette gare.

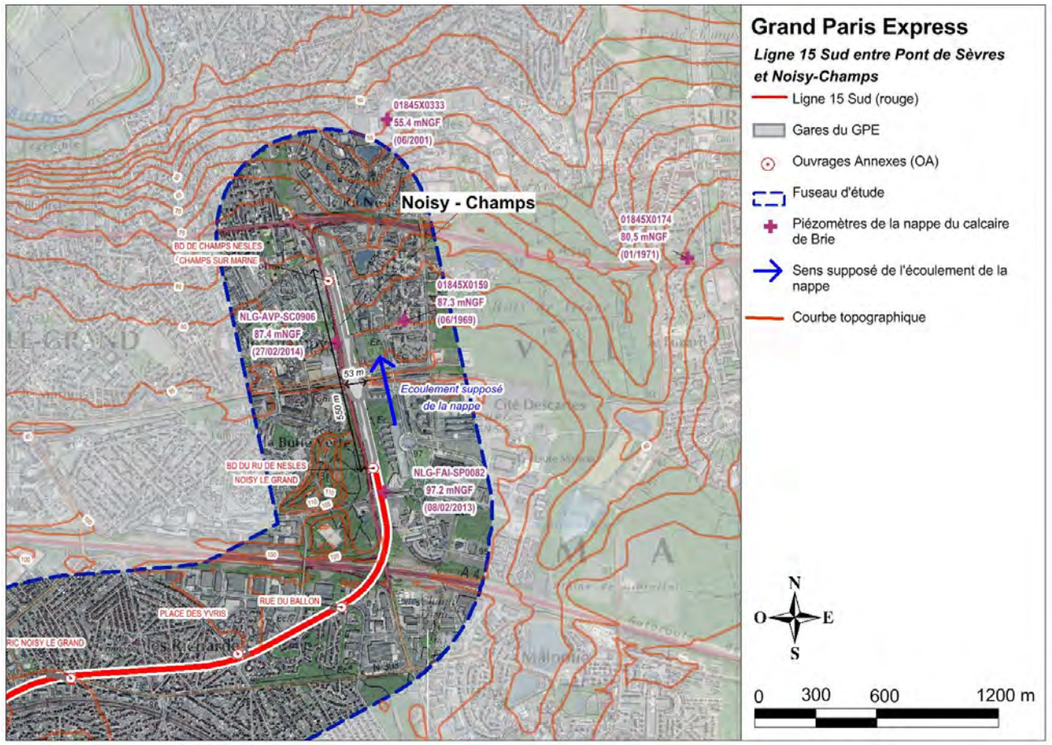
Ainsi, des piézomètres complémentaires seront réalisés dans les phases ultérieures le long de cet ouvrage pour mesurer précisément le gradient de la nappe et ainsi évaluer précisemment l'effet barrage potentiellement engendré par l'obstacle

Le secteur de Noisy-le-Grand est hétérogène en termes de typologie de bâti. Il est bordé, à l'est, par le Campus Descartes de l'Université de Marne-la-Vallée, et à l'Ouest, par le Parc de la Butte Verte et le Quartier du Champy. Le Campus Descartes ne présente pas de bâtiment de très grande hauteur (R+5 maximum). Cependant le nombre de niveaux de sous-sol peut s'avérer important et constitue donc un point de surveillance.

À l'ouest, des immeubles de grande hauteur sont recensés. Ceux-ci peuvent présenter un nombre de niveaux de sous-sol important. L'enjeu est relativement fort au niveau de cette gare.

Au Sud, les bâtiments sont caractéristiques d'une zone d'habitat individuel, type pavillonnaire. Aucun élément remarquable n'a été recensé. Les enjeux sont donc inexistants au niveau du sous-sol dans ce secteur.

Cette nappe est située à faible profondeur (4 m de profondeur environ). L'enjeu bâti vis-à-vis de l'effet barrage est donc considéré comme globalement fort du fait de la faible profondeur de la nappe aux alentours de la gare.



Contexte hydrogéologique au droit de la gare de Noisy-Champs
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

Si à la suite des études complémentaires l'effet barrage s'avère conséquent et est en mesure d'avoir un impact sur les infrastrucutures environnantes, un système de régulation destiné à restituer, autant que possible, une transparence hydraulique dans les écoulements souterrains sera mis en place au niveau de l'ouvrage souterrain.

Aucune trace de gypse n'a été identifiée dans les sondages réalisés aux alentours de la gare. **Les risques vis à vis du gypse sont donc faibles.**

Cette zone ne comporte pas de carrières. **Les risques vis à vis des anciennes carrières sont donc nuls.**

La gare de **Noisy-Champs** traversera localement toute l'épaisseur de la nappe Calcaires de Brie, située à faible profondeur. Les mesures piézométriques disponibles ne permettent pas de définir précisemment le sens et le gradient d'écoulement de la nappe, mais laissent présager un sens d'écoulement parallèle à la topographie et à la longeur de la gare. En raison de la longueur importante de l'ouvrage, un faible angle d'écoulement provoquera un effet piézométrique potentiellement fort au niveau de cette gare. Les enjeux sont non négligeables à proximité de cette gare avec la présence de tours de grande hauteur pouvant présenter des niveaux de sous-sol.

Ainsi, les risques vis à vis de l'effet barrage au niveau de la gare de Noisy-Champs sont potentiellement importants. Plusieurs piézomètres, captant spécifiquement la nappe Calcaires de Brie, seront mis en place afin de mesurer précisément le gradient d'écoulement de la nappe et permettre ainsi de quantifier plus précisément l'effet barrage.

Un modèle local sera mis en place afin d'évaluer le risque d'inondation des infrastructures souterraine qui seront recensées et de tester l'efficacité des mesures de réduction si nécessaire.

1.6.5.4 Études complémentaires et mesures de réduction éventuelles

Des doutes subsistent quant au sens d'écoulement et/ou au gradient de certaines nappes. Dans le cas où les enjeux sont non négligeables, des piézomètres supplémentaires seront mis en place dans les phases ultérieures du projet afin de pouvoir quantifier plus précisément l'effet barrage avant les travaux. C'est notamment le cas :

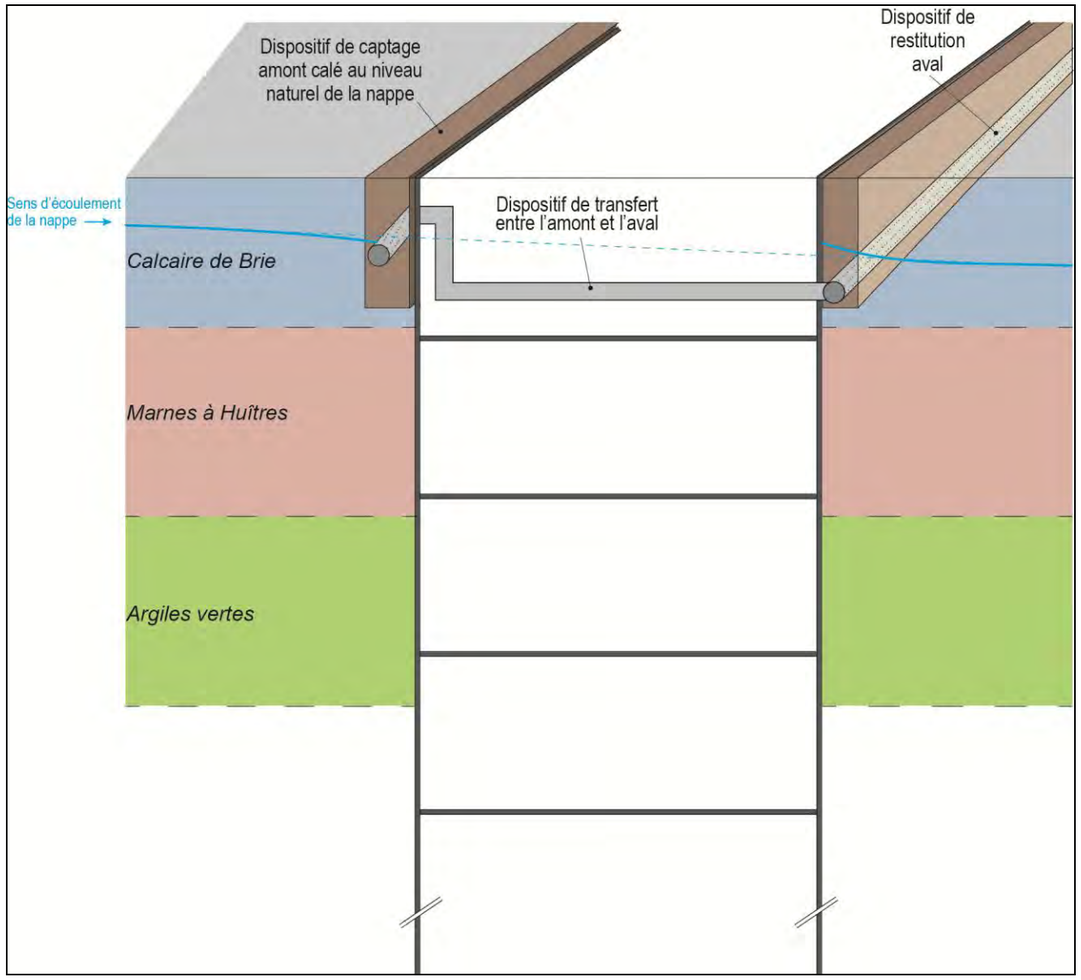
- **de la nappe des Sables de Fontainebleau au droit de la gare de Villejuif IGR**. Les enjeux sont non négligeables au droit de cette gare, des niveaux de remblais de qualité médiocre pouvant être mis en eau ;
- **de la nappe des Calcaires de Brie au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon**. En effet, cette nappe est située à faible profondeur et des infrastructures souterraines sont potentiellement présentes sur ce secteur ;
- **de l'éventuelle nappe des alluvions au niveau de la gare de Vitry Centre**. Les enjeux sont non négligeables à proximité de cette gare du fait de la possible présence de niveaux enterrés profonds. Des piézomètres, captant spécifiquement cette nappe seront alors mis en place dans les phases ultérieures.
- **de la nappe des Marnes de Pantin au niveau de la gare de Bry-Villiers-Champigny.** Toutefois, les enjeux à proximité de cette gare sont faibles (absence de structures enterrées, absence de carrières et de niveaux gypseux) ;
- **de la nappe des Calcaires de Brie au niveau de la gare de Noisy-Champs**. En raison de la longueur importante de la structure enterrée de cette gare, les effets barrages peuvent être importants si l'écoulement est non parallèle à celle-ci. L'enjeu est non négligeable dans ce secteur du fait de la présence de nombreux immeubles de grande hauteur. Des piézomètres seront alors mis en place sur tout le pourtour de la gare.

L'objectif de ces études complémentaires est de préciser les sens et gradients d'écoulement afin de pouvoir quantifier plus précisément l'effet barrage dans les secteurs où l'enjeu est non négligeable. Cette quantification sera réalisée avec des modèles locaux d'écoulement de la nappe considérée. Si les résultats des calculs montrent des effets barrages significatifs et susceptibles d'engendrer des désordres, des mesures de réduction seront étudiées. Leur efficacité sera testée par calcul.

Il s'agit notamment de systèmes de régulation destinés à restituer, autant que possible, une transparence hydraulique dans les écoulements souterrains.

Un tel système de régulation est généralement composé :

- d'un **dispositif de captage** situé en amont hydraulique de l'obstacle, calé au niveau naturel de la nappe. Ce dispositif de captage peut s'agir d'une tranchée drainante comprenant un drain de captage, de tubes crépinés verticaux reliés à un drain horizontal, de barbacanes,...
- d'un **dispositif de transfert** entre l'amont et l'aval. Ce dispositif de transfert correspond généralement à une canalisation en tube plein qui peut passer au travers de l'ouvrage, sous un plancher par exemple ;
- d'un **dispositif de restitution** en aval qui peut correspondre à une tranchée comprenant un drain de restitution, des tubes verticaux,...



Schématisation d'un dispositif de captage et de restitution des eaux souterraines
(Figure réalisée par BURGEAP)

1.6.5.5 Mesures de suivi

Des piézomètres de suivi seront mis en place autour de chaque gare. Le nombre de piézomètres mis en place dépendra de la sensibilité de l'ouvrage à l'effet barrage. A minima, un piézomètre captant la nappe phréatique sera mis en place à l'amont de chaque gare. Le réseau de piézomètres sera défini en mutualisant les besoins de suivi en raison des différents effets piézométriques attendus et notamment l'abaissement piézométrique en phase travaux.

Les piézomètres qui seront mis en place seront suivis sur une période suffisamment longue (au minimum deux ans) après la mise en place des parois moulées, pour vérifier les effets piézométriques réellement engendrés par le projet.

Ces ouvrages feront l'objet d'un suivi régulier, avec des mesures manuelles mensuelles.

À partir de ces mesures, il sera alors vérifié si l'effet barrage mesuré est conforme aux prévisions.

1.6.6 Impact de la construction et de l'exploitation du projet sur la qualité des eaux souterraines - mise en communication de nappes

Ce chapitre traite spécifiquement de l'analyse des dispositions prévues de sorte à ce que le projet ne constitue pas une source de pollution de nappe ou ne soit pas à l'origine de mise en communication de nappes.

Les conséquences éventuelles des pompages d'épuisement sur la migration des pollutions d'eau souterraine existantes alentours sont évaluées dans le chapitre «Impacts liés aux effets piézométriques des débits d'épuisement en phase travaux et de la récupération des eaux d'infiltration en phase définitive et mesures associées » sur la base des résultats de modélisation.

1.6.6.1 Rappel des enjeux qualitatifs liés à la présence d'ouvrages traversant plusieurs aquifères

Le contexte hydrogéologique francilien est caractérisé par une superposition de différents grands ensembles aquifères contenant une ou plusieurs nappes séparées par des horizons peu perméables à semi-perméables. Chacune de ces différentes nappes a des caractéristiques physico-chimiques qui lui sont propres. De plus, les nappes les plus superficielles sont naturellement plus exposées aux pollutions potentielles venant de l'activité humaine en surface et les nappes plus profondes sont naturellement bien protégées de ces mêmes pollutions.

De par son tracé, le tunnel de la Ligne 15 Sud va nécessairement traverser plusieurs nappes qui sont naturellement assez bien individualisées. Au niveau des gares et en fonction de leur profondeur, plusieurs nappes sont susceptibles d'être traversées par l'intermédiaire notamment des parois moulées.

Les **effets possibles** d'une mise en communication artificielle de nappes par l'intermédiaire du projet peuvent être les suivantes :

- transfert d'une pollution d'une nappe contaminée vers une nappe saine ;
- modifications des caractéristiques physico-chimiques des nappes concernées ;
- perturbations piézométriques liées à la vidange d'une nappe vers une autre à savoir baisse du niveau piézométrique de la nappe « vidangée » et relèvement piézométrique de la « nappe rechargée » et toutes les conséquences associées ;
- déclenchement ou accélération du phénomène de dissolution du gypse par la mise au contact artificielle d'une nappe au fort potentiel de dissolution avec des formations contenant des niveaux gypseux.

Les **enjeux** susceptibles d'être impactés par ces effets sont principalement :

- les exploitations d'eau souterraine ;
- les ressources en eau « saines » en elle-même en tant que « patrimoine commun » ;
- le bâti en cas de désordre mécanique associé à un phénomène de dissolution du gypse par exemple.

La sensibilité du milieu à ces phénomènes de mise en communication de nappes dépend essentiellement de l'**aléa** à savoir :

- l'existence de différentes nappes superposées et individualisées ;
- la présence de niveaux gypseux dans des formations situées sous un niveau d'eau souterraine.

Par ailleurs, phénomène de mise en communication des nappes mises à part, un projet de construction de métro souterrain interceptant des nappes suppose nécessairement :

- la mise en contact locale de « matériaux » de construction (béton et boues de forages entre autres) avec l'eau souterraine ;
- l'extraction locale des terrains de couverture naturels des nappes lors du terrassement des gares et des ouvrages annexes.

Ainsi, des impacts qualitatifs sur les eaux souterraines sont toujours possibles lors de la réalisation de travaux souterrains. Pour ce risque spécifique, l'**ensemble du tronçon** a été qualifié de **sensibilité modérée** car tout le tronçon est potentiellement concerné par une interférence entre projet et l'eau souterraine mais aucun usage d'eau souterraine n'est particulièrement sensible (production d'eau potable par exemple) n'est recensé aux alentours de la Ligne 15 Sud.

Le tableau ci-dessous est issu de l'analyse croisée des aléas et enjeux de chaque secteur spécifique, résume l'échelle de sensibilité liée à la mise en communication de nappes et à l'impact qualitatif lié à la réalisation d'un projet de métro souterrain.

Secteurs concernés	Niveau de sensibilité
Secteur de la boutonnière de Boulogne	Présence d'une seule nappe dans les 100 premiers mètres mais contenue dans deux formations géologiques superposées (alluvions et craie). La sensibilité associée à la mise en communication de nappes reste faible
	Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles
Secteur du plateau d'Issy à Cachan	Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet
	Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles
Secteur du plateau de Villejuif	Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet
	Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles
Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne (plaine de Vitry)	Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet
	Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles
Secteur du plateau de Champigny	Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication du fait de la profondeur du projet
	Sensibilité modérée à une détérioration de la qualité des nappes du fait de l'absence d'usages sensibles

Légende :

Pas d'enjeu	*Sensibilité faible*	*Sensibilité modérée*	*Sensibilité forte*

Hiérarchisation de la sensibilité liée à la mise en communication des nappes
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

1.6.6.2 Méthodologie d'évaluation des impacts de la construction du projet sur la qualité des eaux souterraines et le risque de mise en communication des nappes

La préservation de la qualité des eaux est un engagement fort pris la Société du Grand Paris qui fait partie intégrante des critères de conception du projet. La prise en compte et le respect de cette exigence forte sont assurées par une démarche d'écoconception se traduisant par :

- un rapport d'écoconception ;
- un plan de management environnemental (PME) ;
- un plan de management et de réduction des nuisances de chantier par ouvrage.

Cette démarche consiste à identifier et proposer des actions d'amélioration du projet ou du programme sous l'angle environnemental dans une perspective de développement durable. Il est entendu que ces améliorations doivent porter sur des progrès allant au-delà de la réglementation applicable ; le respect de la réglementation, y compris environnementale, étant un impératif du programme.

En ce qui concerne le milieu eau, le premier engagement de la société du Grand Paris consiste à la maîtrise des pollutions à la source.

En revanche, les conséquences éventuelles des pompages d'épuisement sur la migration des pollutions d'eau souterraine alentours sont évaluées dans le chapitre «Impacts liés aux effets piézométriques des débits d'épuisement en phase travaux et de la récupération des eaux d'infiltration en phase définitive et mesures associées » sur la base des résultats de modélisation.

Le projet, en lui-même, a été conçu en phase travaux et d'exploitation pour ne pas être à l'origine d'une pollution des eaux et d'une mise en communication d'aquifères. De ce fait, l'évaluation des impacts du projet sur la qualité des eaux souterraines et sur le risque de mise en communication de nappes a consisté à réaliser une analyse de la pertinence des mesures prévues pour éviter tout impact.

1.6.6.3 Mesures d'évitement de l'impact du projet sur la qualité des eaux souterraines

a. Principe constructif

La mise en place de parois moulées et de solutions complémentaires pour réduire le débit d'épuisement préalable à la réalisation des creusements pour les gares et les ouvrages annexes permettra d'isoler tout ou partie des nappes traversées.

Dans le cas de figure où les parois moulées seront ancrées dans des terrains argileux, celles-ci constitueront une barrière étanche entre la zone de travail et le milieu souterrain. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle de très faibles débits d'épuisement seront récoltées malgré une profondeur importante de pénétration de l'ouvrage sous le niveau de la nappe.

Dans les cas de figure où les parois moulées ne pourront atteindre un horizon suffisamment peu perméable, il sera nécessaire de réaliser un pompage d'épuisement pour travailler à sec malgré les dispositions prises pour réduire autant que possible ce débit d'épuisement (jupes injectées, bouchon injectés par exemple). Ce pompage d'épuisement sera réalisé jusqu'à que l'ouvrage soit devenu étanche vis-à-vis des eaux souterraines. Il constituera donc également un pompage « de fixation » d'une éventuelle pollution accidentelle venant de la surface. En effet, une éventuelle pollution au niveau du fond de fouille serait interceptée par les ouvrages d'épuisement destinés à assurer la mise au sec du chantier et donc ne pourrait migrer dans le milieu souterrain. La qualité des rejets sera régulièrement suivie. En cas de pollution accidentelle, un contrôle

renforcée sera effectué avant le point de rejet dans le milieu et des mesures correctives seront mises en place si nécessaire.

Les ouvrages de rabattement de nappe seront réalisés conformément aux règles de l'art comme décrit au chapitre « *Présentation des systèmes d'épuisement d'eau de nappe pour réaliser les ouvrages en phase travaux et mesures associées* » afin que ceux-ci ne constitue pas un vecteur d'une contamination potentielle de la surface d'une vers les eaux souterraines sous la zone de travail.

b. Organisation du chantier

Le responsable environnement de l'équipe de maîtrise d'œuvre du chantier s'assurera de la prise en compte des enjeux liés à la pollution de l'eau souterraine en validant (VISA) les plans d'installation de chantier fournis par les entreprises.

c. Matériaux mise en œuvre

Les matériaux mise en œuvre qui seront au contact avec le milieu souterrain sont principalement les boues de forage et les bétons.

- ***Boues de forage***

Afin de stabiliser les travaux de parois moulées et d'excavation du tunnel (dans le cas d'utilisation d'un tunnelier à pression de boue), des boues de forage seront employées.

Les boues de forage seront principalement à base de bentonite, activée et éventuellement avec adjuvants selon la nature des terrains. La bentonite est une poudre minérale, essentiellement à base de smectites ; groupe d'argiles qui présentent des propriétés spécifiques.

Afin d'éviter toute pollution des eaux de nappe dans les secteurs sensibles, il sera demandé aux entreprises d'utiliser des adjuvants biodégradables assurant le caractère inerte et non polluants des boues de forages.

- ***Béton***

Le béton est un matériau essentiellement minéral qui peut être considéré comme inerte vis-à-vis de l'eau souterraine. Toutefois, lors de sa prise il se produit une réaction exothermique (qui dégage de la chaleur) qui pourrait donc légèrement, localement et provisoirement modifier la température de l'eau souterraine. De plus, il est possible que le pH de l'eau souterraine augmente légèrement au moment de la prise. Cette augmentation possible de pH locale n'est pas de nature à engendrer un impact significatif de la qualité de l'eau souterraine.

L'huile de décoffrage qui sera utilisée sera à base végétale.

- ***Dispositions relatives à la gestion et l'entretien des matériels***
- l'entretien des engins sera réalisé sur des aires spécialement aménagées (par exemple sur des surfaces étanches ou dans un espace confiné soit étanche soit comprenant un système permettant le traitement) ;

- le stockage des produits polluants sera réalisé à l'abri de la pluie et dans des conditions telles qu'ils ne pourront pas être mélangés et polluer le sol. Ces substances toxiques ainsi récupérées seront collectées par des entreprises spécialisées qui en assureront le transfert, le traitement et l'élimination ;

- la vidange de matériel sera interdite sur le site.

- une aire de lavage sera mise en place avec un bac de décantation pour les bennes à béton, toupies et roues de camions.

La mise en œuvre de l'ensemble de ces éléments permettra d'assurer une préservation efficace de la qualité des eaux souterraines.

1.6.6.4 Mesures d'évitement prévues par le projet sur la mise en communication de nappes

d. Tunnel

De par sa position et son diamètre (10 mètres), le tunnel va localement se situer entre deux nappes. La carte réalisée à partir de la coupe géologique du profil en long déduite de l'analyse géologique fine des sondages des missions G1 et G2 permet de visualiser les secteurs où le tunnel traversera deux nappes. Plusieurs secteurs sont concernés sur tout le tronçon. Il est donc indispensable que le tunnel ne soit pas à l'origine d'une mise en communication entre ces nappes aussi bien lors de la phase travaux que pendant la phase d'exploitation.

Grâce à la méthode de creusement au tunnelier avec chambre de confinement, le tunnelier s'affranchit des charges d'eau et réalisant l'étanchéification de l'ouvrage au fur et à mesure de son avancement. En effet, l'excavation du terrain est réalisée par le tunnelier au moyen de la rotation de la roue de coupe par phases successives correspondant à la longueur d'un voussoir (éléments préfabriqués en béton assemblé pour former la voûte). Le marinage (déblais) est évacué par bande transporteuse du tunnel jusqu'au puits de lancement du tunnelier où les déblais sont temporairement stockés ou évacués dans des sites de stockages spécifiques.

Après l'excavation, les voussoirs sont positionnés sur le pourtour du tunnel grâce à un érecteur. Les anneaux sont munis d'un dispositif d'étanchéité (joints étanches). Le diamètre excavé est toujours plus grand que le diamètre extérieur (extrados des voussoirs). Ainsi, en parallèle de l'excavation, des injections de bourrage comblent le vide annulaire présent entre l'extrados des voussoirs mis en place et le terrain. Ce mortier de bourrage doit permettre un parfait contact entre les voussoirs et le terrain en place et assure donc à l'étanchéité de l'espace annulaire. L'épaisseur de l'espace constitué par les voussoirs et le mortier de bourrage est de 40 cm environ.

Le tunnelier est donc une technique qui permet d'éviter la mise en communication de nappes à l'avancement en phase de creusement et en phase d'exploitation. Cette technique est donc tout à fait adapter au contexte hydrogéologique de la Ligne 15 Sud.

e. Ouvrages annexes et gares

Sur tout le tronçon les ouvrages annexes et les gares, réalisées depuis la surface, traverseront pour la plupart deux ou plusieurs nappes superposées.

Préalablement au terrassement des ouvrages et des gares, des parois moulées seront réalisées depuis la surface (ainsi que des solutions complémentaires de réduction du débit d'épuisement lorsque nécessaire).

Une paroi moulée est un écran en béton armé moulé dans le sol. La stabilité de la tranchée pendant les opérations de forage, de ferraillage et de bétonnage est obtenue avec un fluide de perforation appelé boue. La boue est fabriquée avec de la bentonite qui est une argile. Elle forme sur les parois de l'excavation un dépôt étanche appelé cake qui lui permet de ne pas percoler dans le terrain et d'assurer la pression hydrostatique qui s'oppose à l'éboulement des parois. Ainsi, durant la foration de la paroi, la pression de boue de forage est toujours supérieure à la pression de la nappe ce qui permet d'éviter que les nappes se mélangent. Une fois que le panneau de la paroi a atteint sa profondeur souhaitée, un tube plongeur est descendu en pied pour l'injection de béton. In fine, le béton assure l'étanchéité du panneau de paroi sur toute sa hauteur.

La paroi moulée forée à la boue permet donc d'éviter la mise en communication des nappes lors de la construction et en phase exploitation.

1.6.6.5 Mesures de suivi

Il n'est pas attendu d'impacts spécifiques sur la qualité des eaux souterraines liées à la construction ou à l'exploitation du projet. Néanmoins, diverses mesures de suivi seront mises en œuvre afin de vérifier que le projet n'est pas à l'origine d'impacts qualitatifs sur les eaux souterraines :

- Mise en place de piézomètres de surveillance à l'intérieur à l'extérieur de chaque ouvrage annexe ou gare permettant un suivi qualitatif des eaux souterraines. Le protocole de surveillance sera adapté en fonction du contexte de chaque ouvrage (cf. chapitre épuisement) ;

- réalisation d'analyses régulières des eaux d'exhaure avant rejet. Le protocole de surveillance sera adapté en fonction des solutions de rejet identifiés et de la qualité initiale attendue des eaux d'exhaure (cf. chapitre impacts rejet) ;

- en phase de creusement du tunnelier, différents paramètres seront suivis afin de s'assurer de l'efficacité de l'injection de mortier de bourrage (quantité de mortier injecté, pression d'injection etc…) ;

- lors de la réalisation des parois moulées, de multiples paramètres sont surveillées comme la vitesse d'avancement, la quantité de boue de forage utilisée et la quantité de béton mis en place, la géométrie des panneaux... Ces multiples contrôles ont pour objectif de s'assurer que la paroi moulée est parfaitement réalisée et joue bien son rôle mécanique d'une part et d'écran étanche d'autre part ;

Une fois les travaux terminés, l'étanchéité du tunnel et des ouvrages pourra être contrôlé par inspection et par la mesure de débit des eaux d'infiltration résiduelles. Si des anomalies sont constatées sur le débit récolté, des traitements complémentaires par injection seront réalisés.

1.6.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'hydrogéologie

Le tableau suivant synthétise pour chaque gare :

- les principaux aléas et enjeux hydrogéologiques identifiés ;

- les principales solutions techniques mises en œuvre pour éviter ou limiter les impacts ;

- une synthèse des impacts résiduels hydrogéologiques attendus ainsi que la section du rapport où cet impact est traité.

Critères à enjeu	*Caractéristique de l'impact*	*Mesures mises en œuvre*
« Hydrogéologie »	***<u>Abaissement du niveau piézométrique</u>***	
	<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> La forte productivité de la nappe et la profondeur du projet implique des débits d'épuisement potentiels non maitrisables sans dispositions constructives particulières.	Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans la Craie saine peu perméable. L'abaissement piézométrique résiduel en phase travaux évalué avec ces parois moulées est très limité du fait de la réduction du débit d'épuisement. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs.
	<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> L'aquifère est modérément productif et peu exploité mais le débit d'épuisement est susceptible d'être important sans dispositions particulières du fait de la profondeur du projet.	Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entrainera pas d'impacts piézométriques. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs
	<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe.	Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables ou désaturés. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entrainera pas d'impacts piézométriques. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs.
	<u>Secteur de la plaine de Vitry</u> Compte tenu de la présence : - D'un aquifère productif. - De nombreuses exploitations d'eau souterraine. - De la présence de niveaux de gypse anté-Ludien. - De la présence locale de couches géologiques sensibles au tassement. - De la contamination locale avérée de l'eau souterraine. - De la profondeur du projet, Il n'est pas envisageable de mettre en œuvre des pompages en phase travaux sans dispositions constructives permettant de réduire les débits d'épuisement. Ces derniers restent significatifs malgré les solutions constructives de réduction au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi. Impact des nappes du Calcaire Grossier, des Alluvions et de la Craie en fonction du secteur.	Les gares du secteur seront réalisées sous protection de parois moulées qui seront prolongées selon le contexte par une jupe injectée et un fond injecté. Ces dispositions sont prévues pour limiter le débit d'épuisement résiduel et l'abaissement piézométrique en phase travaux. D'après les résultats de modélisation, des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus dans le secteur au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi. Pendant la phase travaux, l'abaissement du niveau de la nappe serait : - compris entre 10 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 1 à 5 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ; - compris entre 3 et 0,5 mètre dans les alluvions ; - compris entre 1 mètre et une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie. La modélisation des effets piézométriques sur les exploitations d'eau souterraines a montré que les effets piézométriques induits restent compatibles avec les usages des exploitations d'eau souterraines du secteur. Les responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet seront informés et des mesures compensatoires spécifiques leurs seront proposées de manière concertée. Les résultats de calculs de modélisation montrent que le risque de désordre sur les constructions existantes vis-à-vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux est faible. Le risque de désordre lié à la dissolution du gypse sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.
	<u>Secteur du plateau de Champigny</u> Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet.	Les gares et ouvrages du secteur seront réalisés sous protection de parois moulées ancrées dans des formations peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera très faible. Aucun effet piézométrique significatif attendu en phase travaux. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs.

« Hydrogéologie »	***Rejet des eaux souterraines***	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Pont-de-Sèvres)	Les parois moulées permettront de réduire significativement le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières.	Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entrainer des impacts sur le milieu. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur du plateau de Villejuif Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe.	Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entrainer des impacts sur le milieu. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur de la plaine de Vitry Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Arrighi).	Les parois moulées et les injections de sol permettront de réduire le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur du plateau de Champigny Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet.	- Faible débit de rejet attendu en phase travaux n'entrainant pas d'impacts sur le milieu. - En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Modification des écoulements souterrains / effet barrage	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne Gradient de la / des nappe(s) superficielle(s) faible : impacts sur les écoulements souterrains limités pour les gares et ouvrages du secteur	Les modifications piézométriques en phase définitive (effet barrage) calculées seront très faibles. Aucune mesure particulière n'est nécessaire.
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais aucun impact attendu sur le bâti ou les zones de sensibilité particulière (anciennes carrières par exemple)	Compte tenu du faible niveau de risque attendu, aucune mesure particulière n'est nécessaire.
	Secteur du plateau de Villejuif L'impact sur le niveau de la nappe est faible pour la gare Villejuif IGR et modéré pour la gare Villejuif Louis Aragon en raison du risque d'inondation des sous-sols.	Le risque de désordre est considéré, à ce stade, comme faible compte tenu des données disponibles mais les enjeux sont non négligeables au droit de la gare Villejuif IGR puisque des niveaux de remblais de qualité médiocre peuvent être mis en eau. Le risque de désordre est également considéré comme faible compte tenu des données disponibles pour la gare Villejuif Louis Aragon mais les enjeux sont également importants en raison de la faible profondeur de la nappe. Pour ces deux gares, des piézomètres supplémentaires seront réalisés afin de préciser plus finement l'évaluation des effets piézométriques.

« Hydrogéologie »	**<u>Secteur de la plaine de Vitry</u>** Impact a priori modéré au droit de la gare Vitry Centre sur les nappes superficielles Impact faible dans le secteur des gares Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint-Maur Créteil, Champigny Centre.	Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur la nappe des Masses et Marnes du Gypse et de vérifier l'éventuelle présence d'une nappe perchée dans les alluvions.
	<u>Secteur du plateau de Champigny</u> Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais qui doivent être précisés par la mise en place de piézomètres complémentaires. Les enjeux restent faibles au niveau de Bry-Villiers-Champigny. Ils sont plus importants à Noisy-Champs	Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur les nappes superficielles.
	<u>Mise en communication d'aquifère</u>	
	<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> Présence d'un seul aquifère dans les 100 premiers mètres : sensibilité faible associée à la mise en communication de nappes	Le projet ne risque pas de mettre en communication des aquifères grâce à la mise en place de parois moulées pour réaliser les gares et les ouvrages annexes et l'utilisation d'un tunnelier avec étanchéification à l'avancement.
	<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.	
	<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.	
	<u>Secteur de la plaine de Vitry</u> Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.	
	<u>Secteur du plateau de Champigny</u> Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.	

1.6.8 Couts liés aux mesures d'accompagnement concernant l'hydrogéologie en phase travaux et exploitation

Les mesures sont directement liées aux techniques constructives. Ainsi, le coût de ces mesures est considéré comme directement intégrée au coût du projet. Les tableaux suivants présentent les principales mesures intégrées au projet concernant l'hydrogéologie.

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Creusement du tunnel au tunnelier avec étanchéification à l'avancement	Intégré au coût des travaux
Mise en œuvre de méthodes constructives avec parois moulées et injections de sol (jupes injectées et fonds injectés)	Intégré au coût des travaux
Mise en place et abandon de dispositifs de pompage en phase chantier conformes aux règles de l'art. Mise en place de dispositifs de traitement de l'eau lorsque que nécessaire.	Intégré au coût des travaux
Quantifier l'impact des débits d'épuisement au sein des « boites gare » et rejet des eaux d'exhaure ;	Intégré au coût des études de conception
Mise en place de piézomètres, de dispositifs de mesure (compteurs, enregistreurs automatiques de niveau d'eau, tassomètres etc…). Réalisation d'analyses d'eau. Rédaction et édition de rapports de suivi.	Intégré au coût des travaux
Suivi de chantier par un maitre d'œuvre spécialisé.	Intégré au coût des travaux

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	***Coût de la mesure***
Ajuster les données pour permettre d'affiner le modèle hydrogéologique	Intégrés au coût des études à venir : PRO
Définir précisément l'effet barrage au niveau de certaines nappes superficielles mal connues à ce stade	Intégrés au coût des études à venir : PRO
Mise en place éventuelle de dispositifs de régulation du niveau de la nappe en cas d'effet barrage	Intégré au coût du projet
Suivi des ouvrages au cours du temps	Coût intégré à la gestion de l'ouvrage

Coûts des mesures – Phase exploitation

1.7 Occupation du sous-sol

Les ouvrages et fondations souterrains sont les vraies cibles des désordres potentiels engendrés par la construction du projet et son exploitation.

En effet, lorsque le tunnelier conduit à l'effondrement de cavités souterraines, ou que les vibrations ou un abaissement de la piézométrie entrainent des tassements différentiels dans les couches géologiques, des dégâts peuvent apparaître sur les ouvrages et fondations souterrains.

La démarche entreprise par la Société du Grand Paris concernant l'occupation du sous-sol a permis de flécher de manière exhaustive la totalité des réseaux, fondations, infrastructures présentes le long du secteur d'étude. Ces derniers ont pu être hiérarchisés en fonction des enjeux associés. Ces enjeux sont consultables dans le rapport 1/3 de l'Étude d'Impact de la Ligne 15 Sud.

Globalement, les études entreprises par la Société du Grand Paris sur les infrastructures, réseaux et fondations au droit du tracé de la Ligne 15 Sud ont mené aux conclusions génériques suivantes :

- Absence d'enjeu et d'interférence avec le projet, induisant des impacts nuls et n'impliquant alors aucune mesure spécifique ;
- Enjeu faible à modéré, induisant des impacts faibles à modérés, et impliquant ainsi la mise en œuvre de mesures « classiques » (exemple : déviation de réseau, auscultation du bâti, etc.) ;
- Enjeu fort, induisant des impacts modérés à forts et impliquant la mise en œuvre de mesures « spécifiques » (exemple : confortement des terrains, protection de l'infrastructure, pilotage spécifique du tunnelier, etc.)

1.7.1 Impacts directs et mesures en phase chantier concernant l'occupation du sous-sol

Les impacts directs se définissent comme des atteintes à l'intégrité physique des ouvrages et fondations. Ils sont entraînés par les travaux de construction du projet (tunnel et ouvrages annexes).

Ces atteintes ont plusieurs origines possibles :

- Dégradation de la géologie en place par dissolution de matériaux (gypse notamment) ou atteintes à des cavités souterraines existantes (carrières),
- Mouvement des formations géologiques en place (tassement différentiel ou gonflement) suite à une modification de la piézométrie ou à la rupture de paroi ou pilier de cavité.

L'analyse ci-dessous est construite sur les différents types d'ouvrages et associe les aspects réglementaires (servitudes).

1.7.1.1 Atteintes aux canalisations de transport de gaz

La présence d'un ouvrage superficiel (et sa base chantier associée) à moins de 50m d'une canalisation signifie que l'impact de dégradation du réseau peut être considéré comme non nul. Il est :

- Fort si la canalisation est localisée au droit de l'ouvrage superficiel,
- Moyen à faible, si la canalisation est localisée sous une voirie limitrophe à l'ouvrage superficiel et donc en interaction possible avec la future base chantier à définir,
- Nul si l'éloignement est plus important que 50m.

Par ailleurs, les réseaux GRT gaz étant situés dans les premiers mètres du sol, la sensibilité par rapport au tunnel de la Ligne 15 Sud est considérée comme nulle, au regard de la distance importante entre le réseau et le tunnel.

Plusieurs ouvrages superficiels sont concernés plus ou moins directement par le passage de canalisations GRT Gaz Haute Pression. Ces ouvrages sont les suivants :

- La gare de Pont de Sèvres, sur la commune de Boulogne Billancourt. Il s'agit d'une canalisation GRT Gaz haute pression de diamètre 300mm. Celle-ci intercepte l'emprise chantier de la gare de Pont de Sèvres au niveau du Rond Point du Pont de Sèvres.

  La sensibilité est considérée comme forte.

  Cette canalisation va être abandonnée en juin 2016 (date à confirmer). Ainsi, la solution envisagée est de laisser en place la canalisation, puis de la retirer au moment des travaux.

- L'OA Place de la Résistance sur la commune d'Issy-les-Moulineaux. Il s'agit d'une canalisation GRT Gaz haute pression de diamètre 600mm. Celle-ci, parallèle à la Seine, intercepte l'emprise chantier de l'OA Place de la Résistance.

  La sensibilité est considérée comme forte.

- L'OA et puits d'entrée tunnelier de la friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine. Le long du quai Jules Guesde se situent deux canalisations GRT Gaz de 300 et 600mm de diamètre. Celles-ci n'interceptent pas l'emprise chantier de l'OA, mais les installations d'amarrage et d'évacuation des déblais par la Seine liés au creusement du tunnel, pourront entrer en interaction avec des réseaux sensibles, à l'image des canalisations GRT Gaz.

  La sensibilité est considérée comme modérée.

- La gare de Le Vert de Maisons au niveau de la limite communale entre Alfortville et Maisons-Alfort. Une canalisation GRT Gaz de diamètre 300mm se situe au droit de la gare de Vert de Maisons au niveau du square Dufourmantelle. Il se situe à environ 40cm du niveau du TN.

  Deux solutions sont envisagées :

  - Une protection mécanique (de type plaque de protection en polyéthylène) de 1 mètre de part et d'autre de la canalisation pour le réseau GRT Gaz est à prévoir,
  - Le remplacement de la canalisation par une canalisation parallèle sur-épaisse.

  La sensibilité est considérée comme forte.

- L'OA Avenue Roger Salengro Champigny sur la commune de Champigny-sur-Marne. Une canalisation GRT Gaz de 200mm de diamètre se situe à 2m environ de l'emprise de l'ouvrage d'entonnement.

  La sensibilité est considérée comme modérée.

- Le puits d'attaque tunnelier du SMR de Champigny sur la commune de Champigny-sur-Marne. Une canalisation GRT Gaz de diamètre 100mm se situe en proximité du puits d'attaque tunnelier du SMR de Champigny.

  La sensibilité est considérée comme faible.

Ces canalisations font l'objet de servitudes dans les documents d'urbanisme des communes. Ces servitudes sont décrites dans la pièce B1 au chapitre 2.9 sur l'occupation du sous sol.

La démarche de concertation avec les gestionnaire de réseau et la prise en compte de ces canalisations dans la conception du projet le rendent compatible avec ces servitudes.

1.7.1.2 Atteintes aux canalisations de transport de pétrole

Une canalisation de transport et distribution d'hydrocarbures est identifiée au niveau de la Ligne 15 Sud. Il s'agit d'une canalisation TRAPIL (pipeline Gennevilliers-Vitry-Villeneuve-le-Roi), de diamètre 250mm. Cette canalisation s'observe entre la gare des Ardoines et la Friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine.

Ce réseau se situe à environ 1m sous le niveau du TN. La distance au tunnel étant très importante, la **sensibilité par rapport au tunnel est considérée comme nulle**.

Par ailleurs, les servitudes s'appliquant au réseau TRAPIL intercepte l'ouvrage spécial Friche Arrighi et notamment le poste de redressement. La réglementation associée à cette servitude est détaillée dans le Rapport 1 de l'Étude d'Impact de la Ligne 15 Sud.

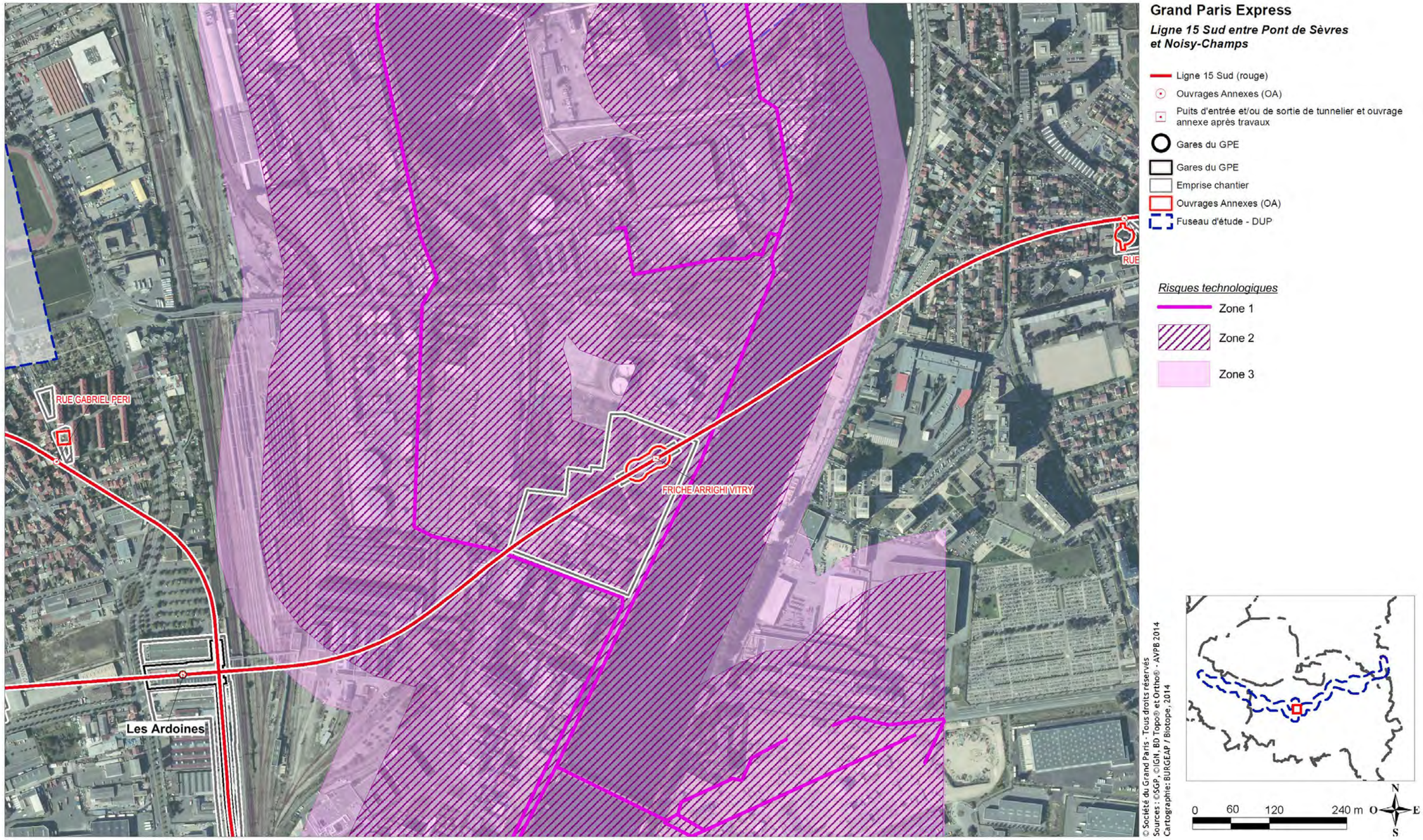
L'ouvrage spécial et le poste de redressement ne constituent pas un Immeuble de Grande Hauteur (IGH). En effet, le poste de redressement culmine à 8m de hauteur. Ils ne constituent pas non plus d'Établissement Recevant du Public (ERP).

La sensibilité est donc considérée comme faible.

Ces canalisations font l'objet de servitudes dans les documents d'urbanisme des communes. Ces servitudes sont décrites dans la pièce B1 au chapitre 2.9 sur l'occupation du sous sol.

La démarche de concertation avec les gestionnaire de réseau et la prise en compte de ces canalisations dans la conception du projet le rendent compatible avec ces servitudes.

Interaction entre les ouvrages de la Ligne 15 Sud et le zonage réglementaire du réseau TRAPIL (Source : DRIEE/DRIEA UT 94)



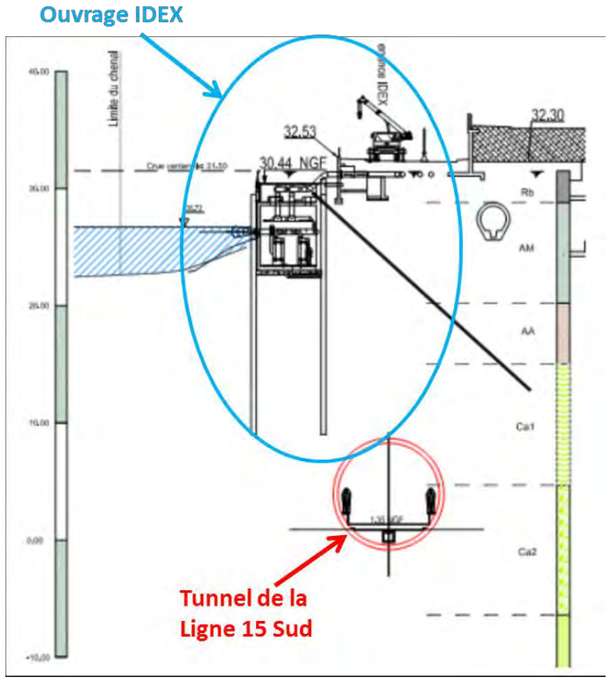
1.7.1.3 Atteintes aux canalisations de Chauffage Urbain (CPCU) et réseaux de froid

Les interactions entre le tunnel de la Ligne 15 Sud et des canalisations de chauffage urbain (CPCU) et des réseaux de froids sont rares. Elles s'inscrivent :

- Sur la commune de Boulogne-Billancourt, au niveau de la gare de Pont de Sèvres. Deux canalisations parallèles du réseau de froid IDEX, chacune de diamètre 500mm intercepte l'emprise de la gare.

  La sensibilité est considérée comme forte.

  Les principaux risques sont les dommages sur les ouvrages IDEX ainsi que le blocage du tunnelier, via l'interception de palplanches. Le dévoiement des réseaux, l'ajustement du tracé le guidage précis du tunnelier creusant à vitesse plus modérée sont les solutions de traitement envisagées.



Coupe présentant le tunnel et les ouvrages IDEX au niveau du quai Georges Gorse (secteur de la gare de Pont de Sèvres) (Source : Société du Grand Paris)

- Sur la commune de Bagneux, au niveau de la gare de Bagneux. Trois canalisations du réseau de chauffage urbain Dalkia sont présentes au niveau de l'emprise de la gare de Bagneux. Ces canalisations ont pour diamètre 250, 125 et 80mm de diamètre.

  Le dévoiement des réseaux est envisagé.

  La sensibilité est considérée comme forte.

- Sur la commune de Vitry-sur-Seine, au niveau de la gare des Ardoines. Deux canalisations du réseau de chaleur CV Distrib., de 250 et 350mm de diamètre sont présentes au niveau de la gare des Ardoines.

  La sensibilité est considérée comme modérée.

- Sur la commune de Créteil, au niveau de la gare de Créteil l'Echat. Une canalisation double (de deux fois 250mm de diamètre) du réseau de chaleur Dalkia se situe au niveau de la gare de Créteil l'Echat. Les études menées par la Société du Grand Paris ont permis de mettre en évidence un niveau de criticité élevé au niveau de la gare.

  En effet, au niveau de la gare de Créteil l'Echat, la chaufferie existante sera démolie. Le positionnement définitif de la nouvelle chaufferie n'est pas encore acté au stade actuel des études et deux implantations sont aujourd'hui envisagées :

  - une à proximité de la chaufferie existante, en pied de talus dans la parcelle APHP,
  - une au droit du Triangle de l'Echat.

  Ainsi, la sensibilité est considérée comme très forte.

1.7.1.4 Atteintes aux grands collecteurs et aux réseaux d'assainissement

Le croisement entre la profondeur du tunnel et celle des différents grands collecteurs et réseaux d'assainissement permet d'effectuer les constats suivants :

- **Entre les gares de Pont-de-Sèvres et de Bagneux :**

  - Au niveau de la gare de Pont de Sèvres, et jusqu'au pont de Billancourt, le tunnel passe en dessous du réseau unitaire Boulogne Rive Droite (SEVESC) de diamètre 2,50 m. La couverture entre la clé du tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 6 m.

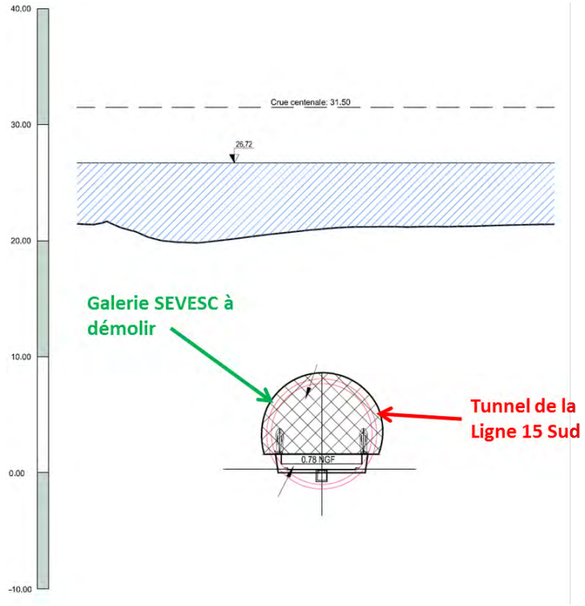
    La sensibilité est considérée comme modérée.

  - Au niveau de la gare de Pont de Sèvres, le tunnel passe au-dessus du siphon Sèvres-Boulogne du réseau SEVESC. Celui-ci, de diamètre 1,60m, se situe environ 7m en dessous du radier du tunnel.

    La sensibilité est considérée comme faible.

    La principale source de risque est l'interception d'un rameau abandonné se situant au même niveau que le tunnel de la Ligne 15 Sud et pouvant donc bloquer le tunnelier. Plusieurs solutions sont envisagées :

    - L'ajustement en plan du tracé,
    - La réalisation d'une galerie de reconnaissance et de démolition du rameau abandonné. Cette galerie nécessiterait un traitement de consolidation et d'étanchement lourd à l'avancement.
    - L'intervention à partir d'un puits implanté dans un batardeau en Seine.



Coupe présentant le tunnel et la galerie à démolir (secteur l'Ile Monsieur et Pont de Sèvres) (Source : Société du Grand Paris)

- L'émissaire SERO, ovoïde de 2,7x2,2m, intercepte le tracé au niveau de la gare de Pont de Sèvres sur la commune de Boulogne Billancourt et de l'OA Place de la Résistance.

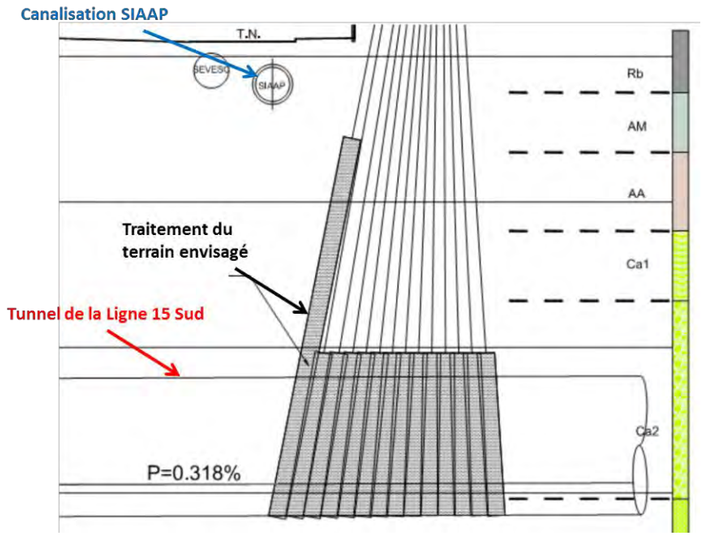
  La sensibilité est considérée comme modérée.

- L'émissaire sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 2.75m passe au-dessus du tunnel de la Ligne 15 Sud sur la commune d'Issy-les-Moulineaux. La distance entre la clé du tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 6m. Le tracé du réseau est sub-parallèle au tunnel de la Ligne 15 Sud sur une longueur importante. L'axe du tunnel croise l'ouvrage au pied du viaduc du tram T2, à 70 m environ du rejet en Seine, sous le quai de Stalingrad.

  La sensibilité est considérée comme forte.

  La principale source de risque est le tassement générant ainsi des dommages sur l'ouvrage.

  Le traitement envisagé au stade actuel des études menées par la Société du Grand Paris est la régulation de la pression de confinement afin d'éviter au maximum les tassements.



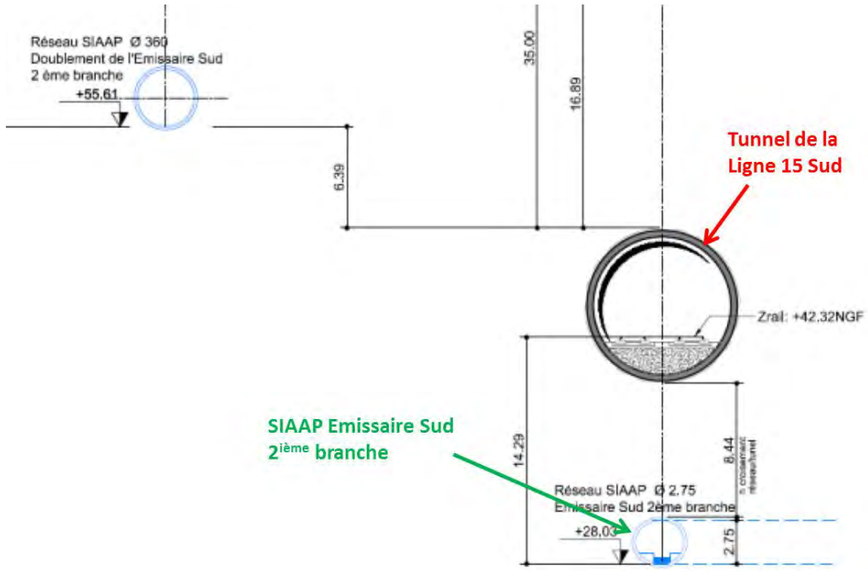
Coupe présentant le tunnel et l'ouvrage SIAAP, ainsi que le traitement des terrains envisagés (secteur de l'OA Place de la Résistance) (Source : Société du Grand Paris)

- De même, le réseau d'assainissement Issy Sud & Nord (SEVESC), ovoïde de dimension 2.2x1.3m, passe au-dessus du tunnel aux abords de la gare d'Issy RER à une distance d'environ 7m.

  La sensibilité est considérée comme modérée.

- À l'ouest de la gare de Châtillon-Montrouge, sur la commune de Chatillon, le tunnel passe au-dessus du réseau d'assainissement Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 2,75m. La couverture entre le radier du tunnel et la voûte du réseau est de l'ordre de 8.4 m.

  La sensibilité est considérée comme faible.



Coupe présentant le tunnel et l'émissaire Sud 2ième branche (secteur de l'intergare Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge) (Source : Société du Grand Paris)

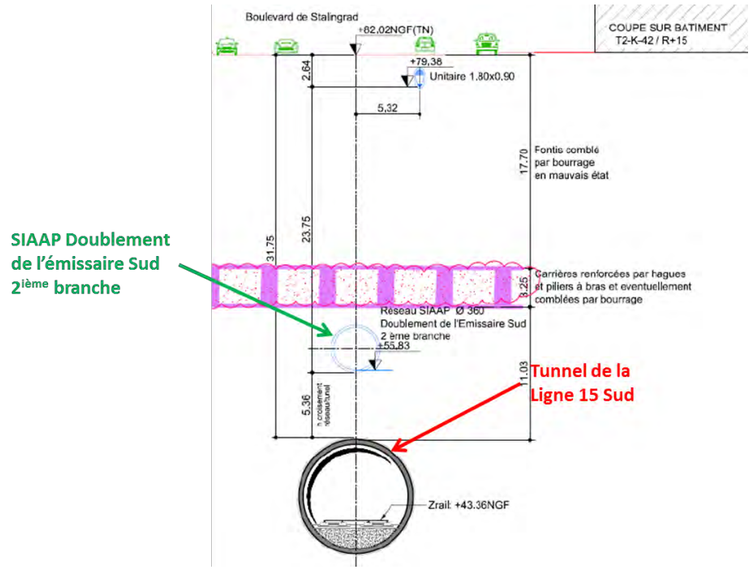
- À l'ouest de la gare de Châtillon-Montrouge, le tunnel passe une première fois sous le réseau d'assainissement du Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 3,60m. La couverture entre le tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 5.6 m.

Étant donnée la récente réhabilitation de ce réseau (injections de collage et traitements des fissures et du parement), les conséquences sur le réseau devraient rester limitées.

La sensibilité est considérée comme modérée.

Les dispositions à prendre vis-à-vis du réseau peuvent être de nature différente :

- Auscultation dans le réseau,
- Mesures préventives : chemisage provisoire ou injection depuis la surface en prolongeant certains forages prévus pour l'injections des carrières et en ajoutant d'autres forages pour resserrer la maille.



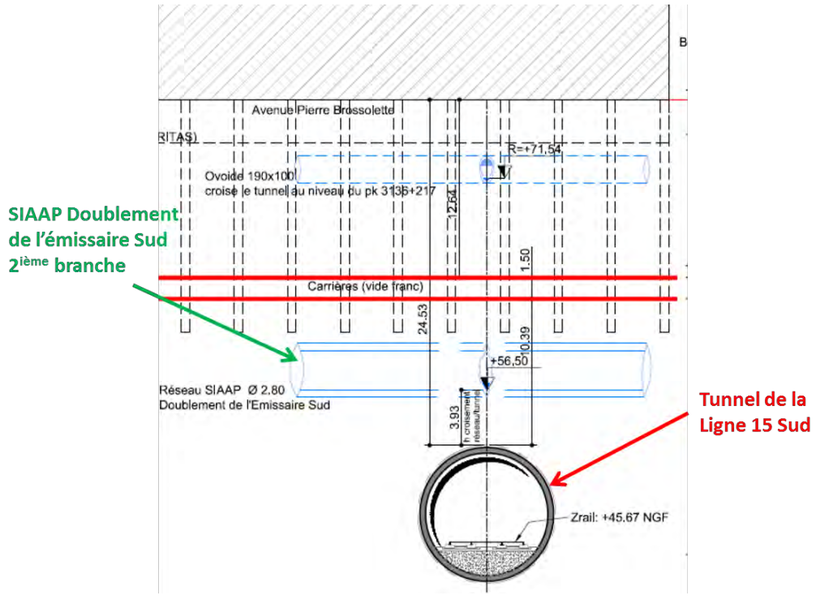
Coupe présentant le tunnel et le Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche (secteur de l'intergare Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge) (Source : Société du Grand Paris)

- Quelques dizaines de mètres plus loin, le tunnel passe une seconde fois sous le réseau d'assainissement du Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP). Il s'agit alors de l'Antenne de Montrouge, de diamètre 2,80m. La couverture entre le tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 3,9 m.

La sensibilité est considérée comme modérée.

Les dispositions à prendre vis-à-vis du réseau peuvent être de nature différente :

- Auscultation dans le réseau,
- Mesures préventives : chemisage provisoire ou injection depuis la surface en prolongeant certains forages prévus pour l'injections des carrières et en ajoutant d'autres forages pour resserrer la maille.



Coupe présentant le tunnel et le Doublement de l'Émissaire Sud 2ième branche Antenne de Montrouge (secteur de l'intergare Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge) (Source : Société du Grand Paris)

- **Entre les gares de Bagneux et des Ardoines:**

  - À l'est de l'OA Parc Robespierre, sur la commune de Bagneux, le tunnel effectue un passage au-dessus du réseau d'assainissement Émissaire Sud 2ième branche (SIAAP), de diamètre 2.75m. La couverture entre le tunnel et le radier du réseau est de l'ordre de 4m.

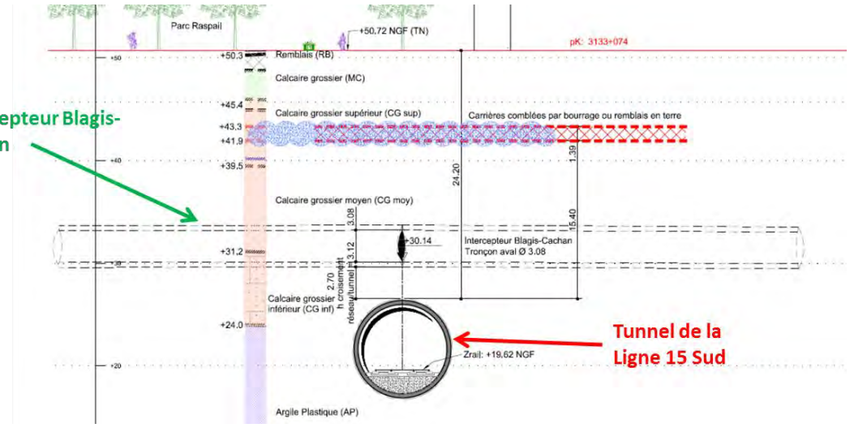
    La sensibilité est considérée comme forte.

  - À l'est de l'OA Parc Robespierre, sur la commune de Bagneux, le tunnel passe sous l'intercepteur de Blagis-Cachan. La couverture entre la voûte du tunnel et le radier du réseau est inférieure à 2,7m.

    La sensibilité est considérée comme forte.

    Les dispositions à prendre vis-à-vis du réseau peuvent être de nature différente :

    - Auscultation dans le réseau,
    - Mesures préventives : chemisage provisoire ou injection depuis la surface en prolongeant certains forages prévus pour l'injections des carrières et en ajoutant d'autres forages pour resserrer la maille.



Coupe présentant le tunnel et l'intercepteur Blagis-Cachan (secteur de l'OA Parc Robespierre) (Source : Société du Grand Paris)

- Sur la commune de Cachan, à l'est de l'OA Square Général de Gaulle, le tunnel passe sous le réseau profond de Cachan. La couverture entre le réseau et la voûte du tunnel est d'environ 5.6m.

  La sensibilité est considérée comme modérée.

- Le tunnel longe l'émissaire de Villejuif R2, au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon. Le réseau suit le tracé de la Ligne en direction de la gare de Vitry Centre en passant par le Moulin de Saquet. D'un diamètre de 3m, la canalisation passe en profondeur par rapport au tunnel.

  La sensibilité est considérée comme faible.

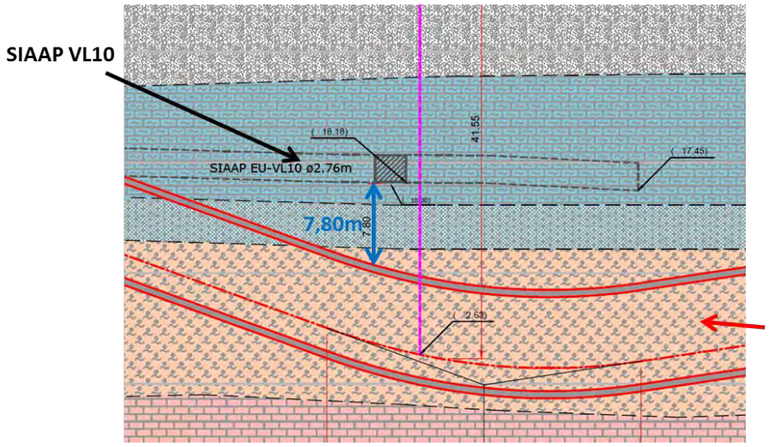
- Au Nord-Ouest de la gare de Vitry-Centre, le tunnel intercepte l'émissaire SIAAP VL10 sur la commune de Vitry-sur-Seine. D'un diamètre de 2,5m, il est situé en ce point à plus de 10m du tunnel mais constitue un point de surveillance en phase chantier.

  La sensibilité est considérée comme modérée.

- Le long de l'avenue Rouget de Lisle, sur la commune de Vitry-sur-Seine, le fuseau du projet intercepte à nouveau l'émissaire SIAAP VL10 entre la rue Louis Marchandise et l'avenue Albert Thomas à Vitry-sur-Seine. D'un diamètre de 2,5m. Il est alors situé à 8m du tunnel.

  Compte tenu du contexte, forage dans les Marnes et Caillasse, il est possible que l'excavation engendre des vibrations. Cependant, compte tenu de la distance de 8m entre le tunnel et le collecteur, le risque que ces vibrations aient un quelconque impact structurel est négligeable.

  La sensibilité est considérée comme faible.



Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP VL10 et le tunnel (secteur de l'OA Rue Louis Marchandise et Avenue A. Thomas) (Source : Société du Grand Paris)

- **Entre les gares des Ardoines et de Champigny Centre :**

  - Le long des quais Jean-Baptiste Clément sur la commune d'Alfortville, le tunnel intercepte l'émissaire SIAAP Rive Droite S. Celui-ci est un ovoïde de dimension 1,9x1m et se situe à une distance importante du tracé du tunnel.

    La sensibilité est considérée comme nulle.

  - A l'Est de la gare Le Vert-de-Maisons, l'émissaire SIAAP VL9 intercepte le fuseau du projet. D'un diamètre de 3m, il est situé à environ 8m du tunnel et constitue un point de surveillance vis-à-vis du tunnel mais également de la gare de Le Vert de Maisons (distance environ égale à 7m).

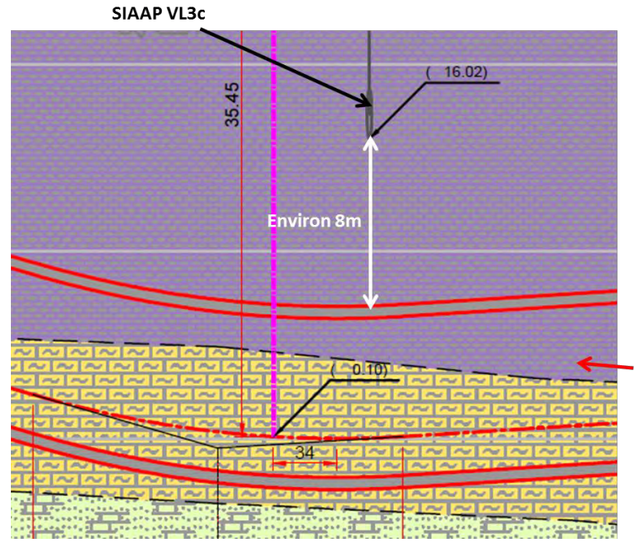
    La sensibilité est considérée comme modérée.

  - L'émissaire SIAAP VL3b intercepte le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil. D'un diamètre de 2,5m, il évolue parallèlement au tunnel, à une distance d'environ 200m et n'interfère donc pas avec le tracé.

    La sensibilité est considérée comme nulle.

  - L'émissaire SIAAP VL3c intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud sur la rive droite de la Marne, le long du quai de Halage sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés. D'un diamètre de 2,5m, il est situé à une distance importante du tunnel. Les interactions entre l'émissaire et ce dernier seront donc faibles.

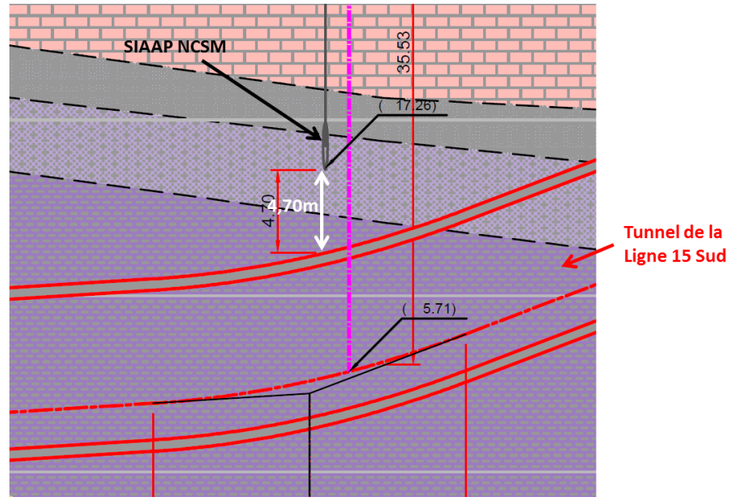
    La sensibilité est considérée comme faible.



Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP VL3c et le tunnel (secteur de l'OA Impasse Abbaye) (Source : Société du Grand Paris)

- L'émissaire SIAAP NCSM intercepte le fuseau de la ligne le long de la rue Charles Floquet sur la commune de Joinville-le-Pont. D'un diamètre de 2,5m, il est situé environ à 5m au-dessus du tunnel de la Ligne 15 Sud. Les études menées par la Société du Grand Paris mettent en évidence le risque de tassement vis-à-vis du collecteur NCSM.

  La sensibilité est considérée comme forte.

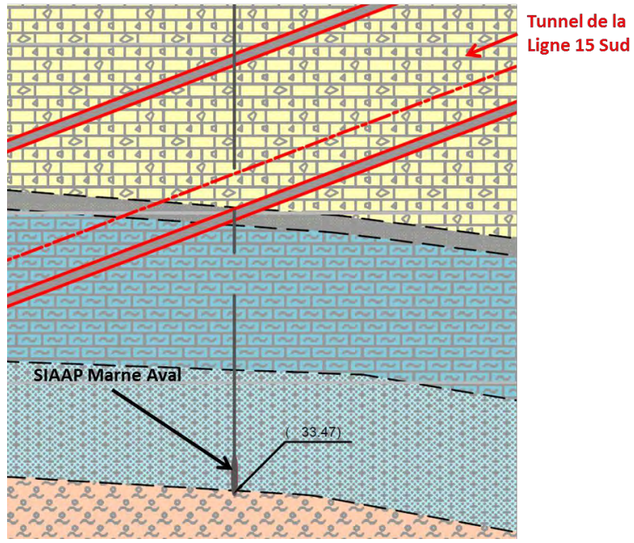


Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP NCSM et le tunnel (secteur de l'OA Rue Charles Floquet) (Source : Société du Grand Paris)

- **Entre les gares de Champigny Centre et Noisy-Champs:**

  - L'émissaire Marne Aval croise à la perpendiculaire le fuseau de la ligne à l'Ouest de la gare de Bry/Villiers/Champigny. D'un diamètre de 2m, il est situé à une distance importante sous le tunnel. Les interactions entre le tracé et l'émissaire seront donc faibles.

    La sensibilité est considérée comme faible.



Profil en long au niveau du croisement entre le réseau SIAAP Marne Avel et le tunnel (secteur aux abords de la gare de Bry-Villiers-Champigny) (Source : Société du Grand Paris)

1.7.1.5 Atteintes aux canalisations d'eau potable

Le tracé de la Ligne 15 Sud interfère avec trois aqueducs sur la commune de Cachan :

- L'aqueduc du Loing qui croise le tracé perpendiculairement entre les OA Parc Robespierre et Square Général de Gaulle au niveau de la limite départementale entre le Val-de-Marne et les Hauts-de-Seine sur la commune de Cachan.

- L'aqueduc de la Vanne qui croise le tracé perpendiculairement entre les OA Square Général de Gaulle et Jardin Panoramique, au niveau de la rue des Vignes.

- L'aqueduc du Rungis qui croise le tracé perpendiculairement entre les OA Square Général de Gaulle et Jardin Panoramique, entre la rue des Vignes et le boulevard de la Vanne.

A ces trois points, les aqueducs sont souterrains.

Servitudes relatives à la protection des aqueducs :

Les aqueducs sont dotés de servitudes relatives à la conservation des eaux. Ces zones de protection considérées pour la protection sanitaire de l'aqueduc sont :

- La zone de protection immédiate constituée par l'emprise ou le tréfonds appartenant à la ville de Paris,

- Les zones de protection rapprochée constituées par deux bandes de terrain de 13 mètres de largeur de part et d'autre de l'emprise,

- Les zones de protection éloignée constituées par deux bandes de terrain s'étendant des limites extérieures des zones de protection rapprochée jusqu'à une distance de 40 mètres mesurée à partir de l'axe de l'aqueduc.

La sensibilité est considérée comme faible, l'inter-distance séparant l'infrastructure et les réseaux étant grande.

1.7.1.6 Atteintes aux infrastructures de transport d'électricité

Plusieurs lignes de transport d'électricité sont présentes au niveau de la Ligne 15 Sud. Ces réseaux sont situés dans les premiers mètres du sous-sol et ne sont pas contraignants pour le tunnel. En effet, le tunnel de la Ligne 15 Sud est quant à lui situé plus en profondeur sur l'intégralité du linéaire. Seule la proximité avec des ouvrages émergents (gares, puits de ventilation, …) peut présenter un risque.

Le long de la Ligne 15 Sud, les lignes suivantes sont concernées :

Liaisons RTE 63kV :

- RTE Billancourt Porchefontaine 55 et 56 situé au niveau de l'emprise chantier de la gare de Pont de Sèvres.

- RTE Liaison COS 48 Fo Berthollt – Vanves 2008, de 60mm, intercepté au niveau de l'emprise de la gare de Châtillon-Montrouge.

- RTE Arrighi-Chevilly, de 63kV, intercepté au niveau de la gare de Vitry Centre.

- RTE Arrighi-Choisy-le-Roi (63kV), RTE Arrighi-Cavell (63kV), RTE Arrighi-Regha (63kV), RTE Arrighi-Pompadour (63kV), toutes interceptées au niveau de la zone industrielle des Ardoines, au niveau du poste électrique, situé en bordure du futur site de maintenance, le long du quai Jules Guesde. L'ensemble de ces lignes constituent des points de surveillance en phase chantier.

Des liaisons RTE 225kV :

- RTE Chevilly-Coriolis, de 225kV, intercepté au niveau de la gare de Vitry Centre,

- RTE Arrighi-Morbras (225kV) intercepté au niveau de la zone industrielle des Ardoines, au niveau du poste électrique, situé en bordure du futur site de maintenance, le long du quai Jules Guesde. Cette ligne constitue un point de surveillance en phase chantier,

- RTE Arrighi Colonie (225kV), au niveau de l'emprise chantier de la gare Créteil L'Echat.

Ces réseaux sont soit de surface soit situés dans les premiers mètres du sous-sol et sont peu contraignants vis-à-vis de la Ligne 15 Sud.

La sensibilité est donc considérée comme nulle au niveau du tunnel. Elle est **modérée au niveau des ouvrages interceptés** :

- La gare de Pont de Sèvres,
- La gare de Châtillon-Montrouge,
- La gare de Vitry Centre,
- Le SMI de Vitry-sur-Seine,
- La gare de Créteil L'Echât.

Ces bases chantier (en cours de définition) impacteront donc potentiellement le réseau RTE. Dans ce cas, certaines servitudes s'appliqueront :

- Le Code du Travail interdit l'approche soit directement, soit à l'aide d'engins ou de matériaux d'un conducteur nu dans le domaine Haute Tension HTB (>50 000 Volts) à une distance inférieure à 5m, hors balancement des câbles ;
- Une distance supplémentaire de 2m est recommandée en cas de surplomb accessible (terrasse, balcon, etc.) ;
- Dans le cas de circulation d'engins près de pylônes, il est demandé de « mettre en place des protections provisoires de sécurité type GBA à une distance suffisante du support » ;
- Lors de la construction de bâtiments, des dispositions particulières doivent être respectées à proximité des ouvrages électriques HTB aériens afin de se préserver des effets et des risques dus au courant électrique (champs électromagnétiques, induction, courant de défaut) […]

De plus, chaque entreprise devant réaliser des travaux sur la commune devra appliquer le décret n°91-1147 du 14 octobre 1991 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution (demande de renseignements, déclaration d'intention de commencement de travaux…).

1.7.1.7 Atteintes aux les infrastructures de transport

Les impacts éventuels sont la dégradation des infrastructures par déformation des couches géologiques due aux méthodes constructives.

Le rappel des infrastructures interceptant le tracé de référence (issu de l'état initial de l'étude d'Impact de la Ligne 15 Sud) est réalisé dans le tableau ci-dessous. Celui-ci identifie, sur la base des études préliminaires approfondies réalisées par la Société du Grand Paris, des hypothèses de traitement adéquates.

NB : L'intégralité des infrastructures recensées donneront lieu à une auscultation et une surveillance particulière pendant le passage du tunnelier.

Des conventions seront mises en place avec certains opérateurs.

Caractéristiques des infrastructures de transport interceptées par le tracé de référence
(source : Société du Grand Paris)

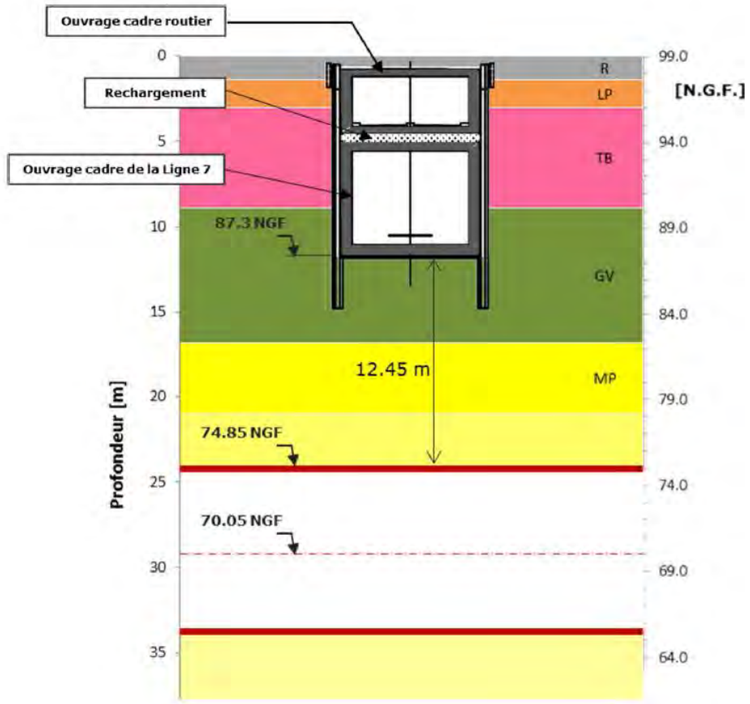
Infrastructure concernée	Nom de référence au sein des figures	Ecart entre l'infrastructure et le toit du tunnel de la (en m)	Localisation	Mesures engagées	Niveau de sensibilité
Viaduc du RER C	RER C – Issy RER	8	Au niveau de la gare Issy RER	Confortement des fondations par micropieux Réalisation de colonnes de jet-grounting	Fort
Tunnel ligne 7	Tunnel ligne 7	12.45	au niveau de la gare de Villejuif Louis Aragon, terminus de la Ligne 7.	Auscultation en surface et des ouvrages souterrains Approche observationnelle Pression de confinement adaptée	Fort
Voies RER C (correspondances souterraines)	RER C – Les Ardoines	12	au niveau de la gare des Ardoines.	Auscultation en surface et des ouvrages souterrains Approche observationnelle Confortement par deux files de 17 micropieux chacune au niveau du couloir de correspondance de la gare Limitation temporaire de vitesse lors du passage du tunnelier	Fort
RER A	RER A – Saint-Maur Créteil	40	au niveau de la gare Saint Maur Créteil.	Interruption temporaire de circulation du RER A (minimum 3 jours à chaque passage du tunnelier) et réglage de la voie après le creusement Auscultation de la voie et suivi permanant du nivellement (à long terme) Pression de confinement adaptée Dispositif d'injection de bentonite dans l'espace annulaire (le long de la jupe du tunnelier) Réglage fin de la pression d'injection du vide annulaire (mortier et bentonite le long de la jupe)	Modéré
RER E	RER E – Gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise	16.5	au niveau de la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise	Auscultation de la voie ferroviaire Limitation temporaire de vitesse lors du passage des tunneliers sous les voies du RER E	faible

Le détail de trois de ces ouvrages est développé ci-dessous.

a. <u>Passage sous le tunnel de la ligne 7</u>

Le tunnel de la ligne 7 passe en souterrain sous le carrefour de l'avenue Louis Aragon et du boulevard Maxime Gorki, dans une tranchée couverte. Celle-ci abrite également une trémie routière, récemment condamnée. Le niveau de fond de fouille de cette tranchée se situe à 12.45m au-dessus de la voûte du toit du tunnel.

Le croisement entre les deux tunnels constitue un point particulièrement sensible de la Ligne 15 Sud, les impacts structurels et fonctionnels potentiels n'étant pas négligeables (tassement et déformation).

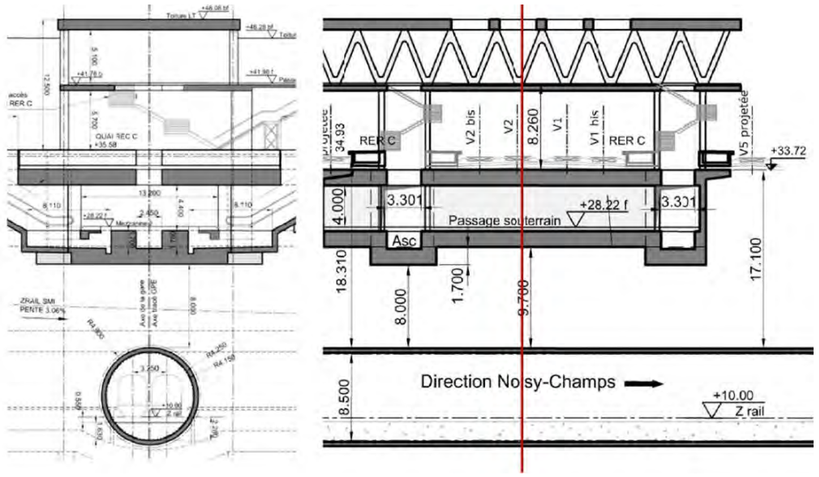


Coupe longitudinale de la Ligne 15 Sud au droit de l'intersection avec la Ligne 7 (source : Société du Grand Paris)

Le passage sous le Métro Ligne 7 nécessite donc les dispositions particulières détaillées dans le tableau précédent.

b. <u>Passage sous la gare des Ardoines</u>

La Ligne 15 Sud interfère avec le couloir souterrain de la gare des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. À ce niveau, la couverture entre le tunnel de la Ligne 15 Sud et le couloir souterrain est de seulement 9.7m (équivalent au diamètre du tunnel).



Coupes au droit de l'intersection avec la gare des Ardoines (source : Société du Grand Paris)

Les tassements simulés dans le cadre des études menées par la Société du Grand Paris mettent en évidence la nécessité de prendre des dispositions constructives spécifiques. La solution envisagée est la reprise des charges de l'ouvrage sur micropieux inclinés.

c. <u>Passage sous la gare RER E du Plessis-Trevise</u>

La Ligne 15 Sud croise l'infrastructure de la gare du Plessis-Trevise sur la commune de Villiers-sur-Marne. Au regard des études réalisées par la Société du Grand Paris, les tassements et déformations potentielles entrainées par le creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud respectent les valeurs seuils acceptables. Aucune disposition constructive n'est à mettre en œuvre.



Vue en plan de l'intersection entre la Ligne 15 Sud et la gare RER E du Plessis-Trevise (source : Société du Grand Paris)

1.7.1.8 Atteintes aux fondations des bâtiments

Les impacts directs sur les fondations des bâtiments correspondent à une destruction/déstabilisation de ces dernières par le creusement au tunnelier ou la mise en œuvre des gares et ouvrages annexes.

Globalement, les atteintes directes aux fondations seront évitées par le positionnement de l'infrastructure et son adaptation à l'existant, en particulier pour la connexion des gares au niveau des correspondances.

En ce sens, l'ensemble des études préliminaires de conception menées jusqu'à présent a permis de s'affranchir d'un certain nombre d'interactions entre le projet et les fondations de bâtis.

En outre, les études de vulnérabilité du bâtiment entreprises par la Société du Grand Paris ont permis d'apprécier la vulnérabilité du bâtiment aux déformations et vibrations pour la phase chantier, c'est-à-dire au moment du creusement par le tunnelier et lors de la réalisation de grandes excavations. La méthodologie des études de vulnérabilité du bâtiment menées par la Société du Grand Paris est détaillée dans l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud.

Les fiches de vulnérabilité s'organisent de la manière suivante :

- Les données d'entrée,
- Les déformations produite par le creusement du tunnel,
- La conclusion quant à la vulnérabilité du bâti.

En réponse à cette vulnérabilité, les fiches permettent de faire émerger les moyens à mettre en œuvre afin de la maitrisée, tant en termes de méthodes constructives adaptées à la problématique, qu'en termes de suivi, notamment d'auscultations à envisager.

Au stade actuel des études menées par la Société du Grand Paris, les conclusions quant à la vulnérabilité du bâtiment n'ont pas été réalisées. Les études permettent tout de même d'évaluer les impacts potentiels.

Ces études ont porté sur plus de 3000 bâtiments tout le long du tracé de la Ligne 15 Sud. Il n'est pas possible, dans un soucis de synthèse, de détailler les impacts bâtiment par bâtiment. Ainsi, un échantillon de dix bâtiments est développé ici et permet d'apprécier le travail effectué par la Société du Grand Paris.

Les bâtiments sélectionnés sont les même que pour l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud qui expose la sensibilité intrinsèque du bâtiment. Ces bâtiments sont les suivants :

a. <u>La tour Chenonceau</u>

La tour Chenonceau possède trois niveaux de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la tour est de 23.07m.

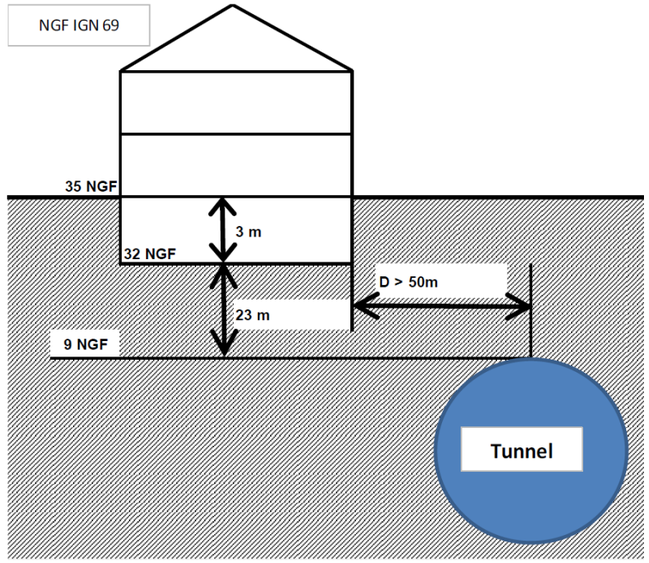


Schéma représentatif de la position de la tour par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

b. <u>Bâtiment 8-8bis place Léon Blum</u>

Le bâtiment possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la tour est de 7m.

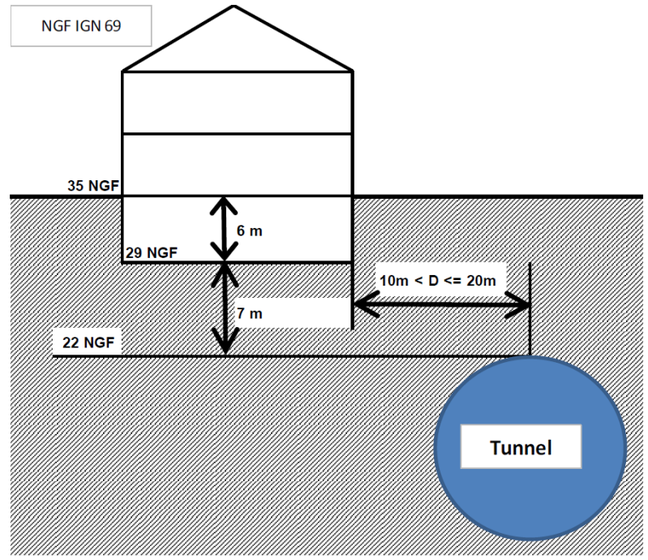


Schéma représentatif de la position du bâtiment par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

c. *Bâtiment d'habitation collective « Solaris »*

Le bâtiment possède 2 niveaux de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas du bâtiment est de 39.3m.

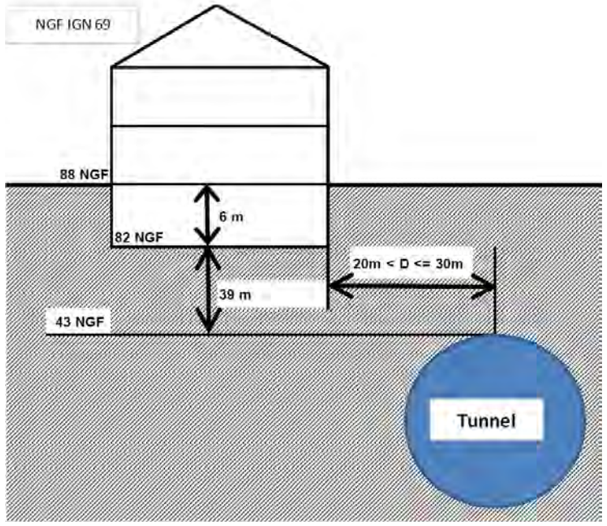


Schéma représentatif de la position du bâtiment « Solaris » par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

d. *Maison individuelle 56 rue Louis Girard*

Le bâtiment possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la maison individuelle est de 37m.

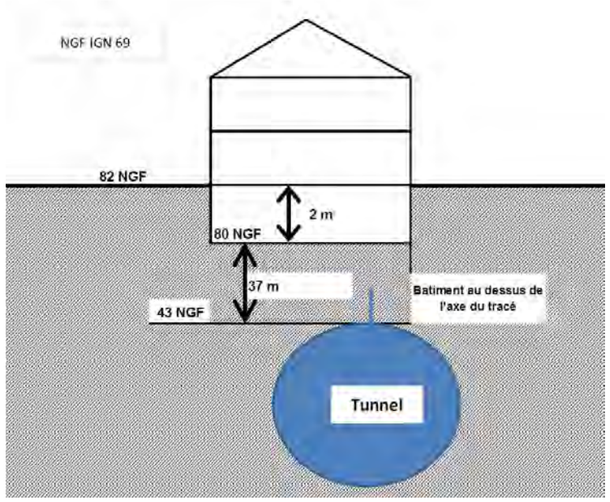


Schéma représentatif de la position de la maison individuelle par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

e. *La bibliothèque Nelson Mandela*

La bibliothèque Nelson Mandela possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 13m.

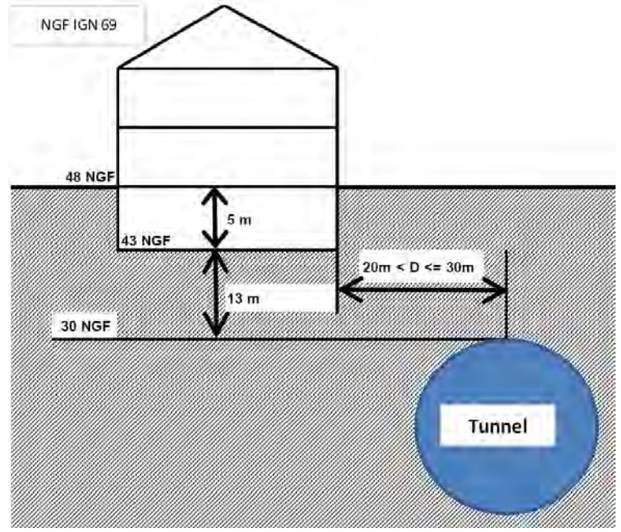


Schéma représentatif de la position de la bibliothèque Nelson Mandela par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

f. *Centrale thermique à flamme – cheminée TAC n°2*

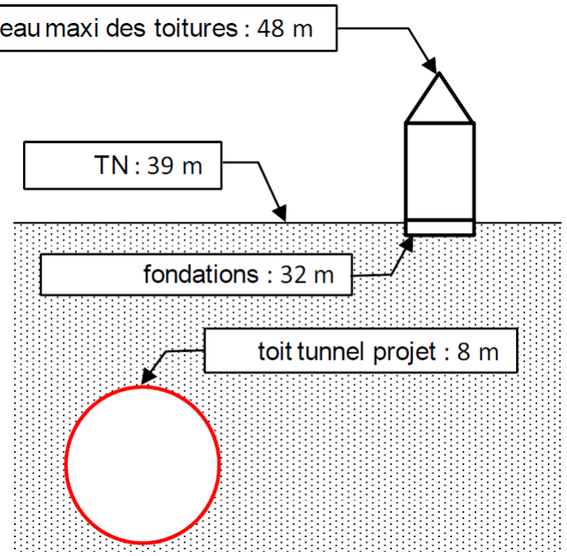


Schéma représentatif de la position de la cheminée TAC n°2 par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

g. *La cité d'habitations, Monument historique, bâti 2, Square Dufourmantelle*

Au stade actuelle des études menées par la Société du Grand Paris, aucune information n'a encore pu être fournie.

h. Bâtiment U, Henri Mondor

Le bâtiment U du CHU de Henri Mondor possède 2 niveaux de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 6m.

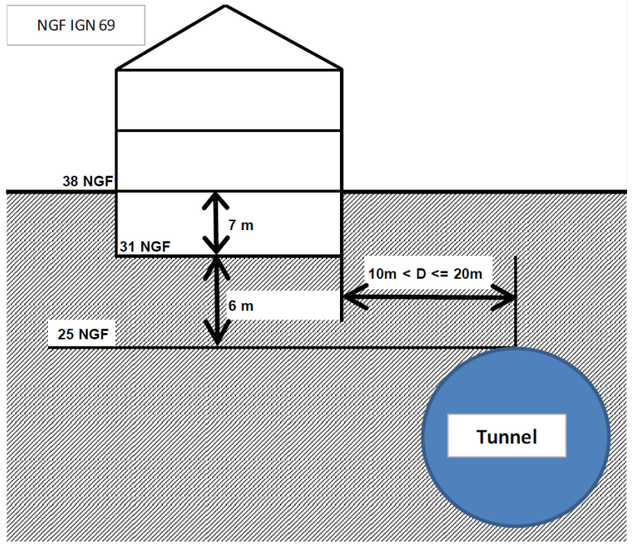


Schéma représentatif de la position du bâtiment U de Henri Mondor par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

i. Bâtiment d'habitation, 157 avenue Roger Salengro

Le bâtiment d'habitation possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 12m.

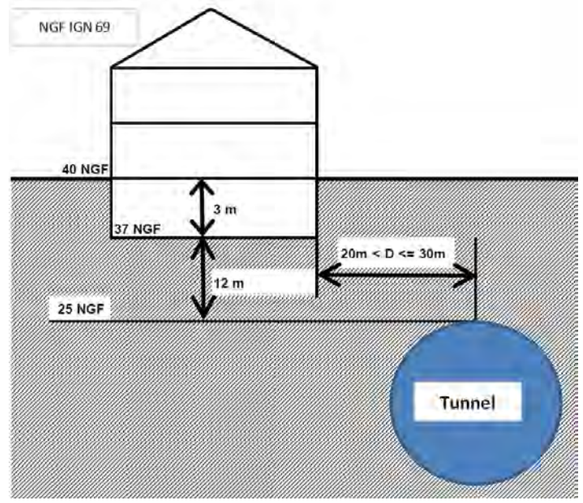


Schéma représentatif de la position du bâtiment d'habitation par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

j. Bâtiment industriel, 6-8 rue du Ballon

Le bâtiment industriel ne possède pas de niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 19m.

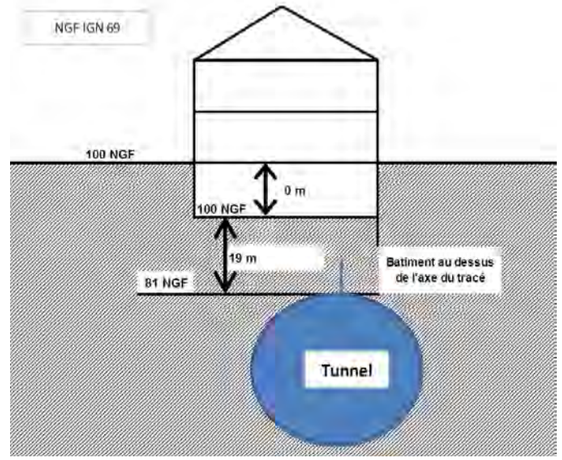


Schéma représentatif de la position du bâtiment industriel par rapport au tunnel (Source : Société du Grand Paris)

Les dispositions à prendre sur le bâtiment diffèrent au cas par cas. Ainsi les principales mesures mises en œuvre le long de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- Maîtrise de la pression de confinement lors du passage du tunnelier afin de limiter le tassement ;
- Injections de clavage à l'arrière du tunnelier ;
- Réalisation de colonnes de jet-grouting (traitement de confortement des terrains) afin de limiter les déformations à des valeurs admissibles en cas d'un fonctionnement dégradé du système de confinement du tunnelier ;
- Traitement des terrains (confortement) par injection ;
- Mesures de protection et d'étaiement temporaire ;
- Surveillance et auscultation renforcée en cours de travaux ;
- Le traitement des carrières par comblement gravitaire, clavage et injections sous pressions, afin d'éliminer les risques d'effondrement dans les carrières ainsi que la déformation du bâti ;
- La reprise en sous-œuvre (depuis les parkings).

1.7.1.9 Impacts indirects concernant les canalisations et ouvrages souterrains (hors défaut d'approvisionnement)

Les conséquences corollaires durant la phase chantier, en fonction de la nature des ouvrages, peuvent correspondre :

- 1 - Fuites des collecteurs qui peuvent à leur tour entraîner des déstabilisations de terrain et l'effondrement de certains ouvrages de surface ;
- 2 - Emanations ou explosions de gaz ou des réseaux de chaleur ;
- 3 - Pollutions liées à des fuites des canalisations de pétrole ;
- 4 - Autres pollutions liées à des fuites de canalisations ;
- 5 - Dégâts humains.

Effets indirects potentiels selon la nature des ouvrages

Effets indirects	Canalisation de gaz	Canalisation de pétrole	Grands collecteurs d'assainissement	Aqueducs	Infrastructures de transport
1			X	X	
2	X	X			
3		X			
4			X	X	
5	X	X			

Certains impacts sur les réseaux et ouvrages souterrains peuvent se cumuler par une relation de cause à effet, la déstabilisation d'un ouvrage pouvant impliquer par exemple sa destruction à moyen et long terme.

Les atteintes directes aux fondations sont évitées par le positionnement de l'infrastructure et son adaptation à l'existant, en particulier pour la connexion des gares au niveau des correspondances.

La sensibilité est considérée comme forte.

1.7.1.10 Mesures d'accompagnement

a. Mesures d'évitement et de réduction

Utilisation d'un tunnelier : La réalisation au tunnelier à pression de terre est la technique de terrassement permettant de réduire au maximum les tassements du terrain, source potentielle de désordre pour les réseaux.

Les études pourront amener à définir les mesures spécifiques suivantes (liste non exhaustive) :

- Gestion de la pression de confinement,
- Maîtrise des paramètres du tunnelier,
- Mesures de mise en sécurité en cas d'arrêt,
- Injection à l'avancement,
- Allongement du bouchon.

Ces mesures seront précisément définies dans la dernière phase d'études et en fonction des caractéristiques exactes de chaque tunnelier et des résultats des études géotechniques complémentaires qui sont prévues.

Exemple d'infrastructures concernées par les mesures liées à une utilisation spécifique du tunnelier

Infrastructure concernée	Gare ou intergare	adresse
Bâtiment	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Issy RER	1 avenue Pasteur, Issy-les-Moulineaux
Centre commercial des Trois Moulins	Issy RER – Pont de Sèvres	19 et 21, esplanade Raoul Follereau à Issy
Émissaire SIAAP	Issy RER – Pont de Sèvres	Place de la Résistance à Issy
Bâtiment	Issy RER – Pont de Sèvres	20-22-24, rue Pierre Poli à Issy
Pont Renault à Boulogne	Issy RER – Pont de Sèvres	Quai G. Gorse à Boulogne
Pomperie IDEX et pont Billard	Pont de Sèvres – St Cloud	Quai G. Gorse à Boulogne
Voies LGV et L13	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge	

Ajustement du profil en long de l'infrastructure

L'occupation du sous-sol est un des critères de base de l'établissement du profil en long de la Ligne 15 Sud.

La Société du Grand Paris, en tant que maître d'ouvrage, a l'obligation, au stade de l'élaboration du projet, de consulter le guichet unique www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr rassemblant les éléments nécessaires à l'identification des exploitants des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution (art. R. 554-20 du code de l'environnement).

Pour de nombreux ouvrages souterrains et fondations, le maître d'ouvrage a choisi de s'éloigner suffisamment pour éviter toute interaction prévisible.

D'une manière générale, l'occupation du sous-sol actuelle de la zone de projet est dense tout le long de la Ligne 15 Sud. De fait, elle interdit le passage du tunnel dans les 10 premiers mètres de sous-sol, sauf exception et/ou contrainte. Cette interdiction résulte à la fois de contraintes réglementaires de types servitudes, de contraintes normatives et de contraintes techniques. Pour l'essentiel, les canalisations GRT Gaz, SIAAP, TRAPIL et les aqueducs sont dans ce cas.

Mise en place de parois moulées à rôle structurel

Ces parois moulées au niveau des gares et des ouvrages annexes permettent d'isoler la zone de travail et donc d'éviter des atteintes aux ouvrages et fondations existants.

Leur rôle structurel améliore fortement la performance des parois moulées dans leur rôle d'écran et permet d'éviter des impacts.

En rendant insignifiants les impacts sur la piézométrie, les parois moulées permettent d'éviter les impacts liés aux tassements différentiels induits par le dénoiement (impacts indirects). En effet, cette technique assure un fond de fouille sec sans mise en œuvre de pompages, pompages entrainant des cônes de rabattement de nappes, et donc des dénoiements.

De même, en limitant la propagation des vibrations produites à l'intérieur de la boite, les parois moulées permettent d'éviter les impacts dus aux vibrations au-delà d'une distance dépendant de la conception de chaque paroi moulée.

Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions

Ces consultations sont obligatoires réglementairement (voir par exemple les articles R. 554-21 et suivants du code de l'environnement). Elles ont pour objet, à chaque stade d'avancement de la conception du projet et de la phase travaux, d'échanger sur les contraintes à prendre en compte dues à la présence des ouvrages et de rechercher des solutions partagées. Elles sont essentielles dans le cadre des objectifs de préservation absolue des réseaux concernés.

C'est pourquoi la Société du Grand Paris engagera les échanges nécessaires avec les services des gestionnaires de réseaux afin de garantir la pérennité des ouvrages, et leurs dévoiement si nécessaire.

Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols

Le but de cette mesure est de préserver en l'état les ouvrages du sous-sol. Deux catégories de solutions sont envisageables à ce stade des études :

Un dévoiement des réseaux, mené par le gestionnaire, afin de déplacer l'ouvrage dans une secteur où les incidences des travaux de la Ligne 15 Sud seront imperceptibles, ou du moins acceptable pour le maintien de l'ouvrage,

Un confortement de l'ouvrage sur site (à pied d'œuvre ou par injection), afin de renforcer sa structure et réduire sa vulnérabilité aux incidences potentielles des travaux de la Ligne 15 Sud.

- L'étaiement structurel renforcé, dit à pied d'œuvre, qui peut se réaliser suivant différentes méthodes. Celles-ci dépendent notamment des objectifs recherchés, de la nature de l'ouvrage et de l'état de celui-ci. Dans tous les cas, la définition du renforcement à mettre en œuvre nécessite une connaissance approfondie de l'ouvrage en question.

  Les différents dispositifs ont généralement pour objectif d'augmenter la rigidité de l'ouvrage (béton projeté, fibres de carbone, régénération des maçonneries, injections de clavage, cintrage, ceinturage,…) et /ou améliorer l'assise de ces fondations (par exemple avec des micropieux).

Exemple d'infrastructures concernées par les mesures de confortement ou d'étaiement temporaire de l'ouvrage

Infrastructure concernée	Gare ou intergare	Adresse
Viaduc T2	Issy RER – Pont de Sèvres	Place de la Résistance, Issy-les-Moulineaux
Bâtiment	Issy RER – Pont de Sèvres	20-22-24, rue Pierre Poli à Issy
Bâtiment R+4 et doublement de l'émissaire Sud (branche de Montrouge)	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge	
Bâtiment d'habitation collective	Arcueil-Cachan – Villejuif IGR	1, Avenue Carnot - Cachan
Intercepteur de Blagis-Cachan	Arcueil-Cachan – Villejuif IGR	

Il est également possible de protéger l'ouvrage existant avec la réalisation, par exemple, d'un écran de protection positionné entre l'ouvrage existant et le tunnel creusé. La rigidité de l'écran permet alors de limiter la propagation des tassements vers l'ouvrage existant.

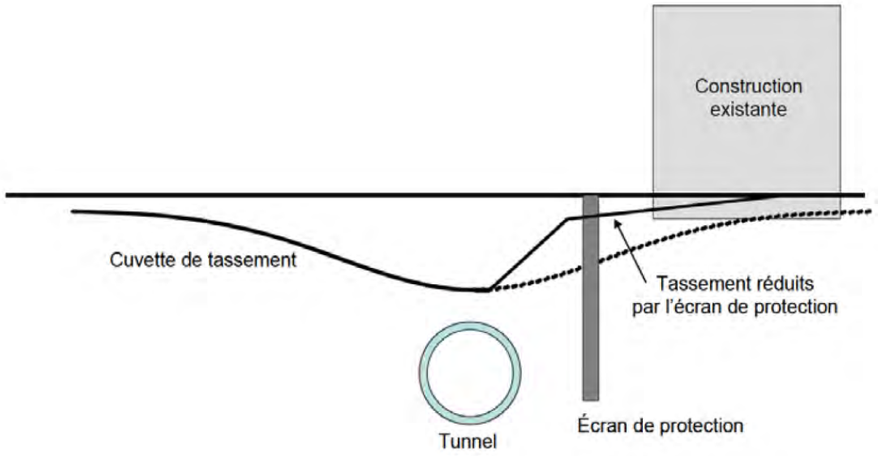


Schéma de fonctionnement d'un écran de protection (source : Société du Grand Paris)

- Le confortement des terrains. Cette méthode répond à des objectifs spécifiques qui peuvent varier suivant les nécessités du chantier et dont les principaux sont :

  - Rendre homogène du point de vue géotechnique un ensemble de couches ;
  - Améliorer les caractéristiques géo-mécaniques de terrains (rigidité, résistance, capacité portante,…) ;
  - Réduire la perméabilité d'une zone de terrain.

  Parmi les méthodes généralement utilisées pour améliorer les caractéristiques des terrains, les injections, le jet-grouting, les injections solides, les inclusions rigides et le vibro-compactage peuvent notamment être cités. La congélation permet également la réalisation d'une auréole étanche temporaire autour de l'excavation.

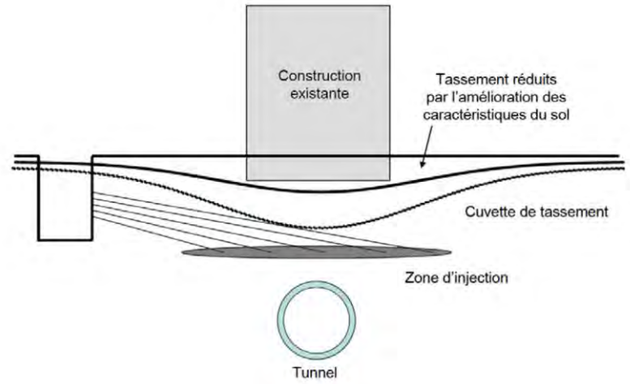


Schéma de confortement du terrain par injection (source : Société du Grand Paris)

Exemple d'infrastructures concernées par les mesures de confortement des terrains

Infrastructure concernée	Gare ou intergare	Adresse
Bâtiment R+5	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Issy RER	199 avenue De Gaulle, Vanves
Viaduc du RER C à Issy-les-Moulineaux	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Issy RER	Av. V. Cresson, Issy-les-Moulineaux
Bâtiment 61 et 51	Issy RER – Pont de Sèvres	61 et 51 rue A. Briand, Issy-les-Moulineaux
Viaduc T2	Issy RER – Pont de Sèvres	Place de la Résistance, Issy-les-Moulineaux
Bâtiment SODEXO	Issy RER – Pont de Sèvres	255 Quai de Stalingrad, Issy-les-Moulineaux
Pont Daydé à Boulogne	Issy RER – Pont de Sèvres	Quai G. Gorse à Boulogne
Bâti N-59 R+5	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge	43 bd des Frères Vigouroux
Lycée Louis Girard R+4	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Chatillon-Montrouge	85, rue Louis GIRARD, 92240 Malakoff
Émissaire Sud 2ième Branche	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge	21 ter Boulevard de Stalingrad, Halls 1 et 2 – Malakoff
Doublement de l'émissaire Sud	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge	28 Boulevard de Stalingrad, Halls 5 et 6
Voies LGV et L13	Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Châtillon-Montrouge	
Immeubles de la Tannerie	Bagneux – Arcueil-Cachan	Rue de la Mégisserie – Bagneux

Infrastructure concernée	Gare ou intergare	Adresse
Bâtiment en sortie de gare d'Arcueil-Cachan	Arcueil-Cachan – Villejuif IGR	15, Avenue Carnot - Cachan
Bâtiment d'habitation collective	Arcueil-Cachan – Villejuif IGR	1, Avenue Carnot - Cachan
Intercepteur de Blagis-Cachan	Arcueil-Cachan – Villejuif IGR	
Bâtiment et réseaux Egout profond et Bièvre	Arcueil-Cachan – Villejuif IGR	21-25 rue Camille Desmoulins

D'autres méthodes plus particulières peuvent également être mise en œuvre. Il s'agit de systèmes complexes nécessitant souvent des travaux lourds qui permettent, lorsqu'ils sont bien conçus, de limiter fortement l'impact des tassements. Leur mise en œuvre peut être contraignante pour le projet et doit être étudiée de façon détaillée. Ces dispositifs sont souvent mis en œuvre lorsque les méthodes « classiques » de confortement, évoquées précédemment, ne sont pas applicables ou insuffisantes. Les principales méthodes possibles sont les suivantes :

- L'injection de compensation
- L'équipement du bâti par un système de vérins
- Le tablier auxiliaire

Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages

Le processus normalisé des études géotechniques (norme NF P 94 500) n'a pas été totalement déroulé pour la phase de conception. La mission G1 de reconnaissance générale et de caractérisation géotechnique des strates géologiques a été réalisée en 2012/2013.

Les missions géotechniques G2 en phase conception sont entreprises.

Ces études géotechniques avancées, qui seront nécessairement réalisées dans les phases d'étude avant travaux auront pour objectif principal de déterminer les mesures à mettre en œuvre dès le processus de construction en phase chantier pour réduire les impacts potentiels.

Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés

Les études complémentaires ou réglementaires à effectuer afin de limiter les risques et impacts du projet sur les réseaux et ouvrages enterrés sont toutes les études nécessaires à une connaissance précise et exhaustive de la nature, des caractéristiques, du nombre, de la localisation des réseaux et ouvrages enterrés.

Il s'agit notamment :

- De la cartographie de la nature, des caractéristiques, du nombre, de la localisation des réseaux et ouvrages enterrés ;
- Des impacts locaux du projet sur chaque ouvrage voisin ;
- Des mesures de sécurité que le projet doit intégrer. Les dispositions de la circulaire BSEI n°06-254 du 4 août 2006 relative aux porter-à-connaissance dans ce domaine sont à prendre en compte.

Suivi topographique de l'avancement des travaux

- Un suivi topographique de l'avancement du creusement du tunnel sera mis en place afin que les travaux correspondent parfaitement au tracé du dossier projet : le creusement sera surveillé et assisté par un programme de suivi et d'auscultation des déformations induites au niveau des ouvrages.

- Dès qu'une déformation anormale sera constatée, un diagnostic sera apporté afin de déterminer les mesures curatives à mettre en œuvre.

- Cette mesure permettra d'éviter les interactions non voulues (car déviation du tracé initial) entre le projet et les réseaux, infrastructures et fondations non identifiées au stade de la présente étude d'impact.

b. Effets résiduels

L'ensemble des mesures d'évitement et de réduction devront viser à empêcher tout impact résiduel.

Toutefois, l'ensemble des impacts ne sera pas maîtrisé dans leur intégralité, notamment vis-à-vis des fondations de bâtis où les données ne sont pas facilement accessibles en raison notamment de l'ancienneté des bâtiments considérés.

A noter que sur la majeure partie du linéaire, le tunnel est implanté à une profondeur suffisamment importante pour que les interactions avec les fondations apparaissent relativement faibles.

c. Mesures de compensation aux effets résiduels

Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement

La seule mesure de compensation envisageable est l'indemnisation des effets résiduels non acceptables, soit sous forme financière directement, soit sous forme de relogement (habitation, locaux divers, remplacement de réseau), soit par le paiement de travaux permettant une réparation définitive.

d. Mesures de suivi dans le temps

Suivi des mouvement de terrain

Les mouvements de terrain engendrés par la construction d'un ouvrage sont mesurables par des méthodes d'auscultation en surface et en profondeur, ce qui permet d'évaluer les conséquences du creusement. Les méthodes d'auscultation peuvent être adaptées en fonction de la sensibilité d'une zone, elle-même déterminée en fonction de la sensibilité des avoisinants vis-à-vis des mouvements de terrain. Le suivi des tassements du terrain au cours du creusement permet à la fois de connaître les conséquences du creusement et d'adapter les paramètres de creusement pour maîtriser au mieux les impacts sur les avoisinants.

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, le suivi des auscultations suivant quatre types de zones et méthodes est préconisé:

- Sur le fuseau élargi du projet, un nivellement topographique de précision de quelques points et des bâtis identifiés est conduit à intervalle régulier. De plus, les bâtis sensibles sont aussi suivis par le biais de tiltmètres ou d'électronivelles et, dans le cas où le bâti est fissuré, des fissuromètres permettent de suivre l'état de la fissuration.

- Dans la zone d'influence du tunnel, sur les 33 km de tracé du tunnel, des sections de nivellement sont mises en place perpendiculairement au tracé et à intervalle régulier. Ces points topographiques sont relevés régulièrement sur l'ensemble du tracé et des mesures

renforcées sont effectuées en amont et en aval de la roue de coupe lors du passage du tunnelier.

- À l'approche des points de passage particuliers, soit environ cent quarante zones, des sections de mesures renforcées doivent être mises en place. Ces sections couplent un nivellement de précision avec des tassomètres multiples et des inclinomètres. Les données sont automatiquement acquises et traitées, ce qui permet d'analyser les conséquences du passage du tunnelier et d'adapter au mieux les paramètres de creusement pour le passage des ouvrages sensibles.

- Pour les points durs, soit environ quarante zones, dont un contrôle renforcé et continu est nécessaire, un contrôle topographique continu (3D Monitoring) doit être mis en place. Il s'agit d'un nivellement de précision automatique, intégrant l'acquisition et le traitement des données en plus d'un système d'alerte automatique. Ce contrôle permet une grande réactivité en cas de franchissement des seuils d'alerte.

- Cette dernière mesure permettra d'éviter les interactions non voulues (car déviation du tracé initial) entre le projet et les réseaux, infrastructures et fondations non identifiées au stade de la présente étude d'impact.

Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés

Ce suivi sera effectué durant les différentes phases de construction de l'infrastructure, les entreprises de Maitrise d'œuvre assisteront la Société du Grand Paris.

Monitoring géotechnique

Les missions géotechniques G3, G4 et G5 en phase travaux permettront de mettre en place un monitoring géotechnique ayant pour objectif de détecter tout problème de cette nature et de prendre les dispositions nécessaires pour y remédier. La conception de ce monitoring reposera sur les bases suivantes :

- identification des éléments sensibles une fois la conception terminée,
- pose de capteurs permettant de détecter des grandeurs caractéristiques : mouvement de sol, mouvement d'ouvrage, variation de pente dans un collecteur,
- Suivi pendant le chantier de ces capteurs,
- Définition et application d'une procédure d'alerte en cas d'anomalie.

1.7.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant l'occupation du sous-sol

1.7.2.1 Impacts directs et indirects

Les incidences du projet en phase exploitation étant issues essentiellement des vibrations émises, elles sont décrites dans la partie dédiée aux vibrations.

1.7.2.2 Mesures d'accompagnement

a. Mesures d'évitement

Aucune mesure d'évitement n'est nécessaire.

b. Mesures de réduction

Aucune mesure de réduction n'est nécessaire.

c. Effets résiduels

Il n'y a donc pas d'effet résiduel.

d. Mesures de suivi dans le temps

Monitoring géotechnique

Le monitoring mis en place en phase travaux sera prolongé au moins sur la période de démarrage de la phase d'exploitation pour s'assurer de l'absence d'effet résiduel en cours d'exploitation.

1.7.3 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'occupation du sous-sol

Les ouvrages et fondations présents dans le sous-sol sont les véritables cibles d'impacts localisés. En effet, les désordres engendrés dans le sous-sol ont, sauf exception, des effets négatifs faibles à forts sur ces ouvrages.

Les principaux impacts sur les réseaux correspondent à :

- La destruction et/ou la dégradation des réseaux, des infrastructures et des fondations de bâtiments directement par atteinte à ces derniers, tout le long du tracé.
- Indirectement, aux fuites des différents réseaux et collecteurs entrainant d'éventuelles pollutions, émanations et explosions susceptibles de porter atteintes à l'environnement proche et à la santé humaine des intervenants sur chantier.
- Indirectement, au dérangement du sous-sol et mouvements entraînants fissurations, effondrements, voire ruptures.

Les principales mesures mises en œuvre pour éviter, réduire ou compenser les impacts précitées sont les suivantes :

- Rappel : Les méthodes constructives liés au projet, évitant les dérangements du sous-sol notamment lié au mouvement de terrain et aux variations de la piézométrie des nappes,
- La consultation systématique des gestionnaires de réseaux en amont des travaux,
- Aux missions géotechniques approfondies permettant une meilleure caractérisation des propriétés du sous-sol. Sur certains secteurs, le contexte local conduira à poursuivre ces suivis en phase exploitation de manière à pouvoir prendre les dispositions nécessaires pour intervenir,
- À procéder à une collaboration entre maîtres d'ouvrage concernant les projets tiers avoisinants identifiés.

En cas de dégâts non évitables, notamment concernant les fondations de bâtis, des mesures compensatoires d'indemnisation et/ou de relogement seront à prévoir.

Synthèse des impacts et mesures associées concernant l'occupation du sous-sol – phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet		Mesures
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence de réseaux souterrains et fondation de bâti (réseaux CPCU, gaz, SIAAP, électricité, bâtiments de grande hauteur)	GRT Gaz	Pont de Sèvres : interception d'une canalisation de diamètre 300mm		**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **Mesures de compensation** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **Mesures de suivi** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
			OA Place de la Résistance : interception d'une canalisation de diamètre 600mm		
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Pont de Sèvres : interception de deux canalisations IDEX de 500mm de diamètre chacun		
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	Pont de Sèvres : interception de la liaison 63kV Billancourt Porchefontaine		
		Eau usée	Tunnel :	6m de distance avec le réseau unitaire Boulogne Rive Droite (SEVESC)	
				7m de distance avec le siphon Sèvres-Boulogne	
				6m de distance avec l'émissaire sud 2ième branche SIAAP	
				7m de distance avec l'émissaire Issy Sud & Nord (SEVESC)	
			Pont de Sèvres et OA Place de la Résistance : proximité immédiate avec l'émissaire SERO		
		Infrastructures de transport	Tunnel et gare Issy RER : Fondations du viaduc RER C		
		Bâti	Tunnel : Présence dense de bâtiments de moyens à grande hauteur		

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet		Mesures
Issy RER à Arcueil Cachan	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés		**Mesures d'évitement et de réduction** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **Mesures de compensation** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **Mesures de suivi** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Bagneux : Interception de trois canalisations de diamètre 250, 125 et 80mm		
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	Châtillon-Montrouge : interception de la liaison RTE 63kV COS 48 Fo Berthollt – Vanves 2008		
		Eau usée	Tunnel :	5.6m de distance avec l'émissaire Sud 2ième branche SIAAP (à proximité de Châtillon-Montrouge)	
				3.9m de distance avec le doublement de l'émissaire sud 2ième branche (antenne de Montrouge)	
				4m de distance entre l'émissaire Sud 2ième branche SIAAP (à l'est de l'OA Robespierre)	
				2.7m de distance avec l'intercepteur de Blagis-Cachan (à l'est de l'OA Robespierre)	
				5.6m de distance avec le réseau profond de Cachan (à l'est de l'OA Square Général de Gaulle)	
		Infrastructures de transport	Tunnel et ouvrages non concernés		
		Bâti	Tunnel : Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés		
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Tunnel et ouvrages non concernés		
		Eau potable	Tunnel : Interception des aqueducs du Loing, de la Vanne et du Rungis		
		RTE	Vitry Centre : Interception des liaisons : 63kV Arrighi-Chevilly, 225kV Chevilly-Coriolis		
		Eau usée	Tunnel :	Le tunnel longe en parallèle l'émissaire de Villejuif R2 (entre Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre)	
				Plus de 10m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (au nord-ouest de la gare de Vitry Centre)	
		Infrastructure de transport	Tunnel et gare Villejuif Louis Aragon: Passage sous le tunnel du Métro Ligne 7		
		Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur		

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet		Mesures
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence dense de réseaux souterrains et fondations de bâtis (réseau CPCU, Dalkia, réseau TRAPIL, réseaux de gaz, réseaux SIAAP, réseaux de transport d'électricité, bâtiments de grande hauteur) au niveau des communes de Vitry-sur-Seine et Créteil, et particulièrement sur le secteur des Ardoines et de Créteil l'Echat.	GRT Gaz	OA Friche Arrighi : interaction possible entre les installations d'évacuation des déblais et deux canalisations de 300 et 600mm de diamètre		**<u>Mesures d'évitement et de réduction</u>** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **<u>Mesures de compensation</u>** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **<u>Mesures de suivi</u>** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
			Le Vert de Maisons : interception d'une canalisation de diamètre 300mm		
			OA Avenue Roger Salengro : interception d'une canalisation de diamètre 200mm		
			Puits d'attaque tunnelier du SMR de Champigny : proximité d'une canalisation de diamètre 100mm		
		TRAPIL	Tunnel : présence d'un réseau TRAPIL entre la gare des Ardoines et l'OA Friche Arrighi, à 1m sous le TN		
		CPCU et réseaux de froid	Les Ardoines : interception de deux canalisations CV Distrib de diamètre 250 et 350mm		
			Créteil l'Echat : interception d'une canalisation double (deux fois 250mm de diamètre) du réseau Dalkia + proximité avec la chaufferie		
		Eau usée	Tunnel :	8m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (entre la rue Louis Marchandise et l'avenue Albert Thomas à Vitry-sur-Seine)	
				Distance importante avec l'émissaire SIAAP Rive Droit S. (quais Jean-Baptiste Clément, commune d'Alfortville)	
				7m de distance environ avec l'émissaire SIAAP VL9 (à l'est de Le Vert de Maisons)	
				Le tunnel longe parallèlement l'émissaire SIAAP VL3b (Saint-Maur – Créteil)	
				Distance importante avec l'émissaire SIAAP VL3c (quai de Halage, Saint-Maur-des-Fossés)	
				5m de distance avec l'émissaire SIAAP NCSM (rue Charles Floquet, à Joinville-le-Pont)	
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	SMI Vitry : présence dense de liaisons (4 de 63kV, 1 de 225kV) Créteil L'Echat : Interception de la liaison 225kV Arrighi Colonie		
		Infrastructures de transport	Tunnel et gare Les Ardoines : Passage sous les voies du RER C et les correspondances souterraines de la gare RER des Ardoines Tunnel et gare Saint-Maur – Créteil : Passage sous le RER A		
		Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur		

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet	Mesures
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence ponctuelle de réseaux souterrains et fondations de bâtis (bâtiment de très grande hauteur avec fondations potentiellement profondes, réseaux SIAAP, réseaux de gaz)	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés	**<u>Mesures d'évitement et de réduction</u>** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Études géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **<u>Mesures de compensation</u>** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **<u>Mesures de suivi</u>** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés	
		CPCU et réseaux de froid	Tunnel et ouvrages non concernés	
		Eau usée	Tunnel : Distance importante avec l'émissaire Marne Aval (à l'ouest de la gare de Bry-Villiers-Champigny)	
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés	
		RTE	Tunnel et ouvrages non concernés	
		Infrastructures de transport	Tunnel: Passage sous le RER E et la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise	
		Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur jusqu'à la gare de Bry-Villiers-Champigny puis enjeu modéré	

Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol – phase exploitation

Éléments concernés	Zones impactées si spécifiquement localisées	Éléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut avant l'application des mesures	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Ensemble des réseaux et fondations identifiés sur le linéaire	Ensemble du linéaire	Tunnel	*<u>Impact direct</u>* Lié aux aspects vibratoires	Peu quantifiable	*<u>Évitement</u>* néant *<u>Réduction</u>* néant *<u>Suivi</u>* Suivi des propriétés du sous-sol au travers de la déformation du tunnel	néant	néant

1.7.4 Coûts liés aux mesures d'accompagnement relatives à l'occupation du sous-sol

1.7.4.1 Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure
Ajustement du profil en long	Intégré aux coûts des études préliminaires
Mise en œuvre de parois moulées	Intégré au coût du projet – Ces parois moulées ont aussi un rôle structurel de mur porteur externe de la gare ou du puits
Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions	Évalué lors des études ultérieures
Études géotechniques approfondies pour les passages à proximité de fondations profondes	Évalué lors des études ultérieures
Études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés	Évalué lors des études ultérieures
Suivi topographique de l'avancement des travaux	Intégré à la gestion du chantier
Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement	Évalué lors des études ultérieures
Monitoring géotechnique	Intégré au coût des travaux

1.7.4.2 Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure
Monitoring géotechnique	Très variable selon les choix du maître d'ouvrage

1.8 Gestion des terres et des milieux pollués

Dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud, plusieurs chantiers ponctuels seront conduits en parallèle et se traduiront par l'excavation d'une quantité importante de terre, polluées ou non. Ces terres ne pourront pas toujours être gérées sur site et devront alors être évacuées hors du chantier, selon la réglementation sur les déchets et les documents de planification en vigueur. Il s'agit de définir les conditions en matière de gestion des matériaux et des milieux souterrains garantissant la protection de la santé humaine et de l'environnement.

1.8.1 Gestion des déblais

1.8.1.1 La planification et la définition des orientations de gestion des matériaux excavés engagées par la Société du Grand Paris

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport. Ces réflexions, déclinées pour chaque ligne, ont été traduites dans un document spécifique, le Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED), réalisé en 2013.

Le SDED est un document de cadrage qui définit les engagements du maître d'ouvrage et fixe les grands principes de gestion des déblais issus de la construction des lignes du Grand Paris Express. Ces principes ont été déclinés dans les études de projet par la maîtrise d'œuvre et seront traduits dans les cahiers des charges des marchés publics de travaux pour la réalisation des chantiers par l'intégration de clauses spécifiques.

La stratégie de gestion prévue et formalisée dans le SDED s'articule autour de cinq orientations principales :

- **Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré)** et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- **Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement** et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- **Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais** en limitant le stockage définitif des terres inertes notamment, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- **Développer la synergie entre les acteurs et le territoire** afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes, notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;
- **Organiser le suivi opérationnel des chantiers** en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

Les principes de gestion des déblais à partir de chaque site de production sont affinés au fur et à mesure des étapes du projet. En phase de maîtrise d'œuvre, la Société du Grand Paris s'est adjoint les conseils d'un assistant à maîtrise d'ouvrage spécialisé en logistique et en gestion des déblais, afin d'aller plus loin dans la démarche de planification et pour concevoir des scénarios de gestion adaptés aux territoires d'implantation des projets.

Ce travail engagé s'articule autour de quatre axes principaux :

- La maîtrise du contexte règlementaire de la gestion des terres excavées, et notamment de ces évolutions ;
- La définition plus fine des caractéristiques physico-chimiques des déblais, d'une part pour préciser site par site les quantités de déblais non inertes et d'autres part pour estimer les possibilités de valorisation et de réemploi en matériaux de construction. La méthodologie mise en œuvre est détaillée dans la suite du chapitre ;
- La structuration de la gestion des terres afin de maîtriser et développer les filières (recyclage, traitement, valorisation, stockage, transport) à des échelles adaptées au projet du Grand Paris Express et maitriser la traçabilité ;
- L'implication du maître d'ouvrage dans l'élaboration des marchés de travaux pour ne pas laisser l'entière planification de la gestion aux entreprises.

L'application de ces principes et objectifs pour la Ligne 15 Sud est détaillée dans les paragraphes ci-dessous.

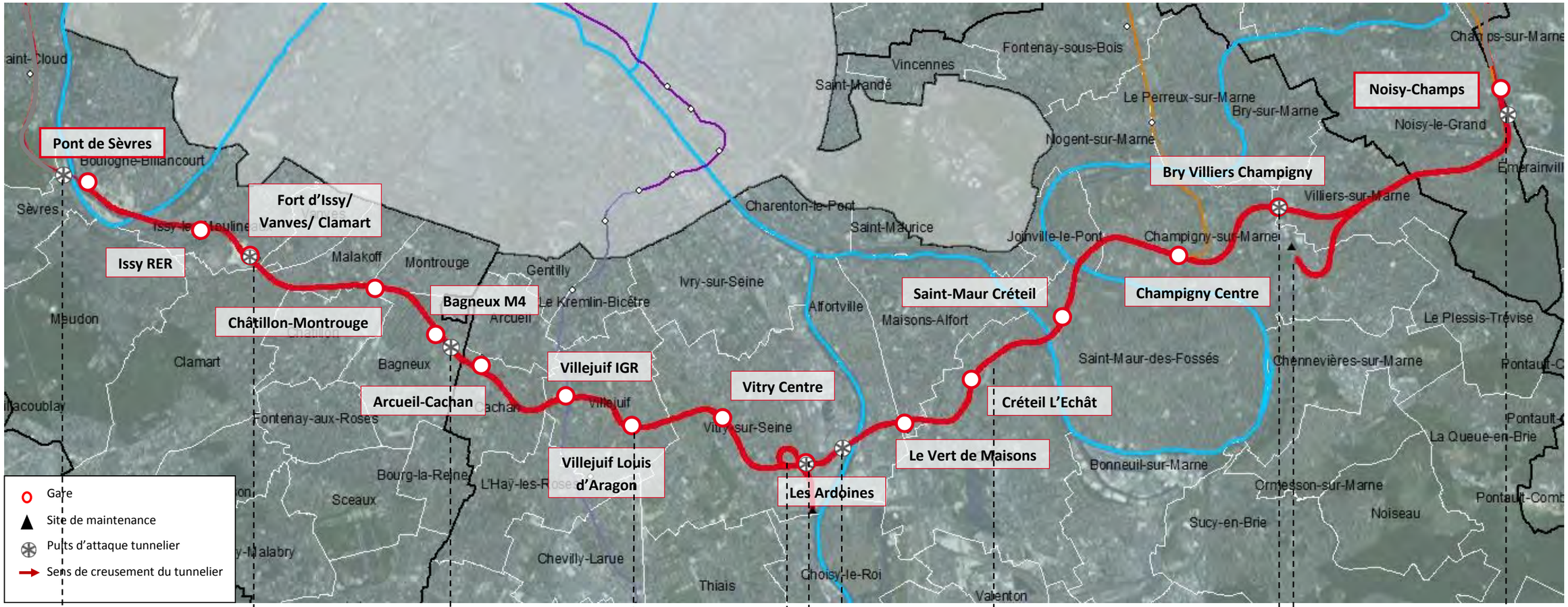
1.8.1.2 L'excavation des déblais

a. <u>Impacts en phase chantier</u>

La réalisation du projet de métro souterrain de la Ligne 15 Sud sera à l'origine de la production de déblais liée d'une part au creusement des tunnels par la technique des tunneliers et, d'autre part aux travaux de terrassement des gares et autres ouvrages de surfaces nécessaires au fonctionnement de la ligne.

L'utilisation de tunneliers nécessite la création en phase travaux d'ouvrages spécifiques, les puits d'entrée de tunnelier (également appelés puits d'attaque) permettant de descendre et d'assembler les éléments des tunneliers pour démarrer le creusement. C'est à partir de ces sites que les déblais générés par le creusement du tunnelier sont sortis. De la même façon, des puits de sortie doivent être créés afin de pouvoir démonter le tunnelier une fois le creusement terminé. Les principes de creusement du linéaire du tunnel et ces puits sont schématisés sur la figure ci-dessous.

Principes de creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud et identification des puits d'entrée de tunnelier (source : Société du Grand Paris)



Chaque site (gare, puits d'entrée/sortie de tunnelier, ouvrage annexe et atelier) représente un point ponctuel de production de déblais. Les quantités de déblais excavés pour chaque site de production à l'échelle de la Ligne 15 Sud sont détaillées dans le tableau ci-dessous. Les données sont issues des études d'avant-projet établies par le maître d'œuvre.

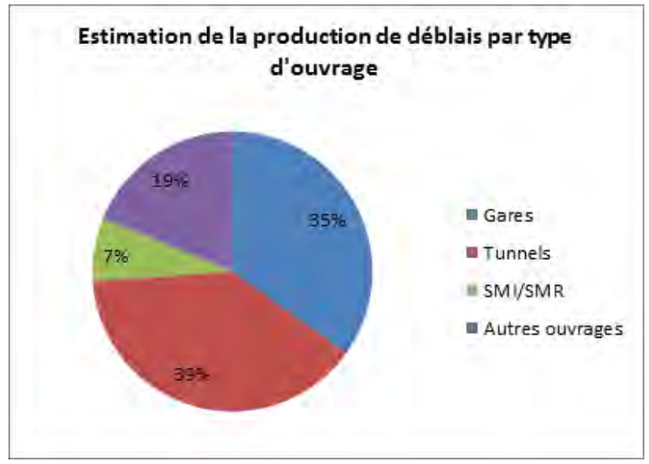
Pour les tunnels, la quantité de volume de terres excavées correspond au produit de la section du tunnelier par la longueur du linéaire de tunnel creusé. Pour les gares et autres ouvrages de surface, il s'agit du produit de la profondeur par rapport au terrain naturel par la surface, qui dépend de la forme de chaque ouvrage.

Estimation de la production de déblais de la Ligne 15 Sud par site d'extraction
(Source : Société du Grand Paris)

Sites d'extraction	Ouvrages concernés	Volume estimé en m³ en place[3]
Puits d'entrée OA 2301P-Ile de Monsieur	Puits + tunnelier	330 000
Gare Pont de Sèvres	Gare	193 500
Gare Issy RER	Gare	126 000
Gare Fort d'Issy /Vanves/Clamart	Gare + tunnelier	425 000
Gare Châtillon-Montrouge	Gare	141 500
Gare Bagneux	Gare	147 000
Puits d'entrée OA 1801P-Parc Robespierre	Puits + tunnelier	341 000
Gare Arcueil-Cachan	Gare	119 000
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy	Gare	250 500
Gare Villejuif Louis Aragon	Gare	100 000
Gare Vitry Centre	Gare	106 000
Gare Les Ardoines	Gare + tunnelier débranchement SMI	150 000
Débranchement SMI	Ouvrage de débranchement SMI	94 000
SMI de Vitry	Site de maintenance	42 000
Puits d'entrée OA 1302P-Friche Arrighi	Puits + tunneliers	563 000
Gare Le Vert de Maisons	Gare	123 000
Gare Créteil L'Echât	Gare	90 000
Gare Saint-Maur Créteil	Gare	107 000
Gare Champigny Centre	Gare	110 000
Entonnement ligne rouge/orange	Ouvrage spécial	142 000
SMR de Champigny	Site de maintenance	403 000
Entonnement SMR	Ouvrage de débranchement vers le SMR	138 000
Gare Bry Villiers Champigny	Gare + tunnelier	624 000
Avant-gare de Noisy-Champs	Ouvrage + tunneliers	641 000
Gare Noisy-Champs	Gare	121 000
Arrière-gare de Noisy-Champs	Ouvrage	168 000
Ouvrages annexes (hors puits d'entrée tunnelier)	Ouvrages annexes	299 000
	Total	**6 094 000**

Le volume de déblais à excaver dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud est estimé à environ 6 millions de m³, soit près de 12 millions de tonnes (sur la base d'une densité de 2 t/m³)**.**

Les principaux travaux générateurs de déblais sont la construction du tunnel qui représente 39 % du volume total et les gares avec 35 % du volume. Le reste des déblais provient essentiellement de la réalisation des ouvrages annexes, des ateliers de maintenance et de l'avant et arrière gare de Noisy-Champs.



Répartition de la production des déblais par ouvrage
(Source : Société du Grand Paris)

[3] *volume de terre avant l'intervention des opérations d'excavation. Une fois les terres excavées, le matériau augmente de volume et est affecté d'un coefficient de foisonnement de 1,2 pour les terres du tunnelier et de 1,3 pour les ouvrages réalisées en méthode traditionnelle (1 m³ en place occupera pour les terres du tunnel un volume de 1,2 m³ lors de son déplacement et 1,3 m³ pour les autres ouvrages).*

b. Mesures d'évitement et de réduction associées à l'excavation des déblais

Toutes les mesures destinées à limiter les risques et nuisances potentiels pour les riverains et l'environnement et à en réduire la durée font partie intégrante de la réflexion engagée par la Société du Grand Paris.

La première étape dans la conception du projet a consisté à réduire la quantité des volumes à excaver. Cela se traduit essentiellement par :

- **Le choix de l'utilisation de la technique du tunnelier** : cette méthode mécanique permet d'éviter la réalisation de tranchées et l'excavation des terres depuis la surface dans un contexte d'insertion urbaine dense. Elle permet de réduire le linéaire du tunnel reliant les gares car sa construction n'est pas contrainte par le bâti de surface. Seuls les volumes de la section du tunnel sont à excaver.
- **L'optimisation du dimensionnement des ouvrages** : la conception, le dimensionnement et les principes de réalisation des ouvrages ont été adaptés et affinés dans les différentes phases d'étude du projet afin de réduire les volumes à excaver (remontée du niveau des tunnels pour réduire la profondeur des gares, réduction de la longueur des gares …). Ainsi, entre les études préliminaires et l'AVP-b, le volume global à excaver a pu être réduit. Le volume estimé pour la construction des gares a globalement diminué de 2% entre ces deux stades d'études, tandis que le volume associé aux tunnels a diminué de 7%. À titre d'exemple, l'optimisation de la gare Villejuif IGR permet d'éviter l'excavation d'environ 55 000 m^3.

- **La mutualisation des ouvrages** : la Société du Grand Paris a cherché autant que possible à mutualiser la création des puits d'attaque/sortie de tunnelier avec les ouvrages destinés à rester en service lors de la phase d'exploitation pour éviter la production de déblais supplémentaires. Ces puits ont ainsi pu être intégrés aux volumes des boites gares ou pourront être réutilisés en phase d'exploitation comme ouvrage annexe.

1.8.1.3 Qualité des déblais excavés

a. Impacts liés à la qualité des déblais

Dans la zone d'étude restreinte, urbanisée de longue date il existe un risque de découverte de sols pollués par l'activité humaine dans les horizons superficiels du sol, principalement en lien avec les travaux des gares et autres ouvrages du projet construits depuis la surface.

L'analyse des bases de données nationales BASIAS et BASOL dans l'état initial a mis en évidence des enjeux principalement localisés au niveau des secteurs industriels du Sud de l'agglomération parisienne (Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Alfortville) ainsi que les anciens secteurs industriels de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux. Le risque de découverte de sols pollués dans ces secteurs est donc élevé.

Les principaux polluants qui peuvent être rencontrés sont d'origine anthropique, et, de ce fait, sont épandus en surface et peuvent être entraînés dans le sous-sol avec l'infiltration des eaux. Il s'agit notamment :

- des métaux et métalloïdes, qui sont peu mobiles dans les sols et sont donc principalement localisés dans les horizons de surface ;
- des hydrocarbures, qui peuvent migrer en profondeur, mais s'arrêtent au niveau du toit de la nappe souterraine du fait de leur faible densité ;
- des solvants halogénés chlorés (COHV) qui peuvent migrer en profondeur à travers les eaux souterraines et s'accumuler à la base des nappes.

Les sols situés sous le niveau de la nappe ne présentent ainsi pas de risque de pollutions aux métaux et hydrocarbures, mais ils sont sensibles aux pollutions aux solvants halogénés chlorés.

Les volumes de terres issues du creusement du tunnel situés sous le niveau de la nappe ne présentent donc un risque de pollution que si la nappe est polluée aux solvants halogénés chlorés. Les déblais extraits pour la construction, depuis la surface, des ouvrages avec émergences ou des sections de tunnel construites en tranchée couverte sont en revanche susceptibles d'être pollués.

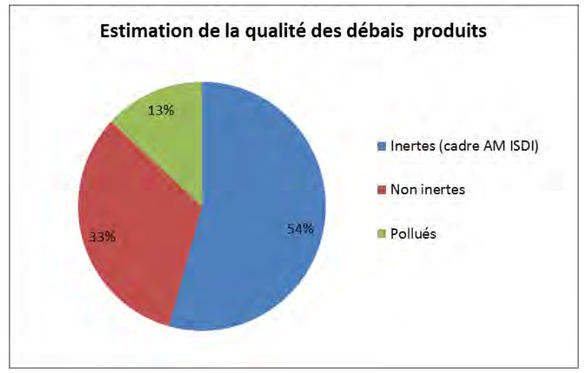
La quantité et la qualité (inerte ou non, pollué ou non) des terres excavées ont été évaluées par les maitres d'œuvre sur la base du stade actuel des études (AVP-b). Dans l'attente de plans de gestion plus précis, les hypothèses majorantes principales retenues sont les suivantes :

- Les cinq premiers mètres des terrains (remblais et éboulis) ont été considérés comme pollués ;
- Toutes les formations géologiques potentiellement sulfatées ont été considérées comme non inertes.

Estimation de la nature et de la qualité des déblais de la Ligne 15 Sud (source : Société du Grand Paris)

Horizons géologiques traversés au droit de la Ligne 15 Sud	Qualité présumée des matériaux excavés (m^3 en place)			Méthode d'excavation (% volume)	
	Inertes	Non inertes	Pollués	traditionnelle	tunnelier
Remblais	45 000	0	573 040	100 %	0
Alluvions Modernes et Eboulis	52 494	0	75 500	99%	1%
Alluvions Anciennes	286 120	0	34 500	99%	1%
Calcaire de Brie	119 794	0	500	100 %	0
Argile Verte	233 814	0	0	100 %	0
Marnes Supragypseuses - Marne de Pantin	24 100	178 895	0	81 %	19%
Marnes Supragypseuses - Marne d'Argenteuil	0	670 675	0	76%	24%
Marnes et masses du gypse	0	256 375	0	31%	69%
Calcaire de Champigny	646 911	0	0	41%	59%
Marnes infragypseuse	0	36 229	0	100%	0
Sables verts	15 714	0	0	100%	0
Marno-calcaire de Saint-Ouen	0	317 439	15 000	49%	51%
Sables de Beauchamp	0	133 834	6 500	57%	43%
Marnes et Caillasses	60 800	384 852	18 500	34%	66%
Calcaire Grossier	392 622	0	56 000	57%	43%
Sables Ypresien	92 537	0	0	49%	51%
Fausses glaises et Argile Plastique	515 703	0	14 000	29%	71%
Marno-calcaire du Montien	96 445	0	9 000	30%	70%
Craie	529 604	0	0	25%	75%
Parois moulées (horizons mixtes)	203 000	0	0	100%	0
Sous-totaux	**3 314 660**	**1 978 300**	**802 540**	**100%**	
Total	**6 095 500**				

Sur la base de ces hypothèses maximisant les volumes de déblais pollués et non inertes à ce stade des études du projet, **plus de la moitié du volume total des déblais est identifiée comme inertes et 1/3 des déblais comme non inertes, en raison notamment de la présence potentielle de matériaux sulfatés.**



Répartition du volume de matériaux excavés selon les trois catégories de déchets
(source : Société du Grand Paris)

Le risque de présence de matériaux sulfatés est marqué dans les horizons géologiques traversées par les tunneliers notamment sur la partie du linéaire de la Ligne 15 Sud entre le parc Robespierre et Noisy-Champs. Le faible taux de matériaux pollués s'explique par le fait que le volume généré par le creusement du tunnel (principal poste de production) est peu pollué en raison de la profondeur de l'ouvrage.

La découverte de sols pollués et leur excavation est susceptible d'avoir des effets sur l'environnement à plusieurs titres. Sur le plan sanitaire, les affouillements se faisant en milieu confiné certains composants organiques et halogénés organiques, aujourd'hui piégés dans les sols sont susceptibles d'être libérés au contact de l'air. Lors de la réalisation des travaux, il existe un risque d'interaction avec les eaux souterraines au droit d'une poche de pollution. Les terres excavées polluées doivent faire l'objet d'une gestion particulière pour éviter la dispersion et la contamination des terrains en surface lors du stockage.

La présence de matériaux sulfatés à une incidence sur le choix de la filière de gestion puisque ces matériaux ne peuvent pas être éliminés en ISDI si ces sites ne disposent pas d'un seuil en sulfate à l'entrée défini par leur arrêté préfectoral supérieur au seuil fixé par l'AM du 28/10/2010.

Une attention particulière sera également apporté aux secteur des Ardoines ou les remblais pourraient présenter une radioactivité naturelle renforcée compte-tenu activités passées productrices de cendres et de mâchefers.

Ces estimations sont appelées à être réévaluées par la suite avec l'avancement des campagnes de caractérisation chimique et physique des terres et des diagnostics de pollution du milieu souterrain.

L'exécution des terrassements en méthode traditionnelle, *i.e.* hors creusement mécanique par la méthode du tunnelier, permet à l'excavation de réaliser un tri par formation géologique. **Le potentiel de valorisation est donc maximum pour les terrassements des volumes des gares, des puits, des ateliers, des ouvrages de l'avant et arrière gare de Noisy-Champs et des sections de tunnel réalisées en tranché hors présence identifiée de pollution.**

Le creusement au tunnelier se caractérise par l'excavation de fronts mixtes induisant un mélange des terres lorsque les entités géologiques traversées par le tunnelier ne sont pas homogènes sur le linéaire du tunnel. **Le potentiel de réutilisation des terres excavées par les tunneliers en matériaux de construction n'est donc pas certain, et nécessitera des caractérisations de ces matériaux en phase travaux.**

Les entités géologiques homogènes en pleine section traversées par le tunnelier sont limitées sur le linéaire aux portions :

- entre le puits de l'Ile de Monsieur et la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart à l'extrémité Ouest du tracé où le linéaire du tunnelier traverse la Craie ;
- sur une faible section en amont et aval de la gare Villejuif IGR, le tunnelier traverse les Masses et Marnes du gypse ;
- entre la gare de Vert de Maisons et Créteil L'Echât, le tunnelier traverse les Marnes Caillasses. Des horizons des Sables de Beauchamp pourront être rencontrés ponctuellement ;
- au niveau de la gare de Saint-Maur Créteil, la portion de tunnel est dans la Craie ;
- entre l'OA 0803P et la gare de Bry Villiers Champigny à l'extrémité est de la Ligne 15 Sud, le tunnelier traverse en pleine section le Calcaire de Champigny. À noter que l'horizon des Marnes d'Argenteuil pourra être rencontré ponctuellement.

Pour le reste du linéaire, le creusement au tunnelier sera à l'origine de l'excavation de fronts mixtes regroupant les horizons allant des Marnes de Pantin et d'Argenteuil aux Marnes de Meudon à la Craie. Le potentiel de valorisation pris par défaut à ce stade en amont d'une caractérisation géotechnique et chimique plus fine des terres correspond à celui de l'horizon le plus limitant de la section.

Le potentiel de réutilisation des terres est également fonction du type de tunnelier utilisé, tunnelier à pression de terre ou tunnelier à pression de boue. Dans le cas d'un tunnelier à pression de boue, les matériaux sont excavés sous la forme d'un marinage hydraulique nécessitant un traitement en surface pour déshydrater les matériaux. Cette méthode nécessite également l'incorporation obligatoire d'adjuvants susceptibles de modifier les caractéristiques physiques et chimiques des terres et de réduire leur potentiel de valorisation en les contaminants et en les rendant non inertes (ex : bentonite). Avec un tunnelier à pression de terre, l'apport d'eau et l'apport éventuel d'adjuvant (nécessaire parfois en fonction du type de terrain rencontré, comme pour les terrains sableux) sont également succeptibles de modifier les caractéristiques des matériaux. À ce stade du projet, le choix du type de tunneliers qui seront utilisés n'est pas déterminé.

b. *Mesures associées à la qualité des déblais*

Il est difficile d'établir des mesures concernant la qualité des sols qui seront excavés. La Société du Grand Paris dans la démarche qu'elle a engagé s'est néanmoins fixée comme priorité la recherche de l'ensemble des filières de valorisation possibles pour les déblais du Grand Paris Express, y inclus ceux de la Ligne 15 Sud.

Les terres polluées et/ou radioactives feront l'objet de plans de gestion spécifiques. Leur excavation et leur stockage temporaire sur les sites de chantier avant leur évacuation seront encadrés pour éviter la contamination des autres volumes de terres et des sols en surface. Des chantiers de dépollution anticipée pourront être mis en œuvre en fonction des contraintes du chantier, des autorisations et du planning de réalisation des terrassements pour tenir les calendriers de mises en service. Ces terres pourront être évacuées vers des centres de traitement afin de pourvoir les réintégrer dans des filières pour matériaux inertes et éviter leur stockage définitif dans des installations de déchets dangereux (ISDD). Par ailleurs, des mesures comme l'aération des fouilles, permettra de réduire les risques sanitaires associées. Des mesures spécifiques seront prises pour éviter la pollution des eaux souterraines.

Le potentiel de réutilisation des déblais est fonction de leur nature et de leur qualité physique et chimique. La Société du Grand Paris étudie le potentiel des déblais pour être utilisés en matériaux pour la construction et l'industrie (granulats pour béton, industrie du plâtre…) ou en remblais dans le cadre de la recherche de l'équilibre déblais/remblais du projet du GPE ou d'autres projets d'aménagement portés par les territoires.

Pour cela, préalablement au lancement des travaux de terrassement, **la Société du Grand Paris a lancé des campagnes d'analyses physico-chimiques sur des échantillons prélevés sur les carottes des missions géotechniques G11 et G12 réalisées aux niveaux des futurs sites de travaux**. Ces analyses, réalisées en laboratoire, consistent à déterminer quantitativement les teneurs des composés chimiques susceptibles d'être présent dans les sols afin de les comparer aux valeurs seuils et aux critères d'admissions dans les filières d'accueil définis par la réglementation et de classer les matériaux selon leur classification GTR en vue de déterminer leur utilisation potentielle.

Méthodes de caractérisation chimique et du caractère inerte des terres mise en œuvre à l'échelle de la Ligne 15 Sud :

L'infrastructure étant souterraine, elle s'inscrit dans des faciès géologique variés situés à plus ou moins grande profondeur par rapport à la surface du sol. Les prélèvements de sol sont effectués sur les carottes issues des campagnes géotechniques ou de reconnaissances spécifiques suivant les méthodes normalisées en vigueur applicables aux sols et aux déchets.

Le schéma suivant synthétise la procédure de caractérisation et les essais mis en œuvre afin de caractériser les matériaux à caractère inerte.

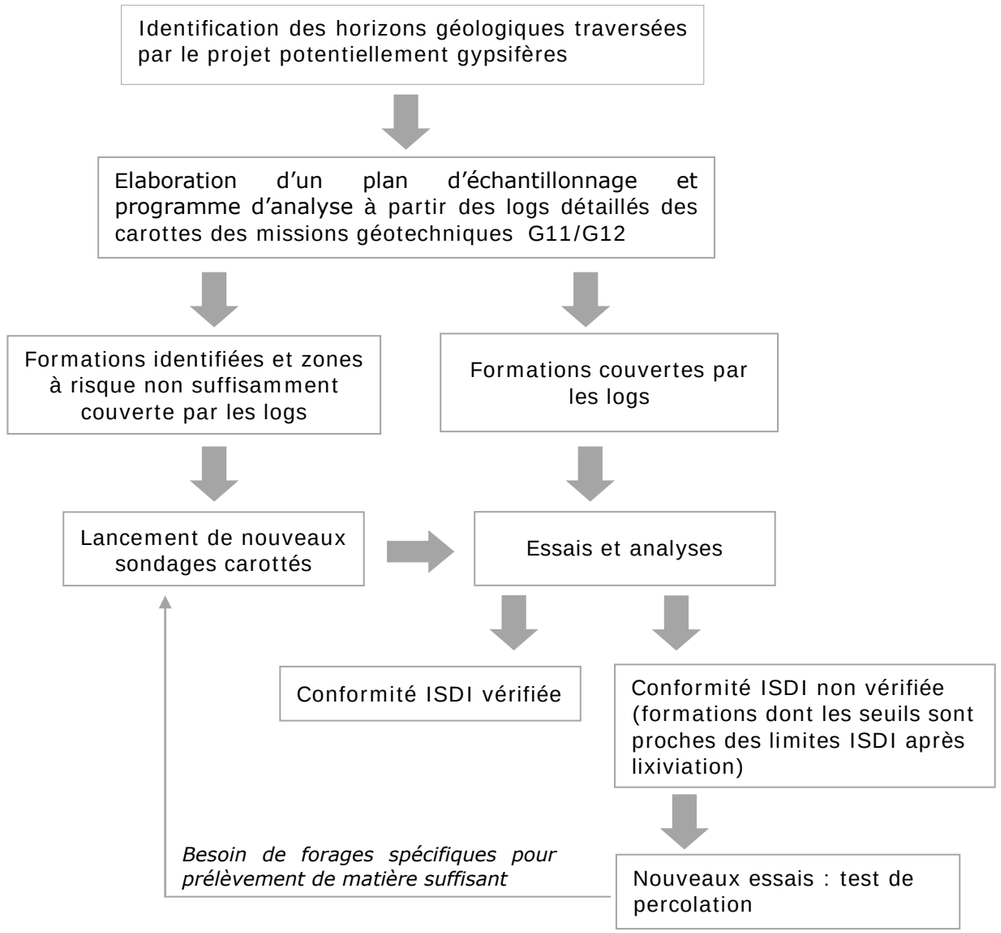
Les analyses réalisées ne se limitent pas aux seuls éléments chimiques pour lesquels des valeurs seuils ont été définies. Cette caractérisation est adaptée au cas par cas en fonction des éléments qui sont susceptibles d'être présents dans la terre. Ainsi, dans le secteur des Ardoines, ces études seront assorties de levée de doute radiologique afin de vérifier la radioactivité des remblais préalablement à leur évacuation. En cas de détection d'une radioactivité anormale, les dispositions du code de travail en la matière seront appliquées.

À l'échelle de la Ligne 15 Sud, une première campagne d'une quarantaine d'analyses a été réalisée et une prochaine campagne est en cours de programmation (estimation actuelle de 200 à 250 analyses complémentaires). Ces prélèvements sont ciblés sur les secteurs géographiques et les formations présentant un risque de dépassement des teneurs en chlorures, fluorures, sulfates et de la fraction soluble notamment en état des connaissances de la bibliographie. Ces analyses complètent celles réalisées au niveau des ouvrages de surface menées dans le cadre des diagnostics de pollution.

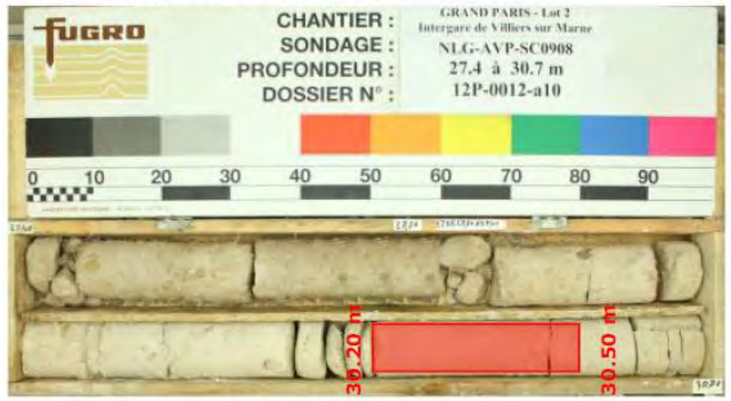
À l'issue de cette phase de caractérisation, les résultats de ces diagnostics permettront de :

- Compléter la connaissance du sous-sol francilien ;
- Apprécier l'étendue des zones marquées par une pollution ou la présence d'un composé chimique rendant le matériau non inerte ;
- Définir les modalités de tri à mettre en place lors ou suite à la réalisation des travaux ;
- Définir des modalités de traitement en cas de dépassement des seuils ;
- D'identifier les filières de gestion possibles des terres et de rechercher des solutions alternatives au stockage en centre d'élimination, notamment la réutilisation dans le cadre de projet d'aménagement de territoires et la valorisation en carrière après vérification de la correspondance avec le fond géochimique local ;
- Clarifier la réglementation applicable selon les scénarios de gestion.

Ces résultats de caractérisation ne présentent qu'un caractère indicatif. En phase travaux, des prélèvements et des analyses en laboratoire devront également être réalisés pour confirmer la compatibilité entre les matériaux d'excavation et les sites d'accueil.



Prélèvement SC0908-EI8 : 30.20 m à 30.50 m



Exemple de prélèvement sur carottes – identification avant prélèvement et analyse

<u>Méthodes de caractérisation géotechnique des terres mise en œuvre à l'échelle de la Ligne 15 Sud</u> :

Plus d'une centaine d'essais GTR ont déjà été réalisé lors des missions de la G11 et G12 sur la Ligne 15 Sud. Ces essais ont été lancés prioritairement sur les formations présentant un potentiel d'utilisation significatif de par leur utilisation possible et le volume produits par les chantiers. Sept formations sont notamment examinées, ce sont :

- les Alluvions modernes ;
- les Alluvions anciennes ;
- le Calcaire de Champigny ;
- le Calcaire de Saint-Ouen ;
- les Marnes et Caillasses ;
- le Calcaire Grossier ;
- la craie à Silex du Campanien.

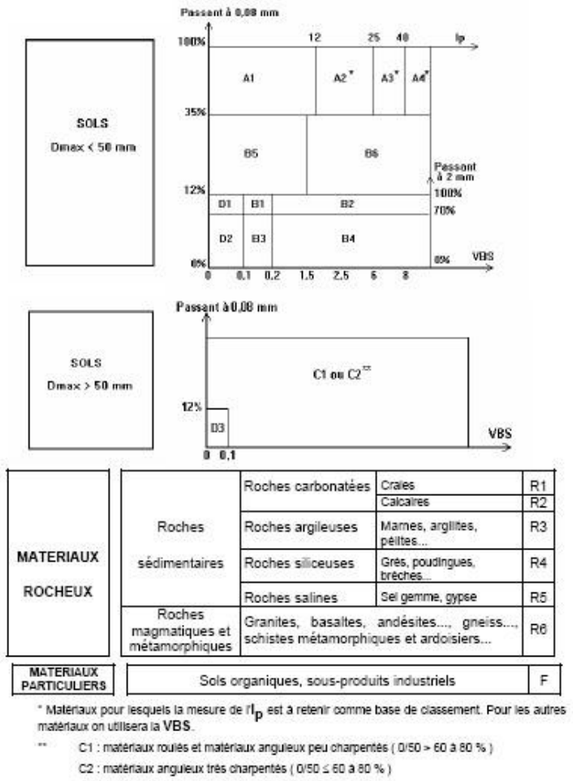
Ces formations pouvant s'avérer relativement homogènes dans leur composition, les différents faciès identifiés sur les carottes existantes ont été analysés.

La méthodologie retenue qui sera adapté au fur et à mesure des analyses repose sur la réalisation de 2 à 3 essais de caractérisation par faciès pour les ouvrages de surface et pour les tunnels, 1 essai de caractérisation par faciès rencontré sera réalisé chaque 500 m. **Plus d'une centaine de prélèvements pour la Ligne 15 Sud auront donc été effectués pour cette caractérisation géotechnique.**

Analyse des logs détaillés des carottes des missions géotechniques G11/G12

Caractérisation des différents faciès rencontrés au sein des formations retenues prioritaires

Caractérisation GTR



En fonction de l'utilisation spécifique qui sera envisagée après la première étape de classification, plusieurs essais peuvent être réalisés :

Étape 1 : première classification selon la norme NF P11 -300	Masse volumique sèche Masse volumique des grains solides Analyse granulométrique par tamisage et Sédimentométrie Limite d'Atteberg Valeur de Bleu de méthylène Coefficient de friabilité des sables Coefficient de fragmentabilité Coefficient de dégradabilité
Étape 2 : complémentaire	Essais Micro-Deval et Los Angles Essais de compactage Proctor Essais de Franklin Dureté Coefficient d'abrasivité et de broyabilité Autres essais spécifiques selon matériel

Tableau des essais géotechniques réalisés pour classification GTR

Les matériaux qui seront identifiés comme sulfatés à l'issue de cette caractérisation seront évacués essentiellement dans les carrières de gypse (à ciel ouvert ou souterraines) existantes présentant un fond géochimique similaire aux propriétés du matériau (selon les évolutions de la réglementation).

Les déblais du GPE pourront également être valorisés en remblais pour le comblement des carrières identifiées ou encore servir de matériaux d'aménagement de certaines installations de stockage de déchets. L'élimination en ISDI correspond à la dernière filière de gestion qui sera utilisée.

Par anticipation des types de tunneliers qui seront utilisés, la Société du Grand Paris étudie les possibilités d'utiliser des adjuvants biodégradables et non polluants pour optimiser la valorisation.

Quelle que soit la nature des matériaux, la Société du Grand Paris a identifié des filières viables et pérennes pour accueillir les déblais et continu sa démarche d'identification dans le but de pouvoir réserver en amont des travaux ces capacités.

1.8.1.4 Le transport des déblais

a. Impacts liés au transport des déblais

Le principal impact lié à la production de déblais du projet est le transport des matériaux pour leur évacuation hors site en phase chantier en raison de sa situation dans un contexte urbain dense. Les flux d'apport de matériaux sur les chantiers et l'évacuation des déblais augmenteront le trafic routier et les flux de circulation autour des chantiers si aucun mode alternatif à la route ne peut être envisagé.

Les effets négatifs du transport routier sont plus particulièrement liés :

- aux perturbations pour les riverains et les usagers des routes (désagréments visuels, sonores, émissions de poussières, perturbations des déplacements,…) ;
- aux risques de pollution accidentelle des eaux par ruissellement.

À l'échelle du projet de la Ligne 15 Sud, quatre modes de transport sont à ce stade envisagés et étudiés, il s'agit de :

- La voie fluviale (avec ou sans pré et post-acheminement routier) ;
- Le mode combiné route et voie fluviale (avec ou sans pré et post-acheminement routier) ;
- Le mode combiné route et voie ferroviaire (avec ou sans post-acheminement routier) ;
- La route par camions.

Le(s) mode(s) de transport privilégiés et à l'étude à partir de chaque site de production sont détaillés dans le tableau ci-dessous :

Modes de transports envisagés pour l'évacuation des déblais

Sites d'extraction (ouvrages concernés)	Mode d'évacuation privilégié	Autre(s) mode(s) si non réalisable
OA 2301P - Ile de Monsieur (tunnelier)	Fluvial	Routier + Fluvial ou Routier
Gare Pont de Sèvres	Fluvial	Routier + fluvial
Gare Issy RER	Routier + Fluvial	Routier
Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Routier + fluvial	routier
Fort d'Issy/Vanves/Clamart (tunnelier)	50% ferré – 50% routier + Fluvial	Routier + Fluvial ou Routier
Gare Châtillon-Montrouge	Routier	/
Gare de Bagneux	Routier	/
OA 1801P - Parc Robespierre (tunnelier)	Routier	/
Gare Arcueil-Cachan	Routier	/
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy	Routier	/
Gare Villejuif Louis Aragon	Routier	/
Gare Vitry Centre	Routier + Fluvial	Routier
Les Ardoines (gare + tunnelier)	Routier + Fluvial	Routier
SMI de Vitry	Routier + Fluvial	Routier
OA 1302P - Friche Arrighi (tunneliers)	Fluvial	Routier + Fluvial
Gare Le Vert de Maisons	Routier + Fluvial	Routier
Gare Créteil L'Echât	Routier + Fluvial	Routier
Gare Saint-Maur Créteil	Routier + Fluvial	Routier
Gare Champigny Centre	Routier + fluvial	Routier
Entonnement ligne rouge/orange	Routier + fluvial	Routier
Bry Villiers Champigny (gare+tunnelier)	Ferrovaire	Routier + Ferroviaire
SMR de Champigny	Routier	/
Avant-gare de Noisy-Champs (ouvrage + tunneliers)	Routier	/
Gare Noisy-Champs	Routier	/
Arrière-gare de Noisy-Champs	Routier	/

De manière générale pour chaque ouvrage du projet de ligne, deux grandes hypothèses d'évacuation sont étudiées :

- Une évacuation depuis l'un des ports géré par Ports de Paris après un pré-acheminement obligatoire par la route depuis les bases chantiers ;
- Une évacuation par la route si le recours au mode alternatif n'est pas envisageable compte tenu de l'indisponibilité des ports, des périodes de crues marquées par la Seine, des installations ferroviaires et des distances à parcourir depuis les bases chantiers trop importantes (le cout de la rupture de charge ne rend pas le report modal économiquement intéressant lorsque les distance à parcourir depuis les bases chantiers pour rejoindre ces sites est supérieur de 5 à 10 km).

b. Évacuation fluviale

À l'échelle de la Ligne 15 Sud, il existe plusieurs points d'accès à la voie fluviale. Deux de ces points sont situés directement la sur Seine en bordure des chantiers : il s'agit de la plate-forme au niveau l'Ile de Monsieur à l'extrémité Ouest du projet de ligne et de la plate-forme des Ardoines au niveau de la friche Arrighi au centre du linéaire. Ces sites seront aménagés dans le cadre de la réalisation du Grand Paris Express et équipés d'installations portuaires afin d'assurer leur approvisionnement et l'évacuation des déblais directement par barges. À partir des autres ouvrages de la ligne qui ne sont pas situés à proximité immédiate de la voie d'eau, les déblais pourront être acheminés par camions (pré-acheminement) vers les différentes installations fluviales existantes (ou en projet), quais ou ports, qui sont d'Ouest en Est de la ligne: le port de Boulogne, Issy, projets de ports autour de Vitry portés par Ports de Paris avec l'EPA Orsa, Alfortville, Saint-Maur Créteil, la plate-forme multimodale de Bonneuil-sur-Marne…

c. Évacuation ferroviaire

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée, en complément d'un transport routier, depuis la base chantier de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et de Bry-Villiers-Champigny sur la grande ceinture fret sous réserve de remplir l'ensemble des conditions requises pour la mise en œuvre de ce mode de transport. Pour rappel, un train moyen permet d'évacuer environ 1400 T de déblais par jour ce qui permettrai d'éviter environ 60 camions sur les routes.

Au niveau de la base chantier de Fort d'Issy-Vanves-Clamart d'où seront sortis les déblais de la gare mais également les déblais du tunnelier creusant en direction de Bagneux, les études conduites avec SNCM Mobilités et SNCF Réseau ont montré que ce mode de transport est limité à la période de réalisation des excavations du tunnelier. De plus, une partie seulement du volume de terres pourrait être évacuée par la voie ferroviaire. L'évacuation par voie ferroviaire est également à l'étude au niveau du secteur de Bry-Villiers-Champigny pour le transport des volumes de la gare et du tunnelier creusant en direction de Créteil. Un transport routier sera éventuellement nécessaire en complément. Ce mode est d'autant plus contraint que peu d'installations d'accueil des terres sont embranchées à la voie ferroviaire (seules des carrières et installations de stockage de déchets inertes ont été identifiées).

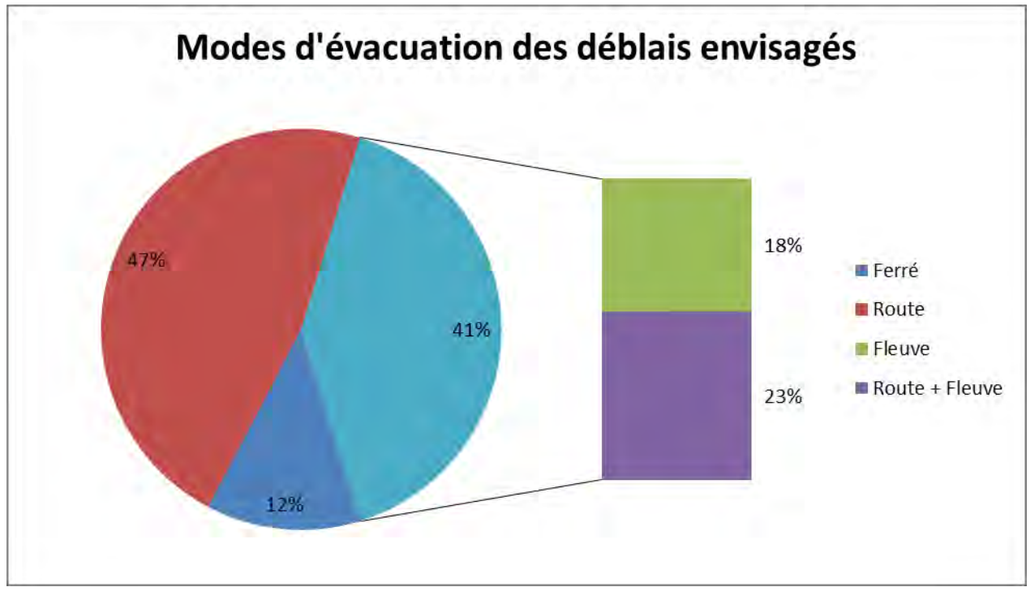
En cas d'imprévu et de ruptures dans l'évacuation par la voie d'eau ou le fer avec dimensionnement du stockage tampon trop faible, il s'agira d'évacuer les déblais vers les sites d'accueil directement par la route.

d. Potentiel d'utilisation de chaque mode de transport

Sur la base des hypothèses de transport pour chaque chantier, le potentiel d'utilisation de la voie fluviale représente environ 20% du volume total de déblais générés par le projet de ligne. Ce potentiel est calculé à partir des volumes de terres qui pourront être directement chargés sur barge (depuis le chantier des plates-formes de l'Ile de Monsieur et des Ardoines), et les volumes qui pourraient être acheminés par camion jusqu'à un port. A noter que ces volumes acheminés par la voie navigable pourront éventuellement comprendre de courts post-acheminements par la route pour desservir les exutoires (sites de valorisation ou de stockage), qui ne seraient pas en bordure de la voie d'eau (tels que des carrières de gypse par exemple). Il n'est pas possible d'estimer précisément ces post-acheminements qui dépendront de la destination des terres. Le transport ferroviaire représente également une opportunité pour limiter le transport par la route, environ 12% du volume total pourrait être évacué si suffisamment de sillons sont disponibles sur la durée des chantiers.

La répartition du potentiel d'évacuation des matériaux selon les modes de transports disponibles est détaillée ci-dessous :

Mode de transport	Volume des déblais
Mode routier	2,87 millions de m^3
Mode fluvial (avec ou sans pré- ou post-acheminement routier)	2,47 millions de m^3
Mode ferroviaire	0,76 millions de m^3
TOTAL	**~ 6,1 millions de m^3**



Potentiel d'évacuation en fonction du mode de transport privilégié

La priorité est donnée à une évacuation au plus près des zones de production et en direction installations agréées de l'est, du sud ou de l'ouest de l'Ile–de-France, selon les bases chantiers, dans les départements de l'Essonne, du Sud de la Seine-et-Marne ou des Yvelines.

e. *Mesures d'évitement et de réduction associées au transport des déblais*

À l'échelle du Grand Paris Express et par extension appliquée à la Ligne 15 Sud, une véritable démarche intégrée a été mise en œuvre en amont de la conception du projet pour optimiser autant que possible la gestion des déblais, et notamment leur évacuation afin de limiter les risques et nuisances potentielles pour les populations et l'environnement.

La première étape a été d'implanter les chantiers au plus près des réseaux de transport alternatifs (voie d'eau et voie ferroviaire) afin de promouvoir ce mode de transport et de réduire les flux de camions sur le réseau routier. Deux puits d'attaque de tunnelier, qui sont les chantiers les plus producteurs en volume de terres excavées, ont ainsi été implantés aux abords directs de la voie d'eau. Sur ces sites, la Société du Grand Paris prévoit la création de plate-forme de transbordement fluvial. Il s'agit des plates-formes de l'Ile de Monsieur et des Ardoines.

Afin de favoriser le report et l'utilisation de la voie d'eau, la Société du Grand Paris a signé le 19 décembre 2013 une convention avec Port Autonome de Paris. La Société du Grand Paris a également identifié les filières d'évacuation capables d'accueillir et de traiter les terres excavées accessibles par la voie d'eau et la voie ferroviaire. En effet, l'identification du mode de transport dépend du site de départ des déblais mais également de l'accessibilité au site d'accueil.

Au vu de la longueur et de la localisation de la Ligne 15 Sud, l'évacuation par voie routière de certains sites d'extraction ne pourra être évitée. Afin de limiter autant que possible les nuisances, la planification des itinéraires routiers a fait l'objet d'une évaluation par la maîtrise d'œuvre et des premières concertations avec les communes des territoires d'implantation ont été menées. Ces trajets reposent sur l'utilisation du réseau magistral pour éviter la circulation des camions sur les voiries communales. La Ligne 15 Sud traversant tout le sud de l'agglomération parisienne, plusieurs axes structurants peuvent être rejoints depuis les bases chantiers : l'A4, l'A86, l'A6, la N118 ou l'A13. La proximité de ces axes routiers permettra ainsi de diversifier les itinéraires des évacuations par voie routière et de limiter les encombrements routiers.

Un travail est également en cours concernant les itinéraires les plus adaptés pour rejoindre le plus rapidement les routes structurantes et un plan de circulation sera remis par les entreprises lors de la remise des offres afin de proposer la meilleure solution pour perturber le moins possible. Ces itinéraires seront validés avec les collectivités. L'impact sur le trafic sera réduit par le choix des périodes de transport : l'organisation des flux de circulation depuis et vers les chantiers sera adaptée pour éviter les heures de pointes. Des analyses de trafics seront réalisées.

Pour compenser les éventuelles coupures temporaires ou restrictions de la circulation, le maître d'ouvrage (ou son représentant) veillera notamment à :

- maintenir l'accès aux propriétés et assurer la continuité du service;
- effectuer une démarche permanente auprès des riverains pour les informer du déroulement du chantier dans sa globalité (action de communication),
- définir les aménagements à prévoir pour assurer la continuité du service en limitant les coupures au strict nécessaire,
- étudier finement les phasages de chantier pour limiter au maximum les restrictions de circulation dans le temps.

Les horaires de fonctionnement du chantier seront régis de manière à réduire les effets des nuisances acoustiques sur le voisinage (cf. partie bruit). De plus des mesures seront prises en vue de ne pas polluer le milieu naturel et la ressource en eau (camions bâchés, lavage des roues à la sortie des chantiers...).

f. Mesures de suivi associées au transport des déblais

Les mesures de suivi en phase chantier retenues pour la Ligne 15 Sud sont :

- Le suivi de la traçabilité des évacuations effectuées par la vérification des bordereaux de suivi de déchets, tout au long de la chaîne logistique. Des études sur les outils de tracabilité sont notamment actuellement en cours ;
- la vérification par l'entreprise générale, le maître d'œuvre et/ou le maître d'ouvrage de la régularité des filières d'élimination prévues.
- L'intervention d'un contrôle extérieur (Laboratoire extérieur) qui controlera les essais de caractérisation des matériaux faits en phase travaux, et permettant de définir les filières de valorisation et/ou de stockage.

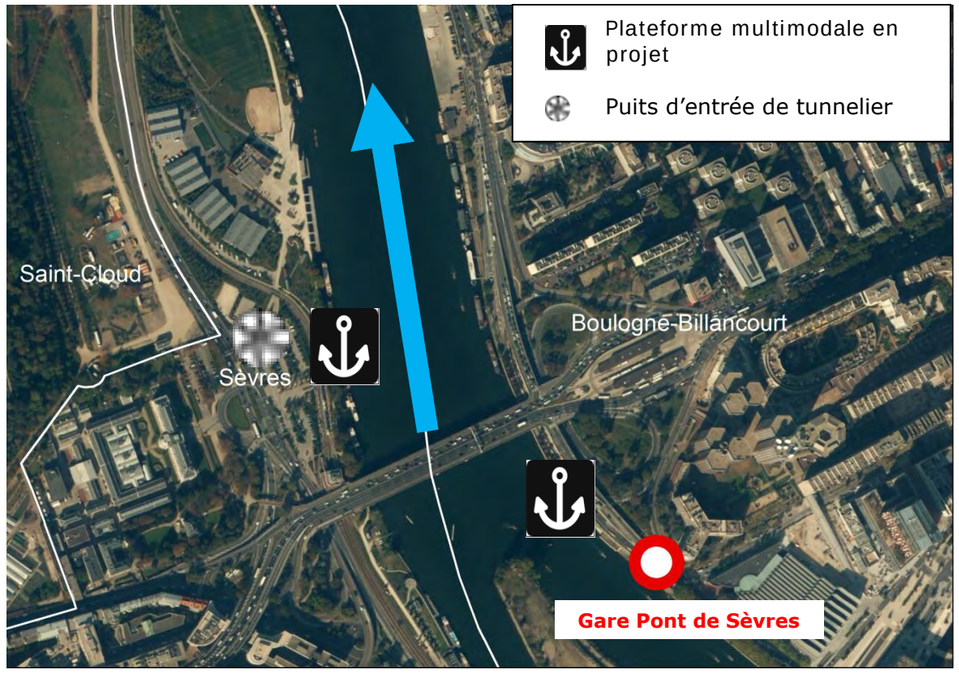
Le schéma global d'évacuation des déblais à l'échelle de la Ligne 15 Sud est présenté ci-après.

1.8.1.5 Plateforme fluviale : Ile de Monsieur – Pont de Sèvres

La base chantier de l'Ile de Monsieur est située sur la commune de Sèvres, dans le département des Hauts-de-Seine. À environ 600 mètres à l'est, le chantier de la gare de Pont de Sèvres, est situé sur la commune de Boulogne-Billancourt, dans le même département.

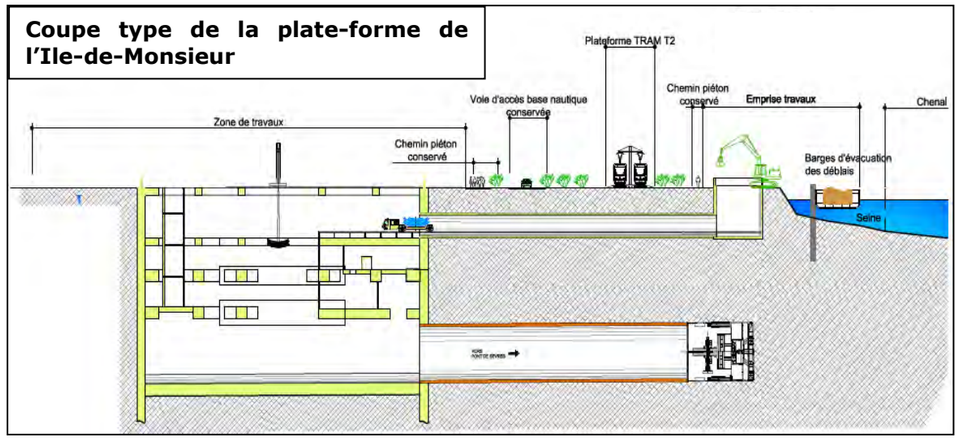
Le chantier de l'Ile de Monsieur correspond au puits d'entrée du tunnelier qui creusera le tunnel jusqu' à la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart. C'est également sur ce site que seront évacués les déblais issus de ce tunnelier.

Le chantier de la gare Pont de Sèvres correspond à la construction de la gare.



Situation de la plateforme multimodale de l'Ile de Monsieur – Pont de Sèvres

Coupe type de la plate-forme de l'Ile-de-Monsieur



Estimation des durées de travaux (prévisionnelle)

Puits d'entrée de l'Ile Monsieur	8 mois
Tunnelier Ile de Monsieur → Fort d'Issy/Vanves/Clamart	18 mois (à partir de la fin de construction du puits)
Gare de Pont de Sèvres	27 mois

Estimation du gisement de déblais

Puits d'entrée de l'Ile Monsieur	30 000 m^3 (en place)
Tunnelier Ile de Monsieur → Fort d'Issy/Vanves/Clamart	300 000 m^3 (en place)
Gare de Pont de Sèvres	193 500 m^3 (en place)

Modes d'évacuation privilégiés

Solution privilégiée : situés à proximité immédiate d'une plateforme de transbordement (en projet), la voie fluviale est la solution privilégiée avec éventuellement un post-acheminement routier selon les exutoires.

Sur la base d'un avancement maximal des tunneliers de 250 mètres linéaires par mois, et de barges de 2 500 tonnes, le trafic suivant est estimé:

			m3/jour		barge/jour
	m^3 en place	m3/mois max	non foisonné	foisonné	
Puits d'entrée de l'Ile Monsieur	30 000	15 300	787	1 023	0,8
Tunnelier Ile de Monsieur → Fort d'Issy/Vanves/Clamart	300 000	18 100	729	947	0,8
Gare de Pont de Sèvres	193 500	15 300	787	1 023	0,8
				TOTAL	**2,3**

Le trafic maximum attendu pour l'évacuation des déblais est d'une barge par jour au départ de l'Ile de Monsieur (pendant le creusement du puits puis pendant le creusement du tunnelier). De même, au départ du chantier de la gare de Pont de sèvres, au maximum une barge par jour est attendue.

Le chargement des déblais depuis les bases chantiers dans les barges se fera avec un engin, un convoyeur ou une grue selon le contexte d'insertion.

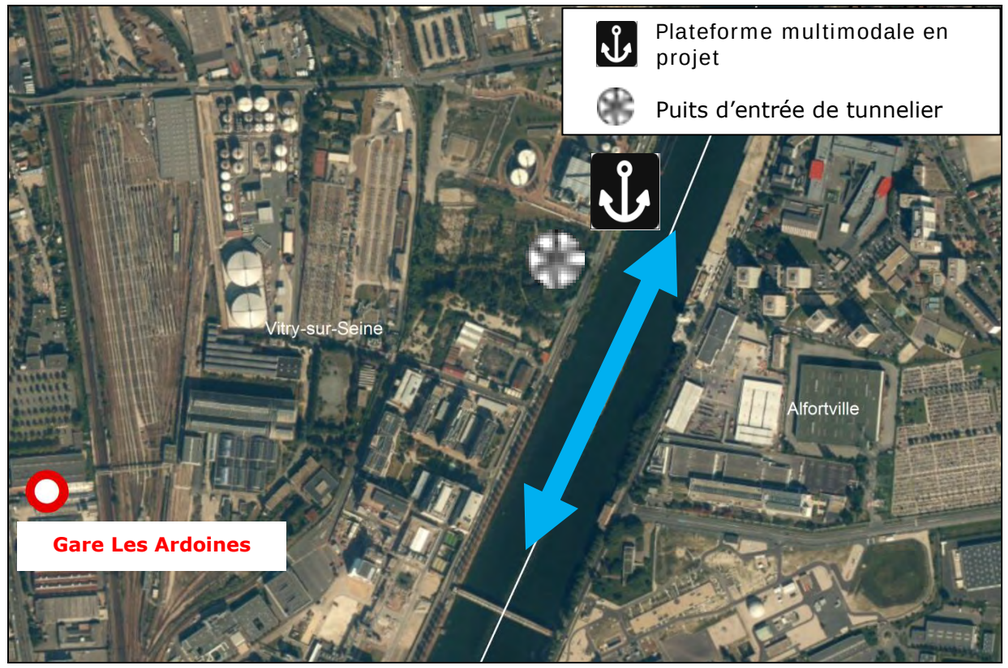
Le site étant situé à l'Ouest de Paris, il s'agira pour les barges de privilégier de descendre la Seine en direction de Rouen pour éviter la traversée de Paris.

1.8.1.6 Plateforme fluviale : Friche Arrighi

La friche Arrighi est située sur la commune de Vitry-sur-Seine, dans le département du Val-de-Marne.

Le chantier de la friche Arrighi correspond à un double puits d'entrée de tunneliers :

- l'un part en direction de Villejuif Louis d'Aragon (puits de sortie) ;
- le second en direction de Créteil (puits de sortie situé au niveau de l'ouvrage annexe 1103P).



Situation de la plateforme multimodale de la Friche Arrighi

Estimation des durées de travaux (prévisionnelle)

Puits d'entrée de la Friche Arrighi	5 mois
Tunnelier Friche Arrighi → Villejuif L.Aragon	16 mois
Tunnelier Friche Arrighi → Créteil (OA 1103P)	20 mois

Estimation du gisement de déblais

Puits d'entrée de la Friche Arrighi	60 000 m^3 (en place)
Tunnelier Friche Arrighi → Villejuif L.Aragon	284 000 m^3 (en place)
Tunnelier Friche Arrighi → Créteil (OA 1103P)	219 000 m^3 (en place)
TOTAL	**563 000 m^3 (en place)**

Modes d'évacuation privilégiés

Solution privilégiée : acheminement par bandes transporteuses jusqu'à la plateforme de transbordement de la friche Arrighi, puis utilisation de la voie fluviale et éventuellement post-acheminement selon les exutoires.

Sur la base d'un avancement maximal des tunneliers à 250 mètres linéaires par mois, et de barges de 2500 tonnes, le trafic suivant est estimé:

	m3/mois max	m3/j (max non foisonné)	barge/j
Puits d'entrée de la Friche Arrighi	12 000	1 000	0,8
Tunnelier Friche Arrighi → Villejuif L.Aragon	18 900	822	0,7
Tunnelier Friche Arrighi → Créteil (OA 1103P)	18 900	822	0,7
		TOTAL	**2,1**

Le trafic maximum attendu pour l'évacuation des déblais au départ de la friche Arrighi, selon les périodes, est compris entre 1 à 2 barges par jour, les tunneliers n'étant mis en place qu'une fois le puits terminé.

Le chargement des déblais depuis les bases chantiers dans les barges se fera avec un engin, un convoyeur ou une grue selon le contexte d'insertion. L'utilisation d'une bande transporteuse est privilégiée pour procéder au chargement direct sur barges des terres depuis le puits d'entrée sans générer de trafic routier. Des mesures seront mises en œuvre pour éviter l'envol de poussière et la chute de matériaux dans la Seine.

Le site étant situé au Sud de Paris, il s'agira pour les barges de privilégier de remonter la Seine vers le Sud de l'Ile-de-France pour éviter au mieux la traversée de Paris.

1.8.1.7 Stockage temporaire et pollution des sols par les activités de chantier

a. *Impacts liés au stockage temporaire et à la pollution des sols par les activités de chantier*

Les travaux de réalisation d'un métro souterrain et des ouvrages associés nécessitent peu d'apports en remblais et la plupart des déblais excavés ne peuvent être réutilisés dans le cadre du projet.

Le stockage provisoire des déblais avant évacuation peut entraîner différents types d'impacts, sur le relief et le paysage, ainsi que sur les emprises nécessaires aux travaux.

Par ailleurs, la gestion des déblais pose la question de la capacité de stockage sur les bases chantier. En raison de la problématique du foncier disponible, il est prévu de pouvoir stocker l'équivalent de 2 jours de travaux de production de déblais sur chacun des sites. A noter que sur certains des sites commes les puits de tunneliers de la friche Arrighi et de la gare de Bry-Villiers-Champigny, ces capacités de stockage ont été augmentées à 5 jours de travaux. Une même démarche d'essayer d'augmenter la capacité de stockage sur NCH est en cours d'étude.Les volumes à stocker et les surfaces nécessaires varient donc en fonction des cadences d'excavation des différents sites (gare, tunnelier, entonnement…) et des contraintes de situation de chaque chantier.

Les activités de chantier et notamment les engins utilisés lors des travaux peuvent être à l'origine d'une dégradation des sols par déversements accidentels d'huiles, d'essence ou de lubrifiants lors de leur entretien ou de leur fonctionnement, ou par le rejet de substances lors de la remise en état de chaussées.

Le stockage provisoire des déblais pollués excavés représente également un risque de pollution des sols en place au niveau des zones de stockage : les stocks, exposés aux intempéries et notamment aux précipitations, peuvent contaminer les eaux de ruissellement qui, en ruisselant et s'infiltrant ensuite sur les sols en place, peuvent contaminer ces derniers. Les pollutions accidentelles des sols peuvent conduire à la migration non maîtrisée de polluants vers les eaux de ruissellement et les eaux souterraines, et impacter la qualité et les usages de celles-ci. Ces conséquences sont traitées aux chapitres traitant des impacts en phase chantier sur les eaux souterraines et superficielles.

Le stockage des déblais sur les installations de chantier étant provisoire, les impacts cités ci-dessus se manifestent à très court terme. Les impacts sur la pollution des sols peuvent toutefois se prolonger sur le long terme.

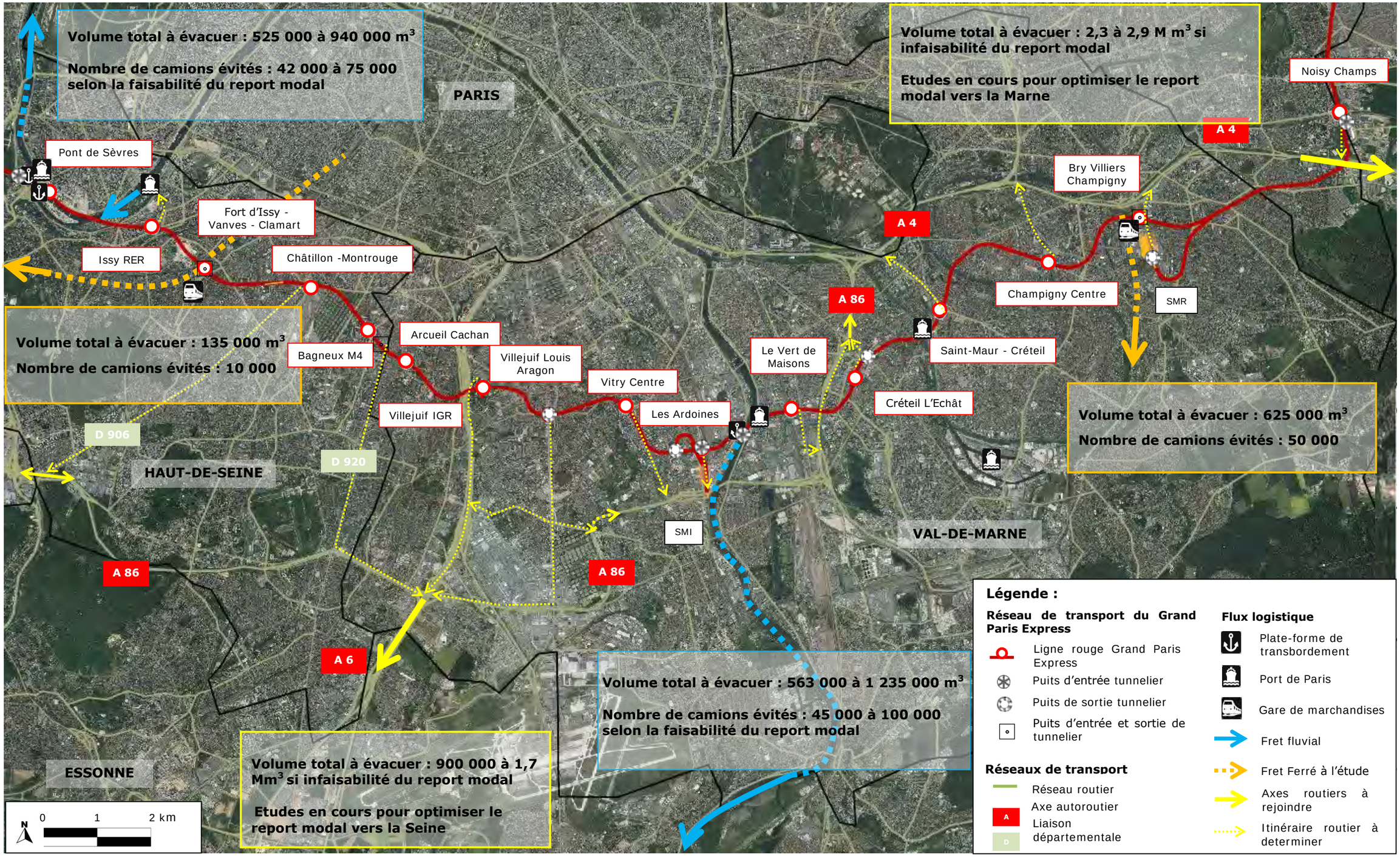
b. *Mesures associées au stockage temporaire et à la pollution des sols par les activités de chantier*

La première mesure prise dans la réduction de cet impact est la limitation spatiale et temporelle des emprises chantiers.

Les risques de pollution des sols en phase chantier ne peuvent être complètement supprimés mais sont réduits par la mise en œuvre de procédures encadrant les activités à risque :

- Procédures préventives :
  - l'entretien et le ravitaillement des engins de chantier se font sur des emplacements imperméabilisés, comme par exemple des bâches étanches, pour éviter les fuites de polluants (huile, carburant…) ;
  - les produits polluants sont stockés dans des bacs étanches fermés ;
  - l'accès au chantier est contrôlé : les engins en fonctionnement sont surveillés pour éviter des fuites de produits polluants et des déversements de matériaux (utilisation de remorque étanche).
- Procédures correctives :
  - le personnel de chantier est formé à différents degrés d'alerte de pollution et donc capable de réagir en cas de pollution accidentelle ;
  - des kits anti-pollution sont mis à disposition du personnel de chantier en cas de pollution accidentelle.

Schéma global d'évacuation des déblais de la Ligne 15 Sud (source : Société du Grand Paris)



1.8.2 Risques pyrotechniques

1.8.2.1 Enjeu global lié aux risques pyrotechniques

En raison de l'enjeu stratégique que représente la ville de Paris en période de conflits et des activités passées sur le territoire, la réalisation d'une infrastructure souterraine dans la banlieue proche de Paris nécessite une parfaite connaissance du niveau de pollution pyrotechnique du sous-sol.

1.8.2.2 Typologie des impacts potentiels

Dans le cadre de la pollution pyrotechnique, l'impact pris en compte dans la présente étude est le risque de découverte d'engins explosifs non explosés.

Les études réalisées par la Société du Grand Paris et présentées dans l'état initial permettent d'identifier ces risques afin d'appréhender les mesures à mettre en œuvre afin de les maîtriser.

Les résultats des études réalisées sur la Ligne 15 Sud (études historiques de pollution pyrotechnique) ont permis de mettre en évidence 4 secteurs d'aménagement présentant des risques modérés de découverte d'engins explosifs :

- Les Ardoines,
- Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Issy RER,
- Pont de Sèvres.

Les étapes ultérieures des études sont en cours de réalisation.

1.8.2.3 Mesures mises en œuvre pour maitriser les risques pyrotechniques

Les mesures d'évitement retenues pour la gestion des risques pyrotechniques sur la Ligne 15 Sud sont :

La réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques au droit du projet selon les étapes présentées dans l'état initial, dans le cadre d'un risque pyrotechnique identifié :

- une **sécurisation pyrotechnique** par détection magnétique ou électromagnétique sera effectuée pour toutes opérations intrusives aveugles jusqu'à une profondeur minimale de 7m, notamment pour des investigations géotechniques et/ou environnementales.
- Un **diagnostic pyrotechnique non-intrusif** par détection au magnétomètre radar de surface sera réalisé. Du fait du contexte urbain et de la présence en sub-surface de remblais divers (mâchefers) ou la présence de réseaux, des bruits de surface peuvent perturber ce diagnostic ; dans ce cas des décaissements successifs et le renouvellement des opérations de détection peuvent être réalisés, jusqu'à ce que le diagnostic puisse être réalisé sans perturbation. Ces phases ne correspondent pas à une dépollution pyrotechnique mais bien à un diagnostic.

En phase travaux, quand le risque pyrotechnique est avéré, une **dépollution pyrotechnique** sera entreprise et se conformera aux recommandations techniques du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005.

La réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux sera établie. Cette étude délimite notamment le périmètre de sécurisation autour du chantier de dépollution pyrotechnique.

En effet, lorsque le chantier de dépollution pyrotechnique est contigu à des bâtis, l'étude de sécurité pyrotechnique prend en compte ce risque. Les dispositions de sécurité sont alors mises en œuvre en concertation avec les différentes parties concernées en matière de sécurité et de protection de la santé, par exemple évacuation d'une zone lors du déminage.

Aussi, avant la réalisation des travaux, l'AST sera soumis pour approbation au directeur régional des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi.

Une fois la dépollution pyrotechnique réalisée conformément aux dispositions du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005, le risque est supprimé.

1.8.3 Pollution du milieu souterrain

Les impacts liés à la présence de terrains pollués peuvent se traduire sous deux aspects principaux :

- Un aspect financier lié à la prise en charge particulière de ces terrains, amenés à être évacués vers des filières de stockage spécifiques ou faire l'objet d'une dépollution engendrant un coût associé ;
- Un aspect sanitaire et environnemental, lié aux niveaux de pollution présent sur site et aux cibles potentielles.

Dans le cadre du présent chapitre, seuls les impacts et mesures liés aux enjeux sanitaires et environnementaux seront traités dans la mesure où l'impact financier lié à la présence de sites et sols pollués est induit dans le coût global du projet.

D'autre part, les impacts et mesures liés à la gestion des eaux d'exhaure pompées lors de la phase chantier font l'objet d'une analyse spécifique dans le chapitre relatif à l'hydrogéologie.

1.8.3.1 Méthodologie et stratégie de maîtrise des risques de pollution

a. Méthodologie générale

Afin d'assurer la maîtrise des risques associés à la pollution du milieu souterrain, que ce soit du point de vue de la gestion des déblais ou de celle des terrains amenés à rester en place, la connaissance précise de la qualité du milieu souterrain et de son impact potentiel est un élément primordial dans le cadre des études de projet.

Suivant la méthodologie française de gestion des sites et sols pollués, la Société du Grand Paris a initié un travail conséquent de caractérisation de l'état de pollution du milieu souterrain (sols et eaux souterraines) afin d'assurer une gestion adaptée des terres amenées à être excavées dans le cadre du projet et d'assurer la compatibilité sanitaire et environnementale entre l'usage futur de chaque site et la qualité des milieux souterrains.

Ces études ont été engagées en priorité au droit des sites où les enjeux liés à la gestion des sites et sols pollués sont les plus importants, à savoir au droit des ouvrages destinés à être construits à partir de la surface du sol tels que les gares, les sites de maintenance, les puits d'entrée et de sortie du tunnelier et les ouvrages annexes. En effet, les pollutions du milieu souterrain étant essentiellement liées à des activités de surface, les premiers mètres de sols concentrent généralement l'essentiel des pollutions. Les gares et les sites de maintenance présentent par ailleurs une sensibilité particulière liée l'accueil de travailleurs et/ou de voyageurs en phase d'exploitation de la ligne.

Le schéma présenté ci-contre rappelle les différentes étapes de gestion des sites et sols pollués mise en place par la Société du Grand Paris conformément à la règlementation en vigueur.

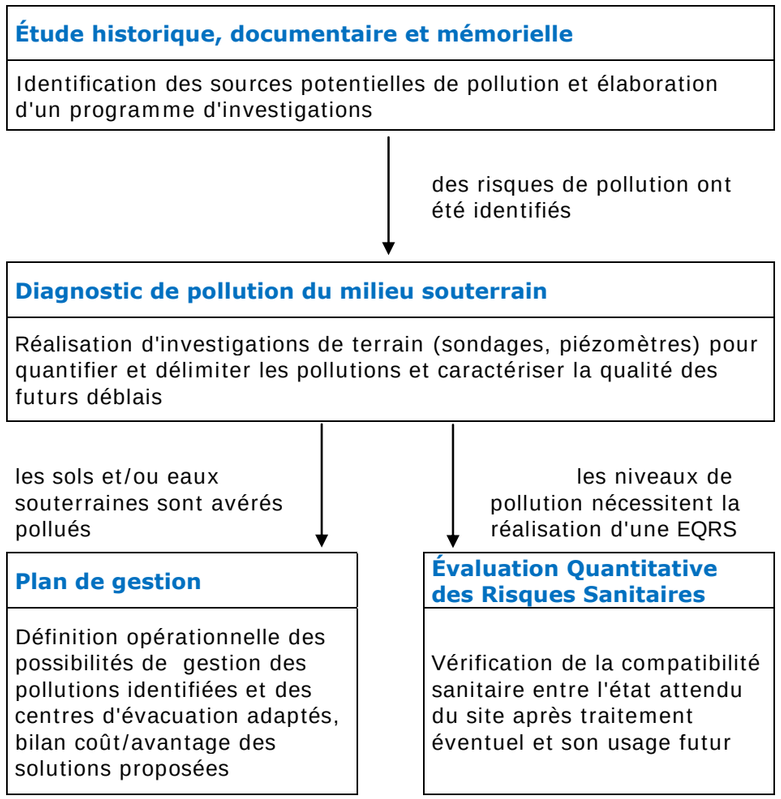


Schéma méthodologique des études de pollution engagées par la SGP

À ce stade des études d'avant-projet, seules les étapes 1 et 2, relatives à la réalisation des études historiques, documentaires et mémorielles et des diagnostics de pollution, ont été engagées et permettent d'identifier les principaux risques liés à la présence de terrains pollués sur la Ligne 15 Sud.

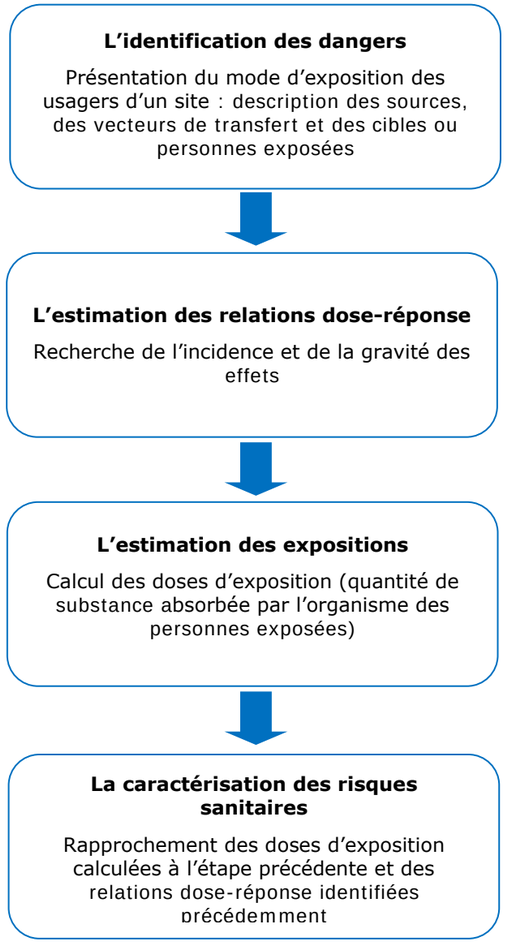
Dans la suite des études, les plans de gestion, et EQRS éventuelles, seront réalisés sur les sites identifiés comme pollués et permettront de définir les mesures opérationnelles qui seront mises en œuvre afin d'assurer l'absence d'impact sanitaire et environnemental en phase chantier et en phase exploitation.

b. <u>Evaluation quantitative des risques sanitaires et Plan de gestion : outils de maîtrise des risques de pollution</u>

Au niveau de chaque gare présentant des risques liées à la pollution du milieu souterrain identifiée à l'issue du diagnostic, une évaluation quantitative des risques sanitaires sera réalisée dans le but de définir les objectifs de réhabilitation. Cette étude sera accompagnée d'un plan de gestion permettant d'atteindre les objectifs définis.

A ce stade des études, seul le site de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart a fait l'objet d'une EQRS et d'un plan de gestion associé. La méthodologie décrite ci-après s'appuie sur les éléments définis dans le cadre des études menées sur la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart.

L'évaluation quantitative des risques sanitaires se compose conventionnellement des quatre étapes suivantes :



Les calculs de risque sanitaire sont effectués pour les expositions suivantes :

- **en phase chantier** : les travailleurs au droit de la boîte projet. La phase chantier est jugée pertinente à considérer dans la mesure où la durée des travaux est relativement élevée ;
- **en phase projet** : les futurs usagers adultes et enfants de la gare ainsi que les travailleurs au droit des différentes aménagements (gare zones publiques, commerces et bureaux, couloirs, locaux techniques).

1.8.3.2 Typologie d'impacts liés à la pollution du milieu souterrain

a. Notion de source-transfert-cible

Pour qu'il y ait un risque sanitaire, et donc un impact potentiel, il faut qu'existent simultanément une source de pollution, un moyen de transfert de celle-ci et une cible.

La **source de pollution** est généralement représentée par des sols ou des aquifères présentant une pollution concentrée.

Le **transfert d'une pollution** entre la source et la cible peut se faire :

- par écoulement gravitaire,
- par percolation des pluies,
- par ruissellement de surface,
- par migration suivant l'écoulement des nappes souterraines,
- par dispersion du vent,
- par dégazage dans l'air.

Plusieurs voies d'exposition peuvent usuellement être rencontrées selon les modes de transfert et les cibles en présence. Dans le cadre du projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud, les voies d'exposition potentielles retenues, liées à la présence de travailleurs et de riverains en phase chantier et/ou exploitation sont :

- l'inhalation de composés volatils depuis le milieu souterrain (phase chantier et phase exploitation) ;
- l'inhalation/ingestion de poussières contenant des polluants (phase chantier uniquement).

La **cible** d'une pollution peut être représentée par :

- une population, exposée directement au contact de la pollution ou indirectement via un captage d'eau potable par exemple. Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, les principales cibles sont les travailleurs et riverains des bases chantier ainsi que les travailleurs et usagers du futur réseau de transport ;
- une ressource naturelle à protéger (nappe phréatique, réserve écologique,…). Ces ressources sont recensées dans les chapitres correspondants (hydrogéologies, milieux naturels). Les mesures à mettre en œuvre pour protéger ces ressources seront définies dans le cadre des plans de gestion.

b. Typologie des polluants identifiés ou suspectés

Les classes de polluants rencontrées ou susceptibles d'être rencontrées, sont présentées ci-après :

- Les **solvants halogénés (COHV)**, qui, compte-tenu de leur forte densité et de leur forte solubilité, peuvent migrer en profondeur par écoulement gravitaire, y compris à travers la nappe phréatique, et s'accumuler sur son plancher imperméable. Ils peuvent également migrer par écoulement de la nappe ou vers l'air ambiant par volatilisation lors des travaux.

- Ces composés peuvent également être adsorbés sur les particules de sol et être dispersés par le vent via les poussières de sols.

- Les **hydrocarbures (BTEX, HCT, HAP, et composés organiques volatils)** : ces composés peuvent migrer en profondeur par écoulement gravitaire. Compte-tenu de leur faible densité et de leur faible solubilité, la migration de ces polluants sous forme de phase pure par écoulement gravitaire s'arrête au toit de la nappe souterraine. Ils peuvent toutefois migrer latéralement avec l'écoulement de la nappe.

  Ces composés peuvent également être adsorbés sur les particules de sol et/ou être dispersés par le vent via les poussières de sols.

  D'autres voies de transfert sont possibles en fonction de la pression de vapeur saturante de ces polluants. Ainsi, les composés les plus légers (BTEX et les HCT légers) étant volatils, ils sont susceptibles de migrer vers l'air ambiant par volatilisation lors des travaux.

- Les **métaux et métalloïdes** : peu mobiles dans les sols, ils seront donc principalement localisés dans les horizons de surface. Du fait de leur faible mobilité, les métaux et métalloïdes sont généralement adsorbés sur les particules de poussières du sol dont la seule voie de transfert pertinente reste la dispersion par le vent.

- **Les polychlorobiphényles (PCB)**, qui, compte-tenu de leur forte densité et de leur faible solubilité peuvent migrer en profondeur dans les sols par écoulement gravitaire. Compte-tenu de leur faible solubilité et de leur faible volatilité, ces composés sont généralement adsorbés sur les particules de poussières du sol dont la seule voie de transfert pertinente reste la dispersion par le vent.

Le tableau ci-après synthétise les voies de transfert et d'exposition des différentes familles de polluants, et les niveaux de sensibilité associés.

Synthèse des principales caractéristiques des polluants rencontrés et niveau de sensibilité associé

Classe de polluant	Voies de transfert potentielles	Voies d'exposition potentielles	Niveau de sensibilité
Solvants halogénés et aromatiques (COHV et BTEX)	Écoulement gravitaire Migration par écoulement de la nappe Dégazage dans l'air ambiant Dispersion de poussières par le vent	Inhalation des composés présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières	Fort
Hydrocarbures (HCT et HAP)	Écoulement gravitaire Migration par écoulement de la nappe Dégazage dans l'air ambiant Dispersion de poussières par le vent	Inhalation des composés présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières	Modéré
Métaux et métalloïdes	Percolation des pluies Migration par écoulement de la nappe Dispersion de poussières par le vent	Inhalation/ingestion de poussières	Faible
Polychlorobiphényles (PCB)	Percolation des pluies Migration par écoulement de la nappe Dispersion de poussières par le vent	Inhalation/ingestion de poussières	Faible

La sensibilité d'un site dépend toutefois également des teneurs de ces composés rencontrées dans le milieu souterrain.

1.8.3.3 Caractérisation du risque d'impact lié à la présence de pollution

Sur la base des éléments décrits ci-dessus, le risque d'impact est caractérisé par analyse des quatre critères suivants :

- La nature des cibles (travailleurs, résidents adultes, résidents enfants, établissements sensibles) en considérant, selon les études menées par l'Institut de Veille Sanitaire (IVS), que la population passe plus de temps chez elle que sur son lieu de travail ;
- La nature et la concentration des polluants suspectés ou détectés, incluant la ou les voies d'exposition induites par ces polluants ;
- Le volume de déblais prévisionnel généré.

1.8.3.4 Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier

Les mesures détaillées ci-après concernent les terres excavées lors de la phase travaux ainsi que les terrains amenés à rester en place.

Pour rappel, les mesures retenues pour la gestion des eaux d'exhaure susceptibles d'être polluées sont présentées dans le chapitre relatif à l'hydrogéologie.

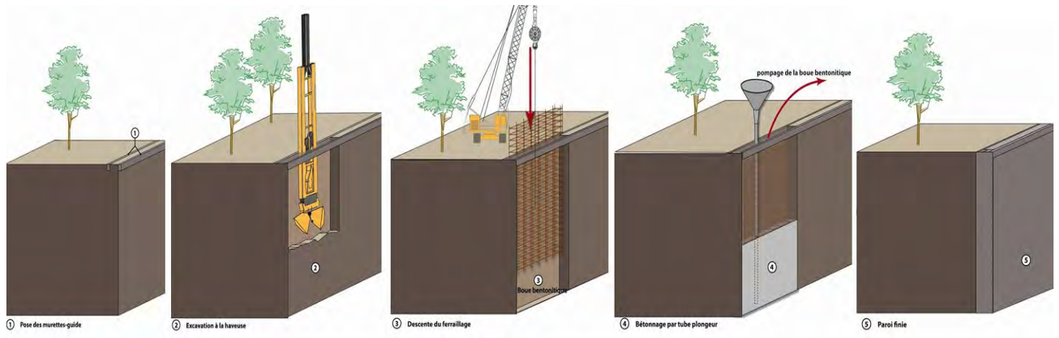
a. Mesures d'évitement

Les modes d'exécution d'un certain nombre d'ouvrages permettront d'éviter l'exposition des travailleurs et riverains aux éventuels polluants présents dans le milieu souterrain :

- le creusement du tunnel au tunnelier permet d'éviter la mobilisation des terrains les plus sensibles aux pollutions (terrains superficiels) lors de la réalisation des travaux. L'évacuation des déblais issus du creusement du tunnel par un tapis convoyeur permet également de limiter l'exposition des travailleurs aux sources potentielles de pollution ;

- la mise en place de parois moulées empêche l'écoulement des eaux souterraines dans l'ouvrage, éliminant ainsi les transferts de polluants par écoulement des eaux souterraines ;

- la réalisation, en souterrain ou en tranchée couverte, de certaines infrastructures, permet d'éliminer l'exposition des riverains par envol de poussières contaminées ou le dégazage de polluants issus du milieu souterrain.



Méthode de réalisation d'une paroi moulée (source : Société du Grand Paris)

b. Mesures de réduction

Dans le cadre de la gestion des milieux pollués en phases chantier, les mesures de réduction spécifiques, définies selon les caractéristiques précises de chaque site (niveaux de pollution, phasage chantier, usage futur du site, …) seront établies dans le cadre des plans de gestion.

Cependant, un certain nombre de mesures génériques sont dès à présent définies :

- la réalisation, avant travaux, de diagnostics de pollution au droit des ouvrages réalisés à partir de la surface, selon la méthodologie présentée dans l'état initial ;
- la réalisation de plans de gestion comprenant éventuellement une évaluation des risques sanitaires au niveau des gares et des sites de maintenance lorsque les diagnostics de pollution en ont montré la nécessité;
- la réduction du temps de stockage des terres polluées sur les bases chantiers ;
- la mise en place de débourbeurs en sortie de chantiers afin de nettoyer les roues des véhicules et de ne pas souiller les voiries du quartier ;
- la mise en place éventuelle de chapiteaux pour confiner les terres et les vapeurs au droit des zones très fortement impactées ;
- le port, par les travailleurs, des équipements individuels de protection adaptés aux substances identifiées dans les sols;
- l'arrosage des zones de travail du chantier pour limiter les envols de poussières ;
- l'utilisation de bâches sur les aires de stockage et les camions de transport limitant l'envol des poussières.

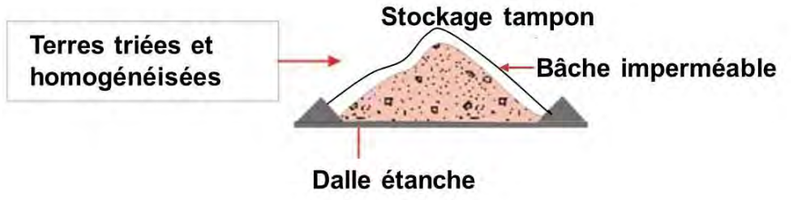


Schéma de principe d'une aire de stockage conforme aux règles de l'art *(source : BRGM)*

c. Mesures de suivi

De la même manière, des mesures de suivi générales pourront être mises en œuvre :

- le suivi des chantiers sensibles par un maître d'œuvre spécialisé ;
- le suivi de la qualité de l'air ambiant à proximité des bases chantiers les plus sensibles. Le coût d'une campagne de suivi de ce type est estimé à 4 000 € H.T./mois ;
- en cas de besoin, le maître d'ouvrage fera réaliser des prélèvements en fond de fouille et en paroi périmétriqes des gares si la méthode constructive retenue le permet (donc hors parois moulées, ouvrages creusées au tunnelier,…).

1.8.3.5 Mesures retenues pour la gestion des milieux pollués en phase exploitation

Dans le cadre des études et des diagnostics réalisés avant travaux, la connaissance précise de la qualité du milieu souterrain obtenue, permettra de définir, à travers la réalisation des plans de gestion et des EQRS, l'ensemble des mesures à mettre en œuvre.

Ainsi, pour l'ensemble des sites sur lesquels une pollution susceptible d'entrainer un impact sanitaire et/ou environnemental lié au projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud aura été identifiée, toutes les mesures nécessaires seront mises en œuvre afin de rendre l'état des milieux compatibles avec l'usage futur du site.

Ces mesures seront définies dans le cadre de la réalisation des plans de gestion.
Les impacts relatifs à la pollution du milieu souterrain résultant de l'application de ces mesures seront donc nuls.

Dans la mesure où les plans de gestion ne sont pas établis à ce stade des études, la suite du chapitre s'attache à caractériser les niveaux de sensibilités associés aux risques de pollution et aux caractéristiques du projet.

1.8.3.6 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation du tunnel souterrain

c. *Phase chantier*

La profondeur du tunnel de la Ligne 15 Sud étant supérieure à 10m et sous le niveau de la nappe superficielle, les sols issus du creusement du tunnel sont jugés peu sensibles aux pollutions de surface notamment en raison des propriétés de migration des polluants précisées dans les chapitres précédents. Aussi, les principaux risques de découverte de pollution à ces profondeurs sont principalement liés à une pollution de la nappe souterraine.

Par ailleurs, compte-tenu du mode de réalisation par tunnelier, le tunnel sera creusé hors d'eau, les déblais évacués via la progression du tapis convoyeur et les propriétés physico-chimiques du milieu souterrain seront modifiées par les travaux d'extraction en limitant ainsi l'exposition des travailleurs.

Les impacts du creusement du tunnel relatifs au risque de pollution en phase chantier sont considérés comme négligeables. Toutefois, compte-tenu de la présence de solvants chlorés dans les eaux souterraines à Boulogne-Billancourt, le long de la rue du Vieux Port et du Quai de Stalingrad, une attention particulière sera portée à ce secteur.

À noter que les quelques portions de tunnel réalisées en méthode traditionnelle ainsi que les puits d'entrée de tunnelier associés à la réalisation du tunnel sont traités au même titre que les ouvrages émergents.

d. *Phase exploitation*

En phase exploitation, les travailleurs ou usagers des tunnels sont isolés du milieu souterrain, en premier lieu par le tunnel lui-même via les voussoirs en béton qui le constituent, et dans un second temps à l'intérieur des trains (excepté dans le cas des travailleurs amenés à circuler directement à l'intérieur du tunnel). Les durées d'exposition des travailleurs ou des usagers sur les différentes portions du tunnel seront par ailleurs très limitées.

Les impacts relatifs au risque de pollution en phase d'exploitation sont considérés comme négligeables.

La fiche de synthèse présentée ci-après synthétise les paramètres permettant d'aboutir à ces conclusions.

Fiche générique - Tunnel souterrain		
Données constructives		
Méthode de construction	Tunnelier	
Profondeur moyenne du tunnel	Environ 30 m	
Pollution potentielle pour ce type d'ouvrage		
Sols	Pollution contenue dans les eaux de la nappe	
Eaux souterraines	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT	
Cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier lors du creusement du tunnel	Aucune (très faible durée de présence des travailleurs et usagers)
Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité) Envol de poussières comprenant des polluants	Dégazage potentiel dans l'air de polluants volatils lié au milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	(pas de cibles)
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact négligeable lié à la méthode de réalisation par tunnelier	Pas de risque d'impact - absence de cibles
Hors site	Risque d'impact négligeable lié à la méthode de réalisation par tunnelier	Pas de risque d'impact - absence de cibles

1.8.3.7 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation des ouvrages annexes

a. *Phase chantier*

Compte-tenu de l'emprise restreinte concernée par ce type d'ouvrage (quelques centaines de mètres-carrés), les volumes excavés, et par conséquent, les volumes de terres potentiellement polluées mobilisés lors de la réalisation des ouvrages annexes sont limités, les pollutions étant essentiellement concentrées dans les premiers mètres du sol ou dans les horizons comprenant des eaux souterraines potentiellement polluées.

Les risques liés à la pollution du milieu souterrain lors de la construction des ouvrages annexes sont considérés comme faibles.

b. Phase exploitation

En phase exploitation, excepté dans le cadre d'opérations ponctuelles de maintenance ou d'évènements exceptionnels lors d'incidents, les ouvrages n'accueilleront pas de public. Ainsi il est considéré qu'aucune cible sensible liée à la présence éventuelle de pollution n'existe en phase exploitation au niveau des ouvrages annexes.

Par ailleurs, la majorité des ouvrages annexes étant réalisés en parois moulées, l'exposition des travailleurs à d'éventuelles pollutions présentes dans les eaux souterraines sera limitée.

Les risques liés à la pollution du milieu souterrain au droit des ouvrages annexes lors de l'exploitation de la Ligne 15 Sud sont considérés comme négligeables.

Fiche générique - Ouvrages annexes		
Données constructives		
Méthodes constructives	Paroi moulée pour l'ouvrage en puits Paroi blindée (type berlinoise) pour les locaux semi-enterrés (usine de ventilation, locaux techniques, galerie d'accès…)	
Superficie moyenne des ouvrages	600 m² (hypothèse conservatoire selon le choix des formes employées)	
Volume de déblais concerné	299 000 m^3 pour l'ensemble des OA (hors puits d'entrée tunnelier)	
Pollution potentielle pour ce type d'ouvrage		
Sols	Pollution potentielle : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (essentiellement dans les remblais)	
Eaux souterraines	Pollution potentielle et avérée : COHV dans les secteurs de Boulogne-Billancourt et Cachan ; COHV, HCT dans le secteur de Vitry	
Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	(pas de cibles)
Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité) Envol de poussières comprenant des polluants	-
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	-
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu des terrains et l'excavation des terres	Pas de risque d'impact - absence de cibles
Hors site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu des terrains et l'excavation des terres	Pas de risque d'impact - absence de cibles
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

1.8.3.8 Impacts et mesures liés à la réalisation des puits d'entrée de tunnelier

La réalisation des puits d'entrée des tunneliers présente des spécificités liées aux activités associées au fonctionnement du tunnelier (évacuation des déblais issus du creusement du tunnel, amenée des voussoirs, …). Ces spécificités intègrent notamment un volume de déblais plus important que celui issus de la réalisation des ouvrages annexes et une durée de chantier généralement plus élevée, qui peuvent induire des risques liés à la pollution du milieu souterrain plus important.

À ce titre l'analyse des impacts liés à la réalisation des puits d'entrée de tunnelier fait l'objet de fiches spécifiques détaillées ci-dessous (les puits d'entrée situés au droit des gares sont traités dans le cadre de l'analyse des impacts liés à la réalisation et à l'exploitation des gares). Dans la mesure où les puits d'entrée sont associés uniquement à la phase chantier, seuls les impacts liés à la phase chantier sont développés (les impacts liés aux ouvrages annexes après travaux sont traités dans la partie précédente).

Puits d'entrée tunnelier : OA 2301P - Ile de Monsieur	
Données constructives	
Méthodes constructives	Parois moulées
Superficie moyenne de l'ouvrage	1 000 m², base chantier 5 200 m²
Volume de déblais concerné	30 000 m^3 pour le puits, 300 000 m^3 pour le tunnel
Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution suspectée : risque de découverte de COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (essentiellement contenu dans les remblais) malgré des travaux de dépollution passés
Eaux souterraines	Pollution passée avérée: risque modéré de présence de COHV ou de HCT dans la nappe respectivement dans les secteurs de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux
Contexte du site et cibles potentielles	
	Phase chantier
Occupation du sol	Zone d'activités de loisirs
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, utilisateurs de la base nautique (adultes et enfants)
Notion de transfert de pollution	
	Phase chantier
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité) Envol de poussières comprenant des polluants
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	
	Phase chantier
Sur site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres
Hors site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion

Puits d'entrée tunnelier : OA 1801P - Parc Robespierre	
Données constructives	
Méthodes constructives	Parois moulées
Superficie moyenne de l'ouvrage	800 m², base chantier 7 600 m²
Volume de déblais concerné	45 000 m^3 pour le puits, 296 000 m^3 pour le tunnel
Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : fraction soluble et sulfates lixiviables (enjeu faible lié à la présence de cette pollution)
Eaux souterraines	Pas d'enjeu, nappe non vulnérable
Contexte du site et cibles potentielles	
	Phase chantier
Occupation du sol	Mixte : habitat essentiellement collectif et parc
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants) et usagers du parc
Notion de transfert de pollution	
	Phase chantier
Voies de transfert potentielles	Envol de poussières comprenant des polluants
Voies d'exposition potentielles	Inhalation/ingestion de poussières contaminées
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	
	Phase chantier
Sur site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres
Hors site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion

Puits d'entrée tunnelier : OA 1302P - Friche Arrighi	
Données constructives	
Méthodes constructives	Parois moulées Réalisation en taupe
Superficie moyenne de l'ouvrage	1800 m² pour le puits, base chantier 42 000 m²
Volume de déblais concerné	60 000 m^3 pour le puits, 284 000 m^3 pour le tunnel en direction de Villejuif et 219 000 m^3 pour le tunnel en direction de Créteil
Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : présence de HCT et HAP (essentiellement contenu dans les remblais)
Eaux souterraines	Pollution passée avérée : COHV et HCT dans le secteur de Vitry et de COHV dans le secteur de Cachan
Contexte du site et cibles potentielles	
	Phase chantier
Occupation du sol	Zone industrielle
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone industrielle
Notion de transfert de pollution	
	Phase chantier
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité) Envol de poussières comprenant des polluants
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	
	Phase chantier
Sur site	Risque d'impact modéré lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres
Hors site	Risque d'impact faible lors de la mise à nu du terrain et l'excavation des terres
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion

1.8.3.9 Impacts et mesures liés à la construction et à l'exploitation des gares et des sites de maintenance

Les sites d'aménagement des gares et des sites de maintenance ont fait l'objet d'une analyse plus détaillée compte-tenu des superficies concernées et de la présence permanente de travailleurs et d'usagers dans ces ouvrages en phase exploitation.

a. *EQRS – Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart*

Dans le cadre de l'analyse des impacts liés à la construction et à l'exploitation des gares, seule la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart à fait à ce jour l'objet d'un évaluation quantitative des risques sanitaires et d'un plan de gestion détaillé. A ce titre, une synthèse de la méthodologie appliquée et des résultats obtenus dans le cadre de la réalisation de cette étude sont présentés ci-après.

Ces éléments présentent un exemple des études qui seront conduites pour les ouvrages présentant des niveaux de pollution significatifs pouvant présenter des risques sanitaires.

Voies d'exposition

Dans le cadre des pollutions identifiées sur le site de la gare d'Issy/Vanves/Clamart, les voies d'exposition retenues pour le calcul des risques sanitaires sont les suivantes :

- en phase chantier : inhalation de vapeur en intérieur, au sein de la boite projet par les travailleurs du chantier. Une modélisation des concentrations en substances volatiles dans l'air ambiant de la boîte gare a été réalisée pour comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle ;
- phase projet : inhablation de vapeur notamment à l'intérieur de la gare (usagers adultes et enfants et travailleurs) ainsi que dans les différents commerces (usagers adultes et enfants et travailleurs) et locaux techniques (travailleurs).

Caractérisation des sources de pollution

Pour la phase chantier, les calculs de risques ont été réalisés avec les concentrations maximales relevées dans les sols et les eaux souterraines (phase dissoute et phase flottante). Le choix des teneurs maximales est destiné à considérer une exposition prolongée des travailleurs dans un secteur du site pouvant être plus impacté que les autres. Les calculs effectués permettent ainsi de repérer d'eventuelles zones problématiques d'un point de vue sanitaire et sur lesquels il conviendrait d'adopter une conduite spécifique (port éventuel de masque par exemple).

Pour la phase exploitation, les calculs de risques ont été réalisés avec les concentrations suivantes :

- Les teneurs moyennes relevées dans les sols insaturés restants en place et les concentrations moyennes relevées dans les eaux souterraines pour l'inhalation de vapeur en intérieur des aménagements en zones publiques ;
- Les teneurs maximales relevées dans les sols insaturés restants en places et les teneurs maximales relevées dans les eaux souterraines pour l'inhalation de vapeur en intérieur par les travailleurs et les usagers dans les zones plsu confinées (couloir, commerces et locaux de maintenance).

Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les calcules de risques ont été effectués selon :

- les recommandations de la Note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- les préconisations tirées des journées techniques du MEDDE/BRGM.

Modèle de transfert utilisés

Pour estimer les concentrations en substances dans l'air ambiant, des modèles de transfert, utilisant les paramètres présentés précédemment, sont mis en œuvre :

- Le modèle Johnson & Ettinger a été utilisé pour simuler, à partir des concentrations mesurées dans les sols et la nappe (fraction dissoute et phase flottante), celles susceptibles d'être retrouvées dans l'air ambiant des aménagements en sous-sol ;
- Le modèle « Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites » a été utilisé pour simuler les concentrations dans l'air ambiant au droit de la boîte projet en phase chantier (terrains non recouverts).

L'interprétation des niveaux de concentrations ainsi modélisés se fait :

- Par comparaison aux Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP) pour la phase chantier (hors cadre de l'EQRS),
- Par la réalisation de calculs de risque pour la phase projet.

Conclusion

Phase chantier : les concentrations modélisées dans l'air ambiant à l'intérieur de la boîte et susceptibles d'être inhalées par les travailleurs sont inférieures aux valeurs réglementaires actuellement disponibles. Un facteur de sécurité allant de plus de 300 à 21 000 est obtenu pour les différentes substances.

Phase exploitation : au regard des valeurs de références fixées fixées par la Circulaire du 08 février 2007, les niveaux de risque calculés indiquent que la qualité des milieux est compatible avec le projet.

b. *Plan de gestion – Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart*

Le plan de gestion a pour but d'anticiper la gestion des matériaux excavés, les modalités générales de protection des travailleurs, les mesures de gestion environnementales du chantier, et de rendre compatible la zone d'étude avec les usages prévus dans le cadre du projet d'aménagement de la gare.

Contraintes et hypothèses

Le site de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart est situé au niveau du site Popihn, à Clamart, faisant actuellement l'objet d'un traitement de la nappe. Au regard de l'avancement des travaux, et afin de pouvoir déterminer et établir des solutions de gestion adaptées, il a été considéré par défaut que le chantier sera confronté aux sols et aux eaux souterraines dans leur état actuel, évalué à ce jour, notamment concernant la répartition de la phase flottante identifiée.

La qualité globale des terrains est extrapolée à partir des données ponctuelles recueillies au droit des sondages réalisés. Aussi, la présence d'une anomalie d'extension limitée et non identifiée lors des différentes campagnes réalisées ne peut être exclue sur l'emprise du site.

Gestion des déblais

Au regard des volumes de déblais attendus, de la nature des pollutions identifiées, de la surface disponible, des caractéristiques de l'environnement du chantier (milieu urbain), de la profondeur

des horizons impactés en hydrocarbures au droit de la boite gare (zone de battement de nappe), de la profondeur de la nappe du Lutétien (~15 m) et des délais retenus pour la réalisation de la gare, les solutions de gestion des terres excavées, de type traitements *in situ* ou *sur site*, n'ont pas été retenues. **Une solution de terrassement et élimination hors site des terres excavées en filières adaptées en phase chantier est retenue.**

La répartition des tonnages de déblais dans les filières adaptées et selon les différentes phases du chantier est présentée dans le tableau ci-dessous :

Phase	Répartition des tonnages par filière adaptée (tonnes)				
	ISDI	Comblement de carrières	Biocentre	ISDND	ISDD
4	24 300	4 400	4 900	37 600	
8.1	800		2 400	6 500	200
8.2 et 8.3	400		10 700	1 400	1 000
9	2 300		1 300	4 600	600
14	4 500	400		7 300	
10 et 16	9 900			7 300	
16	1 600	2 600	500	4 800	
21	1 400		800	4 700	1 900
Terrassement boite	34 700	300	14 700	59 200	16 600
Locaux techniques Montholon	7 000			200	
Couloir accès LT Montholon	3 600				
Locaux techniques Vigouroux	11 000	6 700		21 900	
	101 500	**14 400**	**35 300**	**155 500**	**20 300**

La réalisation d'un plan de terrassement prévisionnel (avec analyses complémentaires) sera nécessaire afin d'affiner les volumes et tonnages par filière au droit de la boite gare notamment.

Gestion des eaux souterraines

Au regard des volumes de surnageant attendus au droit de la boite gare, de la surface disponible sur le site, des caractéristiques de l'environnement du chantier (milieu urbain), de la profondeur de la nappe du Lutétien (~15 m) et des délais retenus pour la réalisation de la gare, les solutions de gestion des eaux, de type traitements *in situ* ou *on site*, n'ont pas été retenues.

Concernant la gestion des eaux d'exhaure dans la boite gare, une solution d'un pompage/écrémage de la phase flottante via des skimmers flottants en fond de fouille, et en parallèle un pompage pour pré-traitement de la phase dissoute avant rejet dans le réseau existant, via un système de traitement sur site a été retenue et étudiée.

Un point de contrôle des eaux de rejet sera aménagé pour permettre un contrôle visuel journalier et une prise d'échantillon par un organisme spécialisé pour analyses hebdomadaires en laboratoire agréé.

La mise en place d'un réseau de piézomètres associés à une unité de traitement de la phase flottante au droit de la boite gare, au plus près des futures parois moulées, et en proche amont de la boite gare, au droit de l'emprise considérée comme présentant du surnageant à ce jour, est également envisagée. Ces travaux permettraient de réduire le plus possible dans les délais impartis l'épaisseur de phase flottante avant le démarrage de la foration des parois moulées. L'ensemble des piézomètres de ces réseaux serait équipé d'un système d'écrémage simple (sans pompage) et relié à une (ou plusieurs) unité de traitement (séparation eau/flottant).

Au regard des informations disponibles à ce jour sur la qualité de la nappe du Lutétien, il sera nécessaire de réaliser des campagnes trimestrielles de suivi de la qualité de cette nappe et des mesures de l'épaisseur de flottant. Cette surveillance pourra être menée via le réseau piézométrique existant.

Concernant la deuxième nappe présente au droit du site, la nappe de la Craie plus profonde, il sera nécessaire de réaliser un ouvrage de contrôle de la qualité de cette dernière pour établir un état initial (soit avant travaux).

Modalités générales de protection des travailleurs et des riverains retenues

Malgré l'absence de risque sanitaire pour les travailleurs en phase chantier (concentrations susceptibles d'être inhalées inférieures aux valeurs limites d'exposition des travailleurs) et au regard des travaux envisagés, de la qualité des sols et du contexte urbain en présence, certaines mesures seront mises en œuvre durant le chantier :

- Les travailleurs du chantier seront tenus de porter les EPI habituels requis (masque à poussières, gants, lunettes de protection, masques à cartouches, etc.). Le port d'EPI adaptés pourra être imposé dans les zones où le flottant sera présent ;
- L'utilisation d'engins à cabine pressurisée pourra éventuellement être mise en place lors des phases critiques de travaux ;
- Les bases vies seront surélevées sur liernes (30 à 50 cm) ;
- Un suivi de la qualité de l'air ambiant au droit de la boîte projet pourra être mené afin de s'assurer que les teneurs modélisées correspondent à celles retrouvées dans l'air ambiant et respectent les valeurs réglementaires ;
- une aspersion des sols du chantier avec de l'eau saine, en particulier par temps sec, afin de limiter au maximum l'envol de poussières avant leur recouvrement. Cette aspersion pourra se faire via un système de pulvérisation fixe au droit des zones de terrassement et/ou attelée à un tracteur agricole par exemple au droit des pistes d'accès. La fréquence de ces aspersions sera définie en fonction de la météorologie au moment des travaux et des envols de poussières constatés, en coordination avec le CSPS désigné ;
- un système de neutralisation des odeurs pourra être mis en place, en particulier lorsque les sols impactés en hydrocarbures seront affleurants. Le système d'aspersion des sols, tel que décrit pour limiter l'envol de poussières, pourra alors être complété pour permettre la pulvérisation d'un principe actif adapté ;
- des campagnes de surveillance hors chantier, afin d'évaluer l'impact du chantier en terme de poussières et d'odeurs potentiellement générées pourront être réalisées. Des balises de suivi environnemental pourront ainsi être mises en place en limite de chantier pour une détection 5 gaz (CO, H_2S, CH_4, O_2 et benzène).

c. Evaluation des niveaux de risques

Dans le cadre de l'analyse de la sensibilité des sites d'aménagement des gares et des sites de maintenance, chaque ouvrage fait l'objet d'une fiche spécifique dans laquelle la sensibilité du site est identifiée à travers l'analyse:

- Des principales caractéristiques constructives du projet (cote TN, cote radier, volume de déblais prévisionnel, durée prévisionnelle des travaux) ;
- Des types de pollution, potentielle ou avérée, mis en évidence dans le cadre des études réalisées,
- Des cibles potentielles définies au regard de l'environnement et de l'usage futur du site ;
- Des voies de transfert et d'exposition potentielles définies selon les classes de polluants identifiés.

Gare Pont de Sèvres

Données constructives	
Cote TN	30,5 m NGF
Cote du radier	-4,9 m NGF
Volume de déblais estimé	193 500 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : HCT, PCB, métaux (enjeu modéré lié à la présence de ces polluants et à la pollution de la nappe)
Eaux souterraines	Pollution avérée : COHV (enjeu modéré lié à la présence de cette pollution a minima)

Contexte du site et cibles potentielles	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Habitat collectif	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils de la nappe Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils de la nappe
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans la nappe

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Issy RER

Données constructives	
Cote TN	35 m NGF à l'ouest ; 36,2 m NGF à l'est
Cote du radier	7,67 m NGF
Volume de déblais estimé	126 000 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : HCT et BTEX à proximité (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions compte-tenu des travaux de traitement réalisés)
Eaux souterraines	Pollution avérée : HCT, BTEX, COHV (enjeu modéré lié à ces pollutions)

Contexte du site et cibles potentielles	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : gare, habitat collectif et individuel	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart

Données constructives	
Cote TN	76,2 m NGF
Cote du radier	44,82 m NGF
Volume de déblais estimé	155 000 m^3 pour la gare, 270 000 pour le tunnel

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : HCT, métaux (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions)
Eaux souterraines	Pollution avérée : HCT, BTEX (enjeu fort lié à la présence de flottant ; des analyses complémentaires sont en cours pour vérifier la présence de phase, son épaisseur ou l'évolution des teneurs)

Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : gare, habitat collectif et individuel	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs (absence de risque sanitaire)	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact faible pour les riverains (absence de risque sanitaire)	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques définies dans le plan de gestion	

Gare Châtillon-Montrouge

Données constructives	
Cote TN	79,49 m NGF à l'ouest ; 77,56 m NGF à l'est
Cote du radier	40,97 m NGF
Volume de déblais estimé	141 500 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (enjeu modéré lié aux anciennes activités des 2 sites BASIAS)
Eaux souterraines	La nappe n'est pas vulnérable

Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : gare, activités industrielles et habitat collectif et individuel	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils potentiellement présents dans les sols Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés	- (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	- (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)
Hors site	Risque d'impact faible pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare de Bagneux

Données constructives	
Cote TN	82,3 m NGF
Cote du radier	38,5 m NGF
Volume de déblais estimé	147 000 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : HCT, BTEX, métaux et métalloïdes lixiviables en profondeur (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions)
Eaux souterraines	Pollution avérée : HCT, BTEX (enjeu fort lié à la présence de flottant)

Contexte du site et cibles potentielles	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : église, commerces et habitat collectif	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Arcueil-Cachan

Données constructives	
Cote TN	59 m NGF
Cote du radier	28,4 m NGF (+ 0,5 m de vide-sanitaire)
Volume de déblais estimé	119 000 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution suspectée : BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais et d'un transformateur potentiellement aux PCB)
Eaux souterraines	Pollution suspectée : PCB (enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à un transformateur potentiellement aux PCB)

Contexte du site et cibles potentielles	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Habitat collectif et individuel	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés) Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de potentiels polluants volatils encore en place dans le milieu souterrain

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain	***Phase chantier***	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Villejuif Institut Gustave Roussy			
Données constructives			
Cote TN	120 m NGF		
Cote du radier	66,6 m NGF (rail à 70,5 m NGF)		
Volume de déblais estimé	250 500 m^3		
Pollution potentielle / avérée			
Sols	Pollution suspectée : BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais)		
Eaux souterraines	Pas de source de pollution identifiée pour la nappe		
Contexte du site et cibles potentielles			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Occupation du sol	Parc		
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier Usagers du parc (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare	
Notion de transfert de pollution			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés) Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	- (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)	
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	- (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)	
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)	
Hors site	Risque d'impact faible pour les riverains	Pas d'impact	
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion		

Gare Villejuif Louis Aragon			
Données constructives			
Cote TN	98,7 m NGF		
Cote du radier	62,24 m NGF		
Volume de déblais estimé	100 000 m^3		
Pollution potentielle / avérée			
Sols	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu modéré lié à la présence suspectée de cuves de fioul)		
Eaux souterraines	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe, à la présence de cuves potentiellement enterrées et d'un site BASIAS)		
Contexte du site et cibles potentielles			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Occupation du sol	Habitat collectif sur commerces		
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare	
Notion de transfert de pollution			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place	
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place	
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible	
Hors site	Risque d'impact faible pour les riverains	Pas d'impact	
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion		

Gare Vitry Centre

Données constructives		
Cote TN	51,5 m NGF	
Cote du radier	20,97 m NGF	
Volume de déblais estimé	106 000 m^3	
Pollution potentielle / avérée		
Sols	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux et PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais et à la présence éventuelle d'anciennes cuves)	
Eaux souterraines	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence éventuelle d'anciennes cuves)	
Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Habitat collectif sur commerces, équipements publics, parc municipal	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare
Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés) Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation d'éventuels polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact faible pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

SMI de Vitry et débranchement associé

Données constructives		
Cote TN	34,5 m NGF	
Cote du radier	33,6 m NGF	
Volume de déblais estimé	90 000 m^3 (SMI + tranchée de raccordement)	
Pollution potentielle / avérée		
Sols	Pollution suspectée : HCT, COHV, BTEX, HAP, métaux (enjeu fort lié aux anciennes activités industrielles exercées au droit du site)	
Eaux souterraines	Pollution passée avérée à proximité: COHV, HCT (enjeu modéré lié à la présence d'une nappe vulnérable, aux cuves enterrées présente sur site et à une pollution en COHV à proximité du site)	
Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Zone industrielle et logistique	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone (adultes)	Travailleurs du SMI
Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiels du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Les Ardoines

Données constructives	
Cote TN	33,5 m NGF
Cote du radier	4,9 m NGF
Volume de déblais estimé	101 000 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution suspectée : HCT, COHV, BTEX, HAP, métaux (enjeu fort lié aux anciennes activités industrielles exercées au droit du site)
Eaux souterraines	Pollution passée avérée à proximité: COHV, HCT (enjeu modéré lié à la présence d'une nappe vulnérable, au passif industriel du site et à une pollution de la nappe à proximité du site)

Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Zone industrielle et logistique	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone (adultes)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Non concerné (pas d'impact hors site en phase exploitation)
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Le Vert de Maisons

Données constructives	
Cote TN	32,4 m NGF
Cote du radier	10,32 m NGF
Volume de déblais estimé	123 000 m^3

Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pas de pollution recensée lors des investigations
Eaux souterraines	Pollution suspectée : COHV, HCT, BTEX (enjeu modéré lié à la vulnérabilité de la nappe et à la présence de cuves et d'un site BASIAS sur la parcelle voisine)

Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : habitat collectif et individuel, gare, friche	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiels dans la nappe Envol de poussières comprenant des éventuels polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiels dans la nappe
Voies d'exposition potentielles	Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans la nappe encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Créteil L'Echât

Données constructives	
Cote TN	37 m NGF
Cote du radier	8,12 m NGF
Volume de déblais estimé	90 000 m^3
Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution avérée : HCT, métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions)
Eaux souterraines	Pollution avérée : HAP (enjeu faible lié à la présence de faible quantité de polluants)

Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte (activités tertiaires et secondaires) : immeuble d'activité, chaufferie, CHU	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, travailleurs du secteur (adultes)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils dans le milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare de Saint-Maur Créteil

Données constructives	
Cote TN	38 m NGF
Cote du radier	19,6 m NGF
Volume de déblais estimé	107 000 m^3
Pollution potentielle / avérée	
Sols	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux (enjeu faible lié à la présence de remblais potentiellement pollués et d'éventuelles cuves à fioul)
Eaux souterraines	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu faible lié à la vulnérabilité de la nappe et la présence d'un site BASIAS à proximité)

Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte (tertiaire et résidentiel) : immeuble d'activité, habitat collectif et individuel	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare

Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité car pas de composés volatils suspectés Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air d'éventuels polluants volatils du milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation potentielle de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation d'éventuels polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place

Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs l	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Champigny Centre			
Données constructives			
Cote TN	38,22 m NGF		
Cote du radier	12,1 m NGF		
Volume de déblais estimé	110 000 m^3		
Pollution potentielle / avérée			
Sols	Pollution avérée : HCT, BTEX, métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions)		
Eaux souterraines	Pollution suspectée : HCT (enjeu modéré lié à la présence d'hydrocarbures dans les sols saturés)		
Contexte du site et cibles potentielles			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Occupation du sol	Habitat collectif et individuel, lycée		
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare	
Notion de transfert de pollution			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés Migration des éventuels composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils du milieu souterrain encore en place	
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place	
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible	
Hors site	Risque d'impact modéré pour les riverains	Pas d'impact	
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion		

SMR de Champigny			
Données constructives			
Cote TN	71,36 m NGF au nord, 86,11 m NGF au sud		
Cote du radier	72,9 m NGF		
Volume de déblais estimé	403 000 m^3		
Pollution potentielle / avérée			
Sols	Pollution avérée : métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu faible lié à la présence de ces pollutions)		
Eaux souterraines	Pollution avérée : métaux et métalloïdes (enjeu faible lié à la présence de ces pollutions)		
Contexte du site et cibles potentielles			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Occupation du sol	Zone industrielle et parc départemental		
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, travailleurs de la zone industrielle et promeneurs du parc (adultes et enfants)	Travailleurs du SMR	
Notion de transfert de pollution			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Voies de transfert potentielles	Migration des composés lixiviables vers les eaux souterraines Envol de poussières comprenant des métaux adsorbés	- (revêtement de surface)	
Voies d'exposition potentielles	Inhalation/ingestion de poussières contaminées (pas de captages d'eau recensés à proximité)	-	
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain			
	Phase chantier	***Phase exploitation***	
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Pas d'impact (pas de composés volatils)	
Hors site	Risque d'impact faible pour les usagers du parc	Pas d'impact	
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion		

Gare Bry Villiers Champigny

Données constructives		
Cote du TN	entre 80 et 85 m NGF	
Cote du radier	entre 54,94 et 57,5 m NGF (selon le scénario)	
Volume de déblais prévu	136 000 m^3 (gare) et 488 000 m^3 (tunnel)	
Pollution potentielle / avérée		
Sols	Pollution avérée : PCB, HCT et HAP et en métaux et métalloïdes lixiviables (enjeu modéré lié à la présence de ces pollutions)	
Eaux souterraines	Nappe non vulnérable	
Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : habitat individuel, friche	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare
Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils potentiellement présents dans les sols Envol de poussières comprenant éventuellement des polluants adsorbés	- (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	- (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Pas d'impact (pas de composés volatils suspectés dans la nappe)
Hors site	Risque d'impact faible pour les riverains	Pas d'impact (pas d'impact hors site en phase exploitation)
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

Gare Noisy-Champs

Données constructives		
Cote TN	96 m NGF	
Cote du radier	72,65 m NGF (radier de la ligne 16 sous les quais de la ligne 15)	
Volume de déblais estimé	457 000 m^3 (gare + avant gare + arrière gare) – 318 000 m^3 (tunnel)	
Pollution potentielle / avérée		
Sols	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT, HAP, métaux, PCB (enjeu faible lié à la présence de remblais et à la présence d'une station de lavage)	
Eaux souterraines	Pollution suspectée : COHV, BTEX, HCT (enjeu faible uniquement en cas de présence d'une nappe perchée et liée à la faible densité de sources potentielles de pollution)	
Contexte du site et cibles potentielles		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Occupation du sol	Mixte : habitat collectif, parc, complexe universitaire et de bureaux	
Cibles potentielles	Travailleurs du chantier, riverains du chantier (adultes et enfants)	Travailleurs et usagers de la gare
Notion de transfert de pollution		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Voies de transfert potentielles	Dégazage dans l'air de polluants volatils (faible probabilité) Envol de poussières comprenant des polluants Migration de composés lixiviables vers les eaux souterraines	Dégazage dans l'air de polluants volatils lié au milieu souterrain encore en place
Voies d'exposition potentielles	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain Inhalation/ingestion de poussières contaminées	Inhalation de polluants volatils présents dans le milieu souterrain encore en place
Impacts et mesures liés à la pollution du milieu souterrain		
	Phase chantier	***Phase exploitation***
Sur site	Risque d'impact modéré pour les travailleurs	Risque d'impact faible
Hors site	Risque d'impact faible pour les riverains	Pas d'impact (pas de cible hors site en phase exploitation)
Mesures retenues	Mesures générales retenues pour la gestion des milieux pollués en phase chantier Mesures spécifiques éventuelles définies à l'issue des plans de gestion	

1.8.3.10 Synthèse relative aux risques de pollutions du milieu souterrain

Les enjeux relatifs à la pollution du milieu souterrain ont été identifiés très en amont par la Société du Grand Paris et font l'objet d'une attention particulière dans le cadre de la définition du projet.

Les études conduites sur la Ligne 15 Sud depuis plusieurs années s'attachent à identifier de manière exhaustive les risques associés à la pollution du milieu souterrain, que ce soit au niveau des gares et des sites de maintenance, mais également sur l'ensemble des ouvrages annexes et des ouvrages spécifiques réalisés à partir de la surface.

Ces études ont permis d'identifier un certain nombre de sites particulièrement sensibles qui font l'objet d'une attention particulière :

- Sur le secteur Ouest de la Ligne 15 Sud avec les sites des gares de Pont de Sèvres, Issy RER, Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux,
- Sur le secteur des Ardoines, au niveau de la gare des Ardoines et du SMI de Vitry,
- Sur le secteur de Champigny, au niveau de la gare de Champigny Centre et du SMR.

Les études sont encore en cours et restent conditionnées par les possibilités d'accès aux parcelles pour la réalisation des sondages et la pose des piézomètres. La finalisation des diagnostics permettra d'engager la réalisation des plans de gestion et des EQRS et de définir les mesures spécifiques qui seront mises en œuvre pour assurer la compatibilité des sites avec leur usage (en phase chantier et en phase exploitation).

1.8.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la gestion des terres et milieux pollués

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine	Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation de la voie fluviale pour leur évacuation	**Mesures générales relatives à la gestion des déblais :** • Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire) • Identification des projets de valorisation • Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité • Priorité donnée au report vers les installations existantes de la voie d'eau et du fer et à l'utilisation des axes structurants pour le transport des déblais **Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :** • Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur les sites de l'Ile de Monsieur et de Pont de Sèvres par la création de plateformes dédiées et études pour utiliser les ports existants • Développement du transport ferroviaire sur le site de Fort d'Issy/Vanves/Clamart • Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales **Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :** • Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels) • Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches) • Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé • Évacuation des terres polluées en filières spécialisées **Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :** • Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études encore en cours : par exemple, suivi de la qualité des eaux et de l'air ambiant à proximité du chantier, utilisation d'engins à cabine pressurusée, dsurélévation des bases vies) **Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :** • Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet • Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques • Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des gares de Pont de Sèvres et Issy RER	
	Présence de nombreux sites BASIAS et BASOL et pollution avérée du milieu souterrain au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne	Risque d'impact fort au droit des gares de Pont de Sèvres et Issy RER lié à la mobilisation de terrains pollués et de riverains à proximité des chantiers	
	Présence avérée de pollution dans le secteur d'aménagement de la gare Issy RER et d'activités industrielles ponctuelles référencées BASIAS et/ou BASOL	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Volume de déblais important – présence de plusieurs axes structurants et d'un faisceau ferroviaire à proximité	Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart	
	Présence avérée de pollution sur les secteurs d'aménagement des gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées	Risque d'impact fort au droit de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart lié à la mobilisation de terrains pollués	
	Présence potentielle de pollution sur le secteur de Châtillon-Montrouge du fait d'activités industrielles ponctuelles référencés BASIAS	Risque d'impact modéré lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués et la présence de riverains à proximité du chantier	
	Présence potentielle de pollution sur le reste du secteur du fait de remblais potentiellement pollués	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Volume de déblais limité – présence de plusieurs axes structurants à proximité (A6 / A86) mais absence d'équipement fluvial et ferroviaire à proximité immédiate	Impact fort lié au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	**Mesures générales relatives à la gestion des déblais :** • Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire) • Identification des projets de valorisation • Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité • Priorité donnée aux axes structurants pour le transport des déblais **Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :** • Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur le site de la Friche Arrighi par la création d'une plateforme de transbordement et études pour utiliser les ports existants • Développement du transport ferroviaire sur le site de Bry Villiers Champigny • Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales **Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :** • Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels) • Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches) • Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé • Évacuation des terres polluées en filières spécialisées **Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :** • Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études en cours) **Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :** • Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet • Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques • Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié	Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique	
	Présence potentielle de pollution sur le secteur du fait de remblais potentiellement pollués	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Vitry Centre à Champigny Centre	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine sur la partie Ouest du secteur	Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation ponctuelle de la voie fluviale pour leur évacuation (friche Arrighi)	
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit de la zone industrielle des Ardoines	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des ouvrages dans le secteur des Ardoines	
	Présence de l'ancienne zone industrielle des Ardoines (sites BASIAS et BASOL) et pollution dû aux activités actuelles et passées	Risque d'impact fort dans le secteur des Ardoines et de Champigny lié à la mobilisation de terrains pollués lors de la réalisation des ouvrages	
	Présence d'une pollution avérée dans le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre du fait d'activités industrielles ponctuelles	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains pollués et potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
	Présence potentielle de pollution sur le reste de la section du fait de remblais potentiellement pollués	Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Volume de déblais important – Présence d'un seul axe routier structurant à proximité (A4)	Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié	Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique	
	Présence potentielle de pollution du fait d'activités industrielles et commerciales au niveau du secteur d'aménagement du SMR	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués, mais limité dans les secteurs d'aménagement les plus éloignés des riverains	
	Présence potentielle de pollution du fait de remblais potentiellement pollués sur le reste de la section		

1.9 Vibrations

Ce chapitre fait suite à l'analyse de l'état vibratoire initial qui a permis d'identifier les zones et/ou singularités à enjeux potentiels sur le territoire traversé par la Ligne 15 Sud.

L'objectif est d'évaluer en phase exploitation et en phase construction, l'impact vibratoire du projet sur :

- les occupants proches du tracé, vis-à-vis de la perception tactile des vibrations mais aussi de la perception auditive d'un bruit rayonné, dit bruit solidien ;
- les structures même des bâtiments ;
- le fonctionnement d'équipements sensibles aux vibrations.

Ce chapitre comprend une analyse des réglementations et des valeurs limites applicables ainsi qu'une présentation de la nature des impacts du projet. L'évaluation des impacts au regard des valeurs cibles retenues et les résultats des modélisations sont ensuite présentés et suivie d'une revue des mesures d'accompagnement envisagées à ce stade du projet.

1.9.1 Plan de management des bruits et vibrations en phase exploitation

La Société du Grand Paris a entrepris la mise en place d'un dispositif de contrôle des risques de nuisances liés aux bruits et vibrations transmis par le sol en phase exploitation.

Ce dispositif ou plan de management prévoit les éléments suivants :

- La définition des métriques et de valeurs cibles permettant d'évaluer l'exposition des riverains aux vibrations et aux bruits solidiens transmis par le sol en se basant sur les travaux de normalisation et de recherche les plus récents,
- L'identification des bâtiments sensibles et dimensionnants par zone (bâtiment représentatif d'une zone de quelques dizaines à quelques centaines).
- La réalisation de campagnes de mesures sur site afin de caractériser les propriétés des sols (caractéristiques mécaniques des couches géologiques) selon les méthodes de l'état de l'art, et ainsi alimenter les modèles de simulations avec des données fiables,
- La caractérisation des fonctions de transfert vibratoires entre le sol et les fondations de bâtiments, par des procédés numériques et/ou expérimentaux (sur site)
- La réalisation de nouvelles simulations dans des bâtiments sélectionnés a priori sensibles (entre 30 et 40 pour le tronçon sud);
- La réalisation de mesures de transfert vibratoire après construction du tunnel (vide)
- La réalisation de mesures vibratoires in situ en conditions de marche à blanc.

Un des points clés du dispositif est la nomination d'un organisme indépendant de second regard qui contrôlera la pertinence du plan de management et de l'ensemble des travaux d'essais et de simulations menés au cours des phases successives du projet et listés plus haut.

1.9.2 La réglementation et les valeurs cibles

Les grandeurs physiques utilisées pour évaluer l'exposition des riverains aux bruits et vibrations transmis par le sol sont :

- Le niveau de vitesse particulaire $Lv_{max,S}$ mesuré ou simulé dans la partie centrale du plancher. Il s'agit du niveau global en dB réf. $5x10^{-8}$ m/s, non pondéré, calculé sur l'ensemble des bandes de tiers d'octave de 8 à 80 Hz. L'indice « S » indique l'application de la constante de temps normalisée Slow (durée de 1 sec). Ce descripteur est recommandé par le groupe de normalisation ISO/TC108/SC2.

- Le niveau de pression acoustique Lp_{ASmax} lié au bruit solidien, calculé sur les bandes de tiers d'octave de 16 Hz à 250 Hz et exprimé en dB réf. $2x10^{-5}$ Pa avec une pondération A.

1.9.2.1 Gêne des occupants par perception tactile des vibrations

Les valeurs cibles définies dans ce chapitre permettent d'évaluer le risque de gêne des occupants des bâtiments exposés. Elles sont issues de la norme ISO2631-2 relative à « l'évaluation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps », version 1989. Ces valeurs, bien que disparues dans la version de 2003, sont très souvent utilisées en France (en l'absence de norme nationale ou texte réglementaire spécifique), mais également en Suède et aux États-Unis comme mentionné dans les résultats du projet de recherche Européen RIVAS.

Pour rappel, le projet RIVAS (pour Railway Induced Vibration Abatement Solutions) est un programme européen de R&D regroupant 27 acteurs et qui a permis d'aboutir en 2013 à un certain nombre de documents consultables sur le site internet. Ce projet traite des risques liés à l'apparition de vibrations et bruit d'origine solidien en phase lors de l''exploitation de lignes ferroviaires. Les méthodes, résultats et analyses font consensus et constituent à ce jour une référence sans équivalent en Europe.

Ces valeurs sont en fait identiques pour toutes les bandes 1/3 octaves entre 8 et 80 Hz et s'appliquent au niveau du plancher de la zone considérée, au centre de la pièce, selon un axe vertical.

Valeurs vibratoires cibles à ne pas dépasser en termes de gêne potentielle des occupants

Type de bâtiment	Période d'exposition	Valeurs cibles pour chaque bande 1/3 octave de 8 Hz à 80 Hz	
		Vitesse particulaire rms en mm/s de 8 à 80 Hz	Vitesse particulaire en dBV réf. $5x10^{-8}$ m/s
Zones de travail sensibles (hôpitaux, laboratoires, etc…)	Jour et nuit	0,10	66
Zones résidentielles	Jour	0,20	72
	Nuit	0,14	**69**
Bureaux	Jour et nuit	0,40	78
Ateliers	Jour et nuit	0,80	84

La valeur limite de 69 dBV sera retenue de nuit, pour les zones résidentielles, avec une tolérance de 3 dBV de plus le jour. Pour les zones de travail les plus sensibles, le niveau sera de 3 dBV inférieur, soit 66 dBV de jour comme de nuit.

Dans le paragraphe relatif à l'évaluation des impacts, les fréquences supérieures à 80 Hz seront également étudiées, même si les seuils précédents ne les prennent pas en considération.

1.9.2.2 Gêne des occupants par perception du bruit solidien

Les valeurs cibles fixées pour déterminer la gêne des occupants d'un bâtiment lié au bruit solidien sont issus des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, recommandations que l'on retrouve sur la plateforme de Bruitparif (Observatoire du bruit en région Île-de-France).

Sont également prises en compte certaines valeurs seuils proposées par le ministère des transports américain, via le guide de la Federal Transit Administration FTA « Transit Noise and Vibration Impact Assessment » pour ce qui concerne les bâtiments avec activités spécifiques.

Valeurs acoustiques cibles à ne pas dépasser en termes de gêne potentielle des occupants

Type de lieu	Période d'observation	Valeur limite
Résidences, hôpitaux, maisons de retraite, écoles maternelles, crèches	Jour	Lp_{ASmax} = 40 dB(A)
	Nuit	**Lp_{ASmax} = 35 dB(A)**
Salles de classe, tribunaux, salles de conférences, bureaux	Jour	Lp_{ASmax} = 40 dB(A)
Théâtres, cinémas	Jour et nuit	Lp_{ASmax} = 30 dB(A)
Studios d'enregistrement, studios TV, auditoriums, salles de concert	Jour et nuit	Lp_{ASmax} = 25 dB(A)

Il convient de rappeler que l'indice LpASmax correspond à la valeur maximale moyennée sur 1 seconde mesurée lors du passage d'un métro à proximité. Il s'agit donc d'une valeur proche de la valeur « instantanée ».

La valeur retenue dans cette étude pour la période nuit - la plus contraignante - est de 35 dB(A) sur 1 seconde. Elle correspond à la plus faible valeur, sauf en ce qui concerne les studios d'enregistrement ou assimilé.

1.9.2.3 Risque de dommage structurel des bâtis

Les vibrations générées par un métro en exploitation sont d'amplitude insuffisante pour entrainer des désordres structurels dans les constructions.

À titre indicatif, la circulaire du 23 juillet 1986, qui s'applique aux impacts vibratoires générés par les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, impose différentes valeurs seuils à ne pas dépasser selon le type de constructions classées par niveau de vulnérabilité et la nature de l'excitation (intermittente ou continue).

Les valeurs seuils indiquées dans cette circulaire sont de l'ordre de plusieurs mm/s, ou encore entre 20 et 100 fois supérieurs aux valeurs cibles retenues pour évaluer le risques de gêne par perception tactile des riverains. Le respect de ces dernières permet de garantir l'absence de risques de dommages aux constructions liés aux vibrations.

1.9.2.4 Seuils en phase travaux

Les textes réglementaires relatifs à la limitation des vibrations engendrées par des activités de type chantier sont très disparates. Les réglementations sont en fait inexistantes mais il existe des documents de référence sous la forme de guides de bonne pratique (charte chantier vert, charte chantier à faible nuisance), voire de simples recommandations.

Généralement, des premiers seuils sont indiqués au cahier des charges des entreprises de travaux. Ces seuils sont définis de façon à préserver l'intégrité des bâtiments qui seront exposés de façon notable aux vibrations.

Des essais dits de convenance sont ensuite réalisés au démarrage des travaux. Ils consistent en des tests « grandeur nature » et permettent de quantifier précisément l'impact vibratoire de telle ou telle phase de travaux. Les seuils sont alors validés ou réajustés dans l'objectif clair de permettre la réalisation des travaux de façon maîtrisée, sans prendre de risque au niveau de l'intégrité des bâtiments. Dans ce cas, des dispositifs de mesures en continu (monitoring) avec alarmes en temps réel en cas de dépassements de seuils sont systématiquement mis en place afin de pouvoir, les cas échéant, stopper la phase de travaux incriminée et l'adapter (modification du process, aménagement d'horaires, réduction de la fréquence…).

En ce qui concerne la gêne des riverains, des dépassements ponctuels des valeurs de perception des vibrations (valeurs plus faibles que celles correspondant aux seuils d'intégrité des bâtiments) sont généralement acceptés, à partir du moment où ces dépassements sont anticipés. **Un plan de management du bruit et des vibrations** doit ainsi être mis en place afin de prévoir les phases les plus impactantes en termes d'intensité, de durée, de période horaire et de localisation…et ce avec une mise à jour en fonction de l'avancement du chantier.

En résumé, les seuils vibratoires relatifs à la phase de travaux seront définis plus précisément en concertation avec les entreprises, une fois les process de réalisation et leur phasage détaillé validé.

À ce stade des études, **il est proposé de retenir comme valeur guide un niveau vibratoire de 2 mm/s** soit environ 92 dB (valeur à comparer aux 66 dB retenus pour les établissements sensibles), correspondant à des niveaux certes potentiellement perceptibles par des riverains, mais ne présentant pas de risque pour les structures.

L'analyse des réglementations et seuils applicables en matière de vibrations émises dans l'environnement par le métro du Grand Paris durant les phases d'exploitation et de construction d'un métro, permet de conclure que les seuils les plus sévères correspondent à ceux relatifs au risque de gêne des occupants des bâtis situés à proximité du tracé. Ce risque de gêne pourra être lié soit aux vibrations des planchers, soit au bruit solidien qui en découle.

Les valeurs de 69 dBV pour les vibrations et de 35 dB(A) pour le bruit sont les ordres de grandeur de limites à retenir en zones résidentielles pour la phase exploitation (se référer aux tableaux détaillés pour les valeurs précises par type bâtiment ou lieux).

1.9.3 La nature des risques d'impact vibratoire du projet

Les différents types d'impact vibratoire du projet sont analysés ci-après d'un point de vue qualitatif.

Dans la partie relative à l'évaluation des impacts, des modélisations ponctuelles détaillées seront réalisées afin de quantifier ces impacts.

1.9.3.1 Exploitation du métro

Les lignes ferroviaires en phase exploitation génèrent des vibrations provenant de l'interaction dynamique entre le véhicule et la voie. Ces vibrations se transmettent à l'infrastructure (structure du tunnel) et au sol par couplage mécanique, puis se propagent dans le sol jusqu'aux fondations des bâtiments alentours, causant la mise en vibration de ces bâtiments.

Les vibrations de flexion des dalles/planchers et des murs peuvent être ressenties par les individus de manière tactile et sous la forme d'un bruit sourd (bruit solidien ou bruit transmis par le sol). Ce bruit est généralement plus fortement ressenti pour les voies souterraines que pour les voies en surface, puisqu'il n'est pas masqué par le bruit émis au passage du train et se propageant dans l'air jusqu'aux façades des bâtiments.

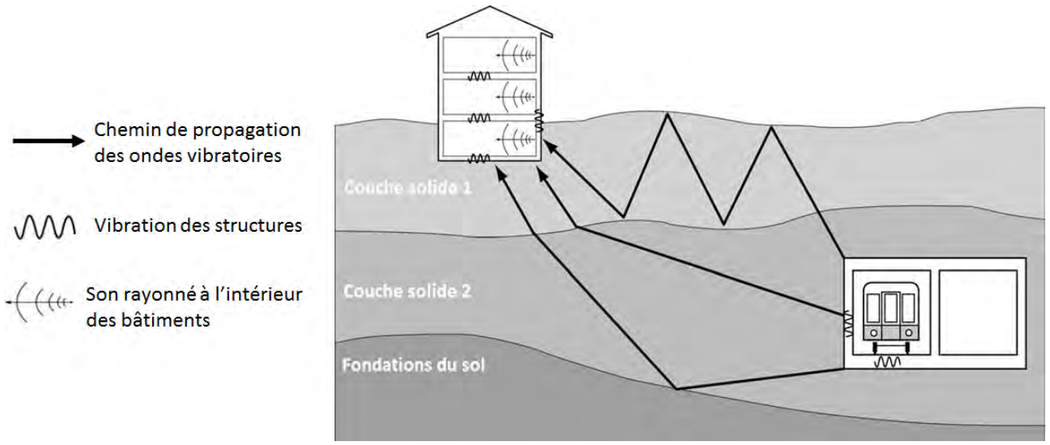


Illustration des vibrations induites par un système ferroviaire souterrain (extrait de la norme ISO 14837-1)

Le diagramme précédent résume les différentes étapes de génération et de transmission par le sol des bruits et vibrations induits par un système de transport ferroviaire.

Émission :

En phase exploitation, les vibrations proviennent des mécanismes d'interaction entre le matériel roulant et la voie dans la zone de contact roue/rail. Le déplacement imposé par les irrégularités des surfaces de roulement des rails et des roues, ainsi que le déplacement des charges des essieux sur un support de raideur variable (dans le cas de supports discrets du rail) conduisent à des efforts dynamiques s'appliquant au véhicule et à la voie.

L'énergie vibratoire induite dans la zone de contact est absorbée par la mise en vibration de la voie et du matériel roulant, dont les contributions respectives (en termes de niveaux vibratoires) dépendent du rapport de leurs mobilités au point de contact (vitesse particulaire pour un effort unitaire). Autrement dit, la vibration de la voie et par extension ses performances en terme d'atténuation vibratoire dépendent des propriétés dynamiques du matériel roulant. Les efforts dynamiques au contact génèrent un mouvement vibratoire des composants de voie se transmettant à la structure du tunnel elle-même couplée au sol. Pour un même niveau d'effort, les niveaux vibratoires au niveau du radier et des parois du tunnel dépendent des propriétés géométriques et mécaniques de la structure du tunnel mais également des caractéristiques mécaniques du sol auquel le tunnel est couplé. Plus le sol est meuble et peu dense, plus les niveaux vibratoires au niveau de la structure du tunnel et en aval dans le sol seront importants (tous paramètres égaux par ailleurs).

Propagation :

Les vibrations transmises au sol vont se propager sous forme d'ondes (de dilatation et de cisaillement) jusqu'à atteindre les fondations d'un bâtiment (propagation). À chaque interface entre deux couches géologiques, les ondes vont en partie transmettre leur énergie aux couches supérieures, l'autre partie de l'énergie étant réfléchie.

Immission :

Une partie des niveaux vibratoires va se transmettre aux fondations par effet de couplage mécanique : le couplage sera d'autant plus faible que le sol sera meuble. Les vibrations se propagent enfin au sein de la structure du bâtiment et exciter les modes de flexion principaux des planchers, se traduisant par un effet d'amplification vibratoire. Une partie de l'énergie vibratoire des planchers et murs est ensuite convertie en bruit par effet de rayonnement acoustique (réception).

Les niveaux de vibrations attendus sont fonction des paramètres suivants :

- Les caractéristiques du matériel roulant, notamment la masse non suspendue (masse en contact direct avec le rail et la raideur des suspensions primaire (entre les essieux et la structure du bogie), sa vitesse.

- l'état de rugosité des tables de roulement des rails et des roues. Ce sont en effet les micros défauts des surfaces de roulement dans la zone de contact entre les roues et le rail qui sont majoritairement à l'origine de la création de vibrations. Cet état de rugosité n'est pas stable dans le temps et une usure prononcée des voies et/ou des roues, peut avoir pour conséquence des niveaux de vibration plus élevés que ceux annoncés dans cette étude. Le niveau de rugosité considéré ici correspond à un état d'usure moyen des rails et des roues.

- Le système de pose des voies qui intègre un système de réduction des vibrations « à la source ». Dans le cas de la Ligne 15 Sud, il est prévu la mise en place systématique d'une semelle souple entre le rail et la plate-forme.

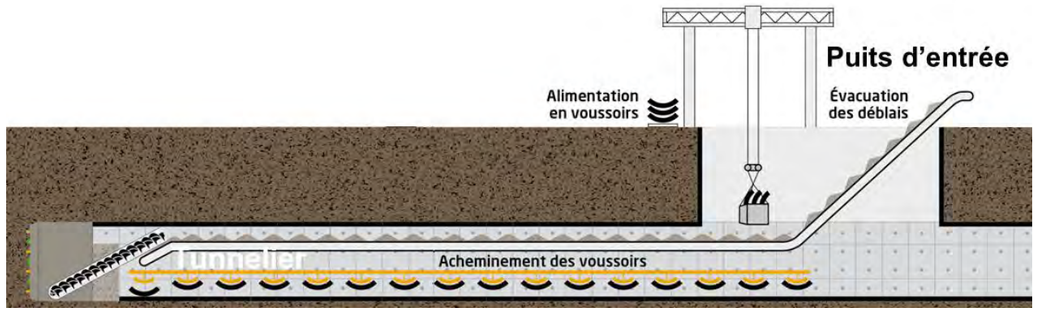
- La profondeur du tunnel.

- Les conditions de propagation dans le sol, dépendant des caractéristiques mécaniques des couches géologiques entre la base du tunnel et les fondations des bâtiments concernés,

- les types de fondations et de bâtiment, comme détaillé dans le chapitre présentant l'état initial.

1.9.3.2 Travaux de creusement du tunnel

Lors de la phase de construction du tunnel, il est prévu d'utiliser un tunnelier, comme illustré dans la figure suivante.



Principe de creusement par tunnelier

Cette technique présente de nombreux avantages notamment pour limiter les effets potentiels sur la stabilité des sols, ou sur les nappes souterraines. Elle permet en effet un avancement continu et régulier du percement du tunnel, ce qui limite les risques de désordre. Le tunnelier assure la pressurisation du front de taille et la mise en place rapide de voussoirs en béton avec injection de mortier, ce qui permet d'assurer la stabilité du tunnel et son étanchéité.

Les retours d'expérience sur la réalisation de plusieurs ouvrages ces 30 dernières années en région parisienne (métro Ligne 14 entre la gare de Lyon et La Madeleine, métro Ligne 12 entre la Porte de la Chapelle et la Mairie d'Aubervilliers, prolongement de la Ligne RER D, tramway T6 présentant une partie souterraine à Viroflay), tous implantés à environ 20 mètres sous le terrain naturel, montrent la limitation des nuisances perceptibles en surface générées par le creusement au tunnelier.

Pour le creusement à proximité d'anciennes carrières, des mesures spécifiques de confortement peuvent être prévues et sont alors mises en œuvre avant le passage du tunnelier. Ces phases de comblement permettront ainsi d'assurer la stabilité des sols, et ainsi d'éviter les impacts potentiels liés à la présence de vides. Ces mesures sont présentées dans la rubrique relative à la Géologie du présent document, au niveau du paragraphe portant sur la prise en compte des anciennes carrières souterraines.

Dans certains cas ponctuels, où la géologie présente des spécifiés ou lorsque le tunnel est plus proche de la surface, il sera possible de ressentir au niveau du sol, des vibrations. La vitesse d'un tunnelier étant d'environ de 8 à 14 mètres par jour, ces effets seront cependant temporaires. Ils dureront éventuellement entre 2 et 3 jours pour un bâtiment donné.

En conclusion, la mise en œuvre de cette technique permet de limiter de manière significative l'émission de vibrations, et peut être considérée comme une mesure d'évitement. Les impacts liés à ces travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles a priori. Ils seront bien entendu vérifiés dans la partie relative à l'évaluation du risque vibratoire.

1.9.3.3 Travaux spécifiques de type gares, sites de maintenance, puits

Ces travaux annexes ne sont pas négligeables d'un point de vue vibratoire car ils se déroulent pour certains d'entre eux, en surface. Les travaux les plus significatifs vont correspondre à l'utilisation des techniques suivantes.

Technique utilisée	Particularité	Illustrations
Parois moulées	Une paroi moulée est un mur en béton armé coulé dans le sol. Le principe est de creuser une tranchée, remplie de boue durant l'excavation puis dans laquelle le béton est ensuite coulé. L'utilisation de cette technique permet d'éviter les opérations de rabattements de nappes souterraine mais également de limiter les vibrations par rapport à du battage de palplanches (voir ci-après)	
Brise roche	La finition des parois moulées pourra être réalisée au brise-roche. Cette technique génère plus de vibrations mais sera très limitée dans le temps et dans l'espace.	
Compactage	Les travaux de terrassement nécessiteront l'utilisation de compacteurs, eux aussi potentiellement générateur de vibrations.	
Battage	Le battage ou vibrofonçage de palplanches permet de réaliser un mur de soutènement. Cette technique génère plus de vibrations que les techniques précédentes. Elle sera limitée à la construction de la gare de Pont De Sèvres.	

Une analyse de l'impact de ces travaux spécifiques sera développée dans la suite.

En complément, des méthodes plus traditionnelles de construction seront utilisées comme par exemple pour la construction de certaines parties de gares. Par contre, ces méthodes présentent des impacts vibratoires négligeables qui ne méritent pas d'être analysés.

1.9.3.4 Exploitation du métro

En phase d'exploitation du métro, les impacts vibratoires liés à la circulation des rames seront moins significatifs mais s'étaleront sur la durée. Malgré l'éloignement des sources vibratoires lié à la profondeur même du métro, des vibrations pourront être transmises du train, au sol, puis aux fondations et enfin aux habitations.

Les niveaux de vibrations attendus sont fonctions de nombreux critères :

- Le type de matériel roulant, sa vitesse, sa masse.

- Le type de roue et de voie et surtout l'état de rugosité du système roue-rail. Ce sont en effet les micros défauts de planéité entre les roues et le rail qui sont à l'origine de la création de vibrations. Cet état de rugosité n'est pas stable dans le temps et une usure prononcée des voies et/ou des roues, voire en plus dans une courbe, peut avoir pour conséquence des niveaux de vibration plus élevés.



Exemple de matériel roulant

- Le système de pose des voies qui peut intégrer d'office un système de réduction des vibrations « à la source ». Dans le cas de la Ligne 15 Sud, il est ainsi prévu, par défaut, la mise en place d'une semelle souple sous le rail.

- La profondeur du tunnel.

- Les conditions de propagation dans le sol, les types de fondations et de bâtiment, comme détaillé dans le chapitre présentant l'état initial.

1.9.4 Analyse des vibrations liées au projet

1.9.4.1 Paramètres pris en compte

L'analyse des différents paramètres susceptibles d'avoir une incidence sur la sensibilité vibratoire du site en termes de perception des vibrations et du bruit solidien par les riverains et de risque pour le bâti, a été effectuée lors de l'étude d'état initial, en recensant :

- La présence ou non d'habitants et le type de bâtiment.
- La présence ou non d'établissement sensibles type monuments historiques, hôpitaux, écoles, crèches, lieux culturels, etc. La composition géologique du sous-sol.
- La présence de singularité type carrières et réseaux et/ou ouvrages enterrés.
- La profondeur du tracé et l'éloignement dans le plan horizontal des bâtiments par rapport au tracé.
- Le type de bâtiments et notamment le type de fondations (sur pieux ou sur semelle de répartition).

Cette analyse a conduit à la production de cartes permettant de visualiser ces différents éléments.

1.9.4.2 Analyse de l'impact vibratoire du tunnelier

Cette phase de travaux présente de très fortes similitudes avec la phase d'exploitation du métro, puisque des vibrations vont être créées dans le sous-sol, le long du tracé.

Mise à part les différences entre les deux types de sources (un tunnelier d'une part et le contact roue-rail d'autre part), les phénomènes de propagation et l'impact en surface via les fondations des bâtiments seront très similaires.

La méthode d'évaluation d'impact commune est ainsi détaillée dans le paragraphe suivant, relatif à la phase exploitation.

1.9.4.3 Analyse de l'impact vibratoire en phase exploitation

Un paramètre essentiel à prendre en compte en complément des autres paramètres listés plus haut est la profondeur du tunnel (la profondeur de voie correspond à la distance entre la surface du sol et la voie de circulation du métro).

C'est en effet un paramètre essentiel pour l'analyse de risque car l'impact vibratoire dépend de la distance entre la source de vibration (train à l'intérieur du tunnel) et le récepteur en surface ou les fondations des bâtiments.

L'analyse est conduite en distinguant les profondeurs de voies suivantes par ordre croissant de sensibilité aux vibrations :

- Profondeur des voies supérieure à 25 m.

- Profondeur des voies comprise entre 20 et 25 m.

- Profondeur des voies inférieure à 20 m.

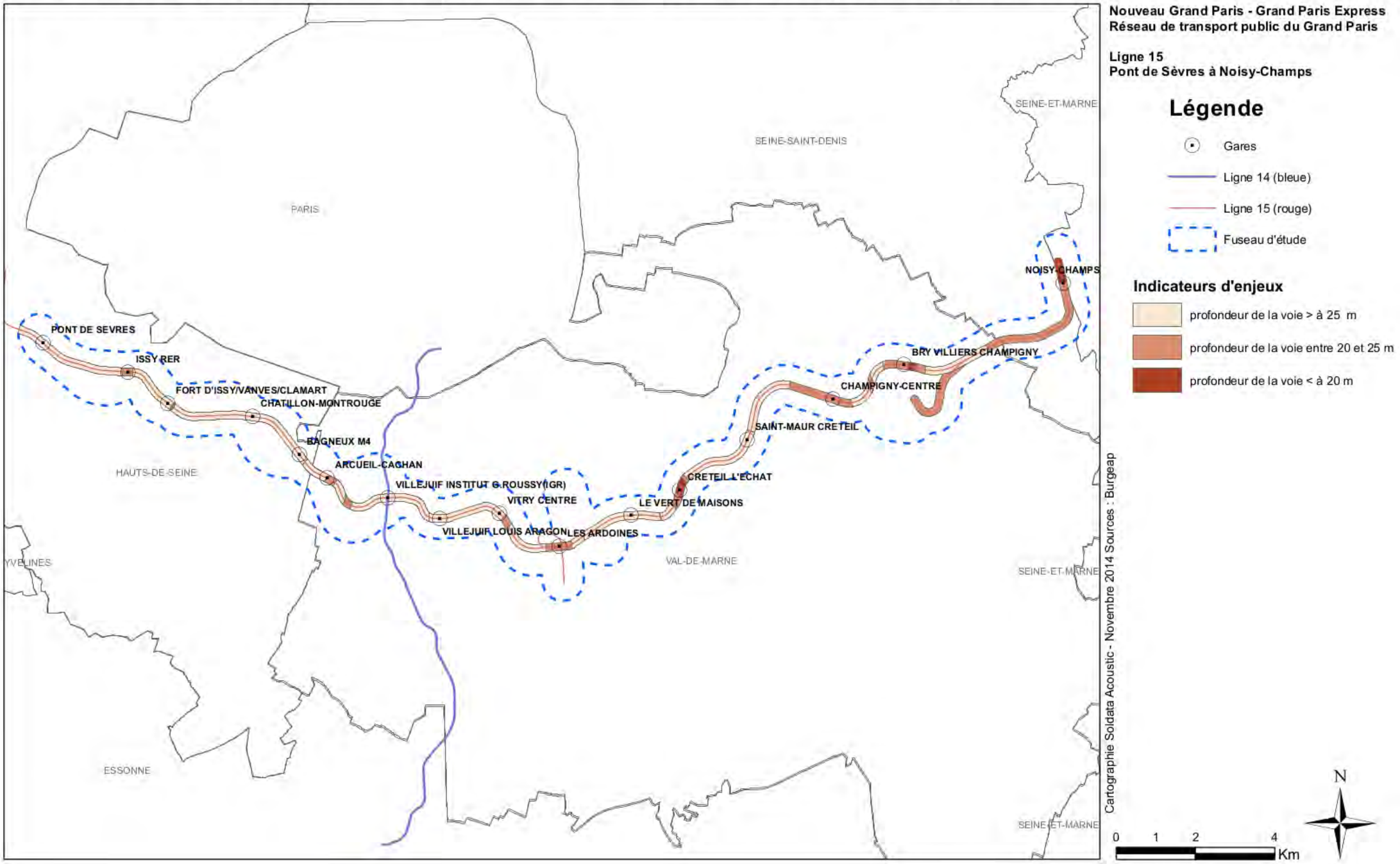
La carte suivante, nommée « Profondeur du projet », permet de visualiser sur toute la longueur du tracé la profondeur des différentes sections. La largeur des sections est limitée à 100 m de part et d'autre du tracé (et non pas à toute la largeur du fuseau d'étude) car à cette distance, les niveaux vibratoires seront forcément négligeables (hypothèse qui sera confirmée par les calculs détaillés).

La carte permet de constater la présence de seulement 3 zones de faible profondeur et 9 zones de profondeur moyenne. Plus de 70% du tracé sera en plus grande profondeur.

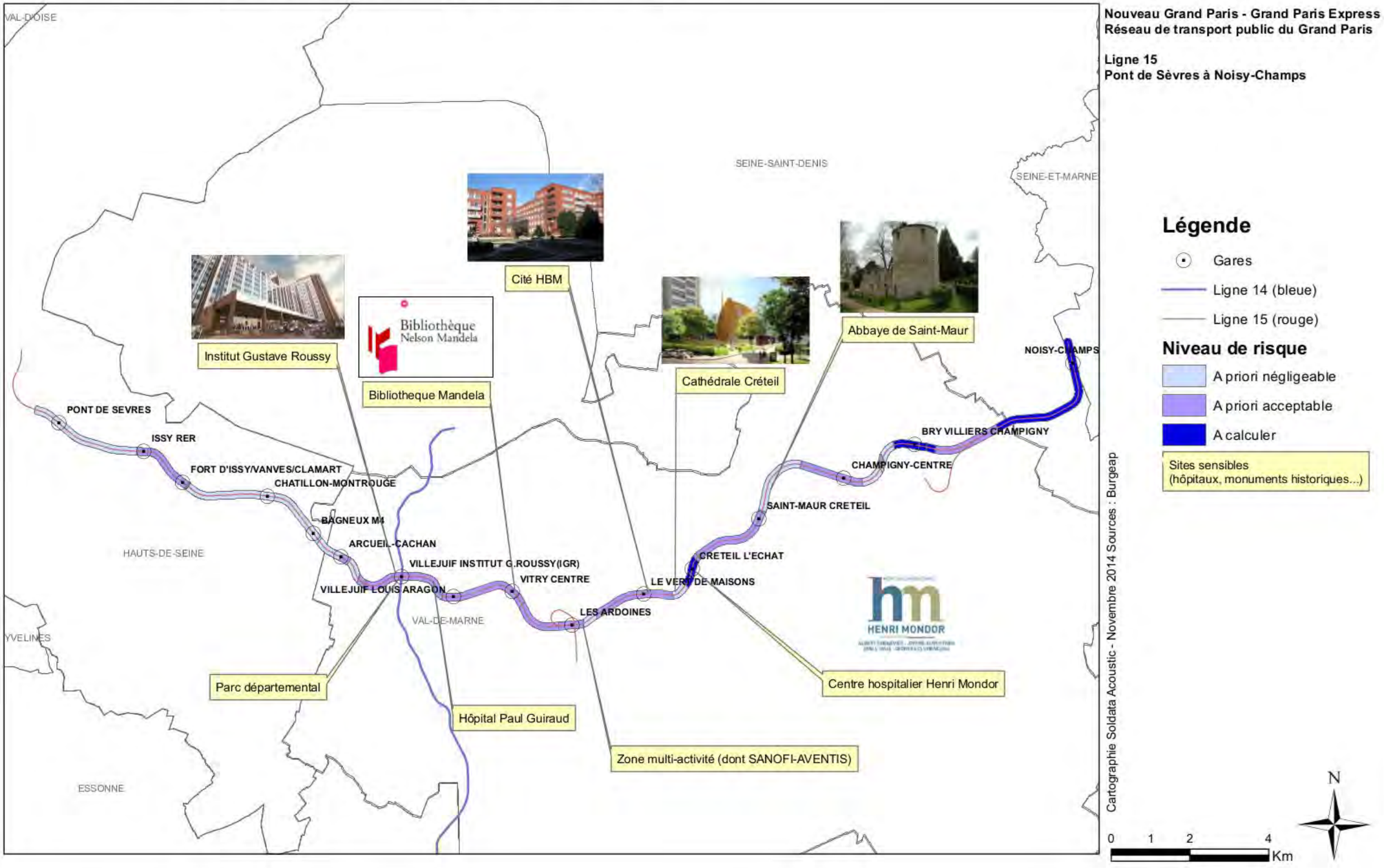
L'étape suivante consiste à croiser cette carte de profondeur avec la carte de sensibilité de l'état initial (type de bâtiment). Ce croisement est effectué en donnant plus de poids au paramètre profondeur. Pour donner quelques ordres de grandeurs, l'écart de sensibilité aux vibrations pour les différents types de bâti est d'environ 5 dBV (voir analyse de l'état initial) alors que celui relatif à la profondeur est plutôt de l'ordre de 10 dBV pour 10 mètres. Pour ces raisons, le poids attribué à la profondeur du tunnel est double par rapport à celui attribué à l'occupation des sols.

La carte résultante de ce croisement, présentée ensuite et nommée « Evaluation a priori du risque vibratoire »,suivante permet alors d'identifier les zones présentant a priori, c'est-à-dire avant modélisations prévisionnelles détaillées, un risque de dépassement des seuils vibratoires en phase exploitation, toute chose étant égale par ailleurs. Pour rappel, la composition géologique du sous-sol n'est pas intégrée dans cette analyse. L'influence de ce paramètre sur les conditions de propagations sera à évaluer au cas par cas.

Profondeur du projet - Niveau d'enjeu vis-à-vis des vibrations en phase exploitation



Evaluation a priori du risque vibratoire en phase exploitation selon la profondeur du tunnel et l'occupation des sols



Évaluation a priori du risque vibratoire en phase exploitation

Cette carte conduit aux conclusions suivantes :

- Environ 80% du tracé présente un risque a priori négligeable voire acceptable.
- 2 zones d'environ 750 m et 1 000 m de linéaire présentent un niveau de risque qu'il convient de calculer.
- Et enfin une dernière zone plus étendue à l'Est du tracé sur environ 3 100 m, présente également un risque à préciser.

À ce stade de l'étude, la réalisation de modélisations détaillées est nécessaire afin de pouvoir quantifier avec plus de précision le risque réel ou non de dépassement des niveaux vibratoires limites.

La méthodologie retenue consiste à réaliser systématiquement une modélisation dans les zones dont le niveau de risque a priori est « à calculer ».

En complément, des modélisations sont également réalisées dans les zones où le risque potentiel est négligeable à acceptable, afin de vérifier que la prise en compte des conditions géologiques locales particulières ne vient pas modifier les précédentes conclusions. C'est l'objet du paragraphe suivant.

Ce travail d'identification des sites sensibles et des bâtiments dimensionnants ou représentatifs sera poursuivi durant les prochaines phases d'étude du projet et devra aboutir à un nombre plus conséquent de bâtiments simulés.

Identification des bâtiments sensibles et dimensionnants (selon le prestataire 2)

La Société du Grand Paris accompagnée de l'Assistant à Maitrise d'Ouvrage traitant des sujets bruits et vibrations transmis par le sol a réalisé le même travail d'identification des bâtiments a priori sensibles, ainsi que de bâtiments représentatifs de zones ou sous-tronçons. Par exemple, lors du passage de la ligne dans une zone pavillonnaire, le bâtiment le plus dimensionnant est sélectionné pour couvrir toute la zone.

Ces bâtiments dimensionnants feront l'objet de simulations dont les résultats permettront de définir le choix du type de poses de voie utilisé sur toute la zone.

La sélection des sites dimensionnant se déroule comme suit :

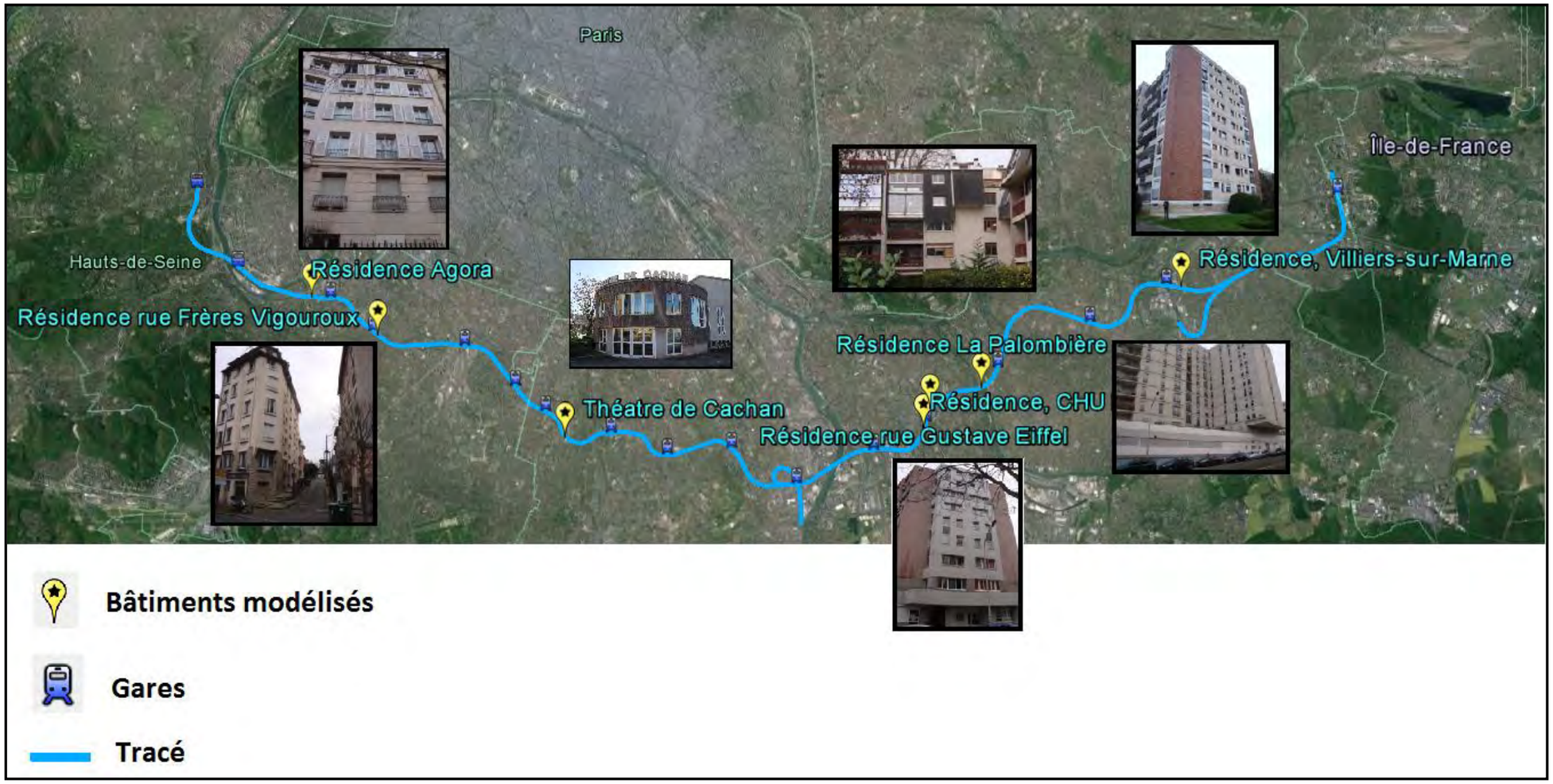
- Découpage en tranches homogènes (en termes d'occupation des sols) du tracé.
- Pour cela, à l'aide des différents outils (type Google Earth, … … logiciels SGP), un repérage des bâtiments présents au-dessus du tracé est effectué. Immédiatement les différentes zones d'occupation des sols (zone pavillonnaire, zone de résidences, zone industrielle, zone mixte…) sont identifiées.
- Pour chaque tranche, les bâtiments sont classés en fonction de leur destination (résidence, école, hôpital, etc.). Ce critère permet de pointer, en première estimation, les valeurs cibles à appliquer à la zone.
- La destination permet également de repérer les bâtiments susceptibles d'être plus sensibles dans une zone donnée. Pour exemple, c'est le cas d'une bibliothèque dans un ensemble de bâtiments administratifs. Ces bâtiments sont placés dans la liste des bâtiments sensibles.
- Les distances verticales et horizontales entre le tracé et les bâtiments informent des bâtiments potentiellement les plus impactés dans chacune des zones sélectionnées précédemment.
- Le type de bâtiment et le type de fondation sont ensuite pris en compte, dans la limite des éléments connus.
- Enfin les singularités du tracé, tels que les appareils de voies et les courbes sont considérées comme des facteurs aggravants pour les niveaux vibratoires et influencent le choix des bâtiments.
- L'ensemble de ces critères, appliqués méthodiquement tout au long du tracé permet de constituer la liste des bâtiments dimensionnants. Chacun de ces bâtiments sera sujet à une étude approfondie dans laquelle est prévue :
  - Une simulation des niveaux vibratoires engendrés dans le bâtiment
  - Une campagne de mesure pour estimer précisément les caractéristiques des sols présents sur zone et de leurs propriétés de transmission des ondes vibratoires.
  - Une campagne de mesure « en situation » dans laquelle les fonctions de transfert tunnel-fondation et tunnel-bâtiment seront évaluées.

En plus des bâtiments dimensionnants, un ensemble de bâtiments ont été sélectionnés en fonction de l'usage du bâtiment. Se retrouvent dans ce cas les bâtiments hébergeant des appareils sensibles pour lesquels des valeurs cibles plus contraignantes sont appliquées. Cette catégorie regroupe notamment les laboratoires de recherches, les hôpitaux, mais aussi les lieux tels que les studios d'enregistrement, les théâtres et les bibliothèques.

Pour ces bâtiments, il est considéré, dès la phase préliminaire, que la sensibilité est élevée et une simulation est envisagée. Par la suite des mesures sur site des conditions actuelles de fonctionnement des appareils, et du bruit ambiant, sont prévues. En recoupant les données disponibles sur les appareils et/ou les valeurs cibles, avec les valeurs mesurées et calculées, les solutions d'atténuation seront envisagées.

Ce travail mené pour le tronçon Sud de la ligne 15 a conduit à la sélection d'environ 55 bâtiments, principalement dimensionnants.

Dans cette étude, les simulations concernent 7 de ces bâtiments considérés comme sensibles, comme illustrés sur la figure suivante.


Paris
Île-de-France
Hauts-de-Seine
Résidence Agora
Résidence rue Frères Vigouroux
Théatre de Cachan
Résidence La Palombière
Résidence, CHU
Résidence rue Gustave Eiffel
Résidence, Villiers-sur-Marne
Bâtiments modélisés
Gares
Tracé

1.9.5 Modélisations détaillées et résultats

1.9.5.1 Méthode de modélisation

La modélisation détaillée de la propagation des vibrations depuis les rails du métro jusqu'à l'intérieur des pièces d'habitations est complexe et ne peut pas être réalisée à l'aide d'un simple outil de calcul. Il est nécessaire de procéder par étapes, en utilisant des modules de calculs dédiés et adaptés aux phénomènes à modéliser, à savoir l'émission, la propagation, et l'immission dans les bâtiments, comme présenté précédemment.

Pour la réalisation des modélisations vibratoires, la Société du Grand Paris s'est appuyée sur deux bureaux d'étude spécialisés. La démarche suivie par chaque prestataire est assez similaire, les outils de prédiction étant néanmoins différents. Cette approche permet de confronter les résultats et de s'assurer de la bonne prise en compte de cet enjeu, sensible pour un projet de cette envergure.

Concernant les voies modélisées :

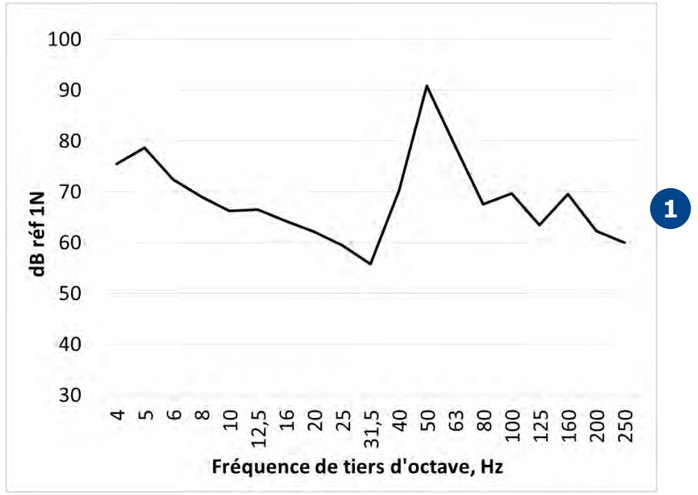
- Le 1er prestataire (Soldata Acoustic) a réalisé des calculs vibratoires sur la base de voies ferrées sans traitement initial contre les vibrations.

- Le 2nd prestataire (Systra) a réalisé des calculs vibratoires sur la base de voies ferrées avec la mise en place d'un 1er traitement, engagement de la Société du Grand Paris dans le cadre de la procédure administrative en 2013, de DUP.

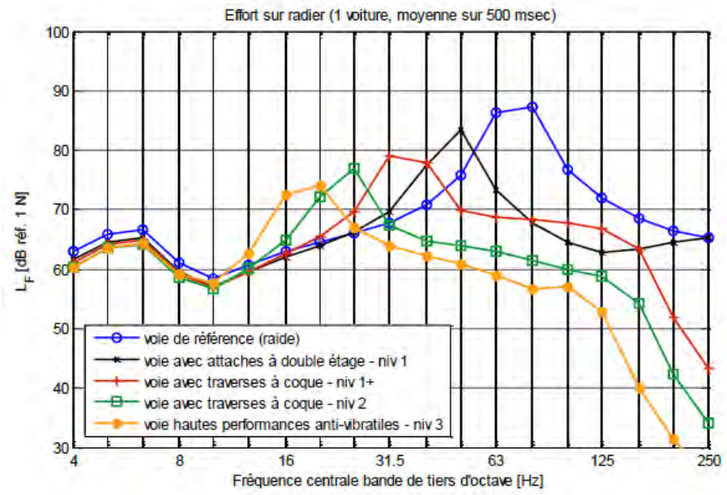
La pertinence des deux modèles mis en œuvre par ces deux prestataires sera examinée plus en détails ultérieurement par l'Organisme de Second Regard (OSR), comme le prévoit le Plan de Management, dans le but de consolider et d'unifier les résultats de modélisation.

La méthodologie générale repose sur la mise en œuvre de quatre modules de calculs spécifiques, permettant successivement de caractériser :

1. La force appliquée par le train sur les rails puis sur le radier du tunnel (sous le système de pose des rails). Il s'agit d'un calcul mécanique des efforts dynamiques correspondant au passage d'un train. Cette force sert ensuite de donnée d'entrée au module 2 pour les calculs de propagation vibratoire dans le sol. Ces efforts sont dominés par l'influence des défauts de profil des tables de roulement des rails et des roues (encore appelés rugosité).

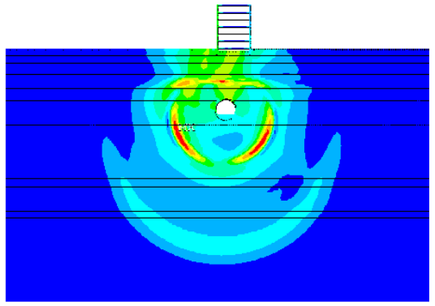


Exemple de force d'excitation sous le système de pose, calculée par le prestataire 1 avec une méthode de simulation temporelle, moyenne sur 1 s

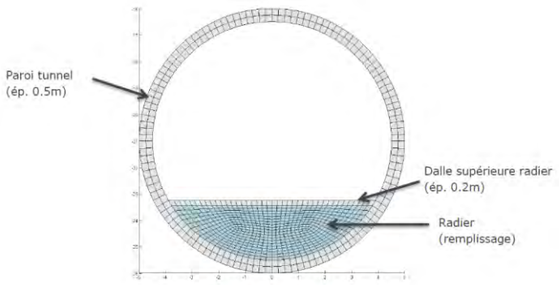


Force d'excitation sur le radier, calculée par le prestataire 2 pour les différents systèmes de pose de voie anti-vibratiles, moyenne sur 0,5 s

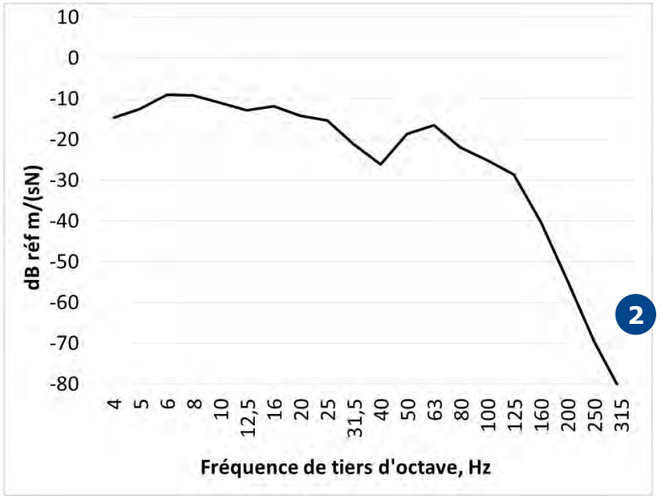
2. L'atténuation des vibrations au travers du tunnel et dans le sol. Il s'agit d'un calcul numérique de la propagation des vibrations dans le sol à l'aide d'un modèle 2D basé sur la méthode des éléments finis (utilisé par le prestataire 1) et d'un modèle 2,5D couplant la méthode des éléments finis (pour la modélisation du tunnel) et la méthode des éléments de frontière (pour la modélisation du sol) utilisé par SYSTRA). La réponse vibratoire du sol est exprimée en termes de mobilité de transfert qui permet d'évaluer les vibrations au niveau du sol, sous les habitations et autres bâtiments.



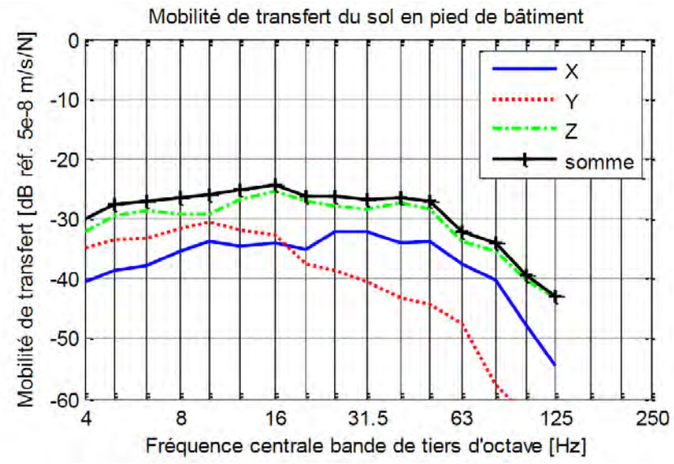
Modèle éléments finis utilisé par le prestataire 1



Modèle éléments finis du tunnel utilisé par le prestataire 2



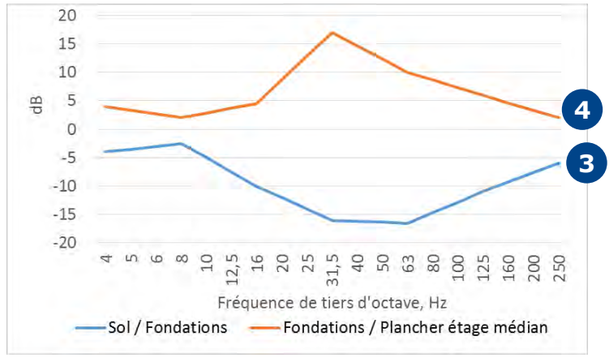
Exemple de mobilité de transfert du tunnel à la surface, calcul éléments finis réalisé par le prestataire 1



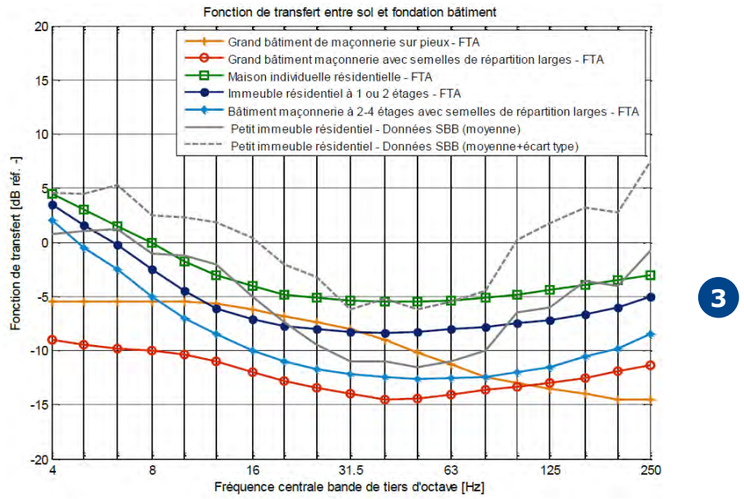
Exemple de mobilité de transfert du tunnel à la surface, calcul par éléments finis / éléments de frontière réalisé par le prestataire 2

3. La transmission des vibrations aux fondations des bâtiments, à l'aide de la fonction de transfert correspondant à l'interaction entre le sol et les structures de fondation. Il est important de rappeler que les fonctions de transfert génériques utilisées ici par les deux prestataires sont issues de données statistiques mesurées dans le cas d'une excitation ferroviaire en surface. Il est vraisemblable que ces fonctions de transfert pour une excitation en profondeur (métro en tunnel) seraient différentes. Pour cette raison, il est prévu dans le Plan de Management de caractériser numériquement et/ou expérimentalement des fonctions de transfert type pour une excitation en tunnel. Cette disposition sera d'autant plus nécessaire lorsqu'il s'agira d'étudier la transmission vibratoire aux bâtiments sur pieu

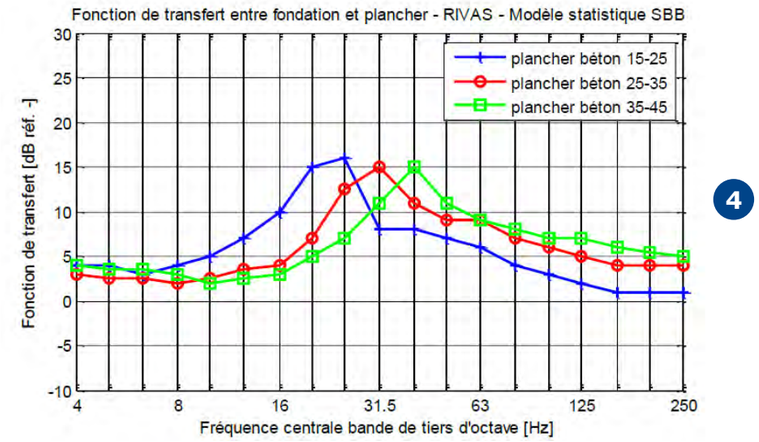
4. La transmission des vibrations des fondations des bâtiments jusqu'au plancher de l'étage médian, et leur conséquence en termes de vibration et de niveau sonore dans les zones à risque. Les données utilisées par le prestataire 2 dans le cadre de cette étude proviennent du modèle statistique, pour des planchers en béton, développé par SBB et communiqué dans RIVAS. Une classification des différents planchers selon la bande de fréquences où apparait le mode de résonance en flexion principal, permet de disposer de plusieurs fonctions de transfert couvrant l'essentiel des configurations possibles. Les trois catégories de plancher désignées « 15-25 », « 25-35 » et « 35-45 » correspondent aux planchers dont la fréquence du premier mode de flexion se situe respectivement entre 15 et 25Hz, entre 25 et 35 Hz et entre 35 et 45 Hz. Les niveaux vibratoires sur le plancher ont été simulés par le prestataire 2 en considérant successivement chacune des trois catégories de plancher de sorte à s'assurer que le cas majorant est bien pris en compte.



Exemples de fonctions de transfert des bâtiments – Courbes utilisées dans les calculs du prestataire 1 – dérivées des données accessibles dans RIVAS



Fonctions de transfert des vibrations du sol vers les fondations des bâtiments Courbes utilisées dans les calculs du Prestataire 2 – Sources Guide FTA et RIVAS

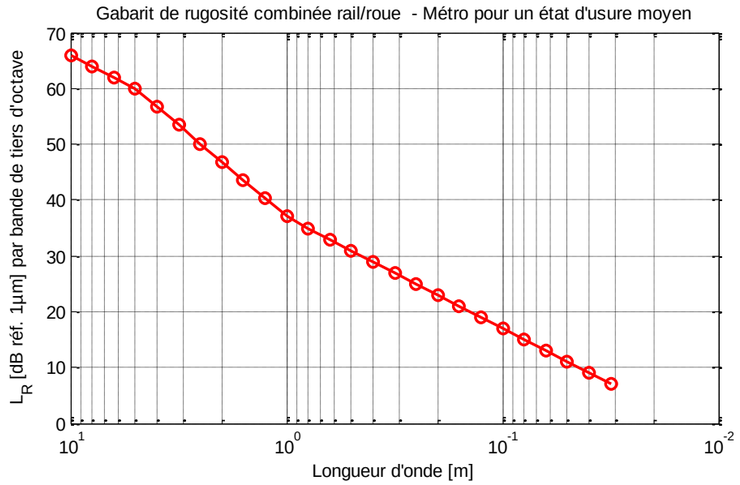


Fonctions de transfert des vibrations des fondations vers le plancher des bâtiments Courbes utilisées dans les calculs du Prestataire 2 – Source RIVAS

Les principales hypothèses suivantes ont été retenues dans les modélisations :

- Matériel roulant avec roues métalliques, vitesse maximale 120 km/h, y compris dans les zones d'approche des gares (hypothèse majorant le risque vibratoire).

- Le gabarit de rugosité a été établi à partir de données expérimentales collectées sur des systèmes de type métro. Le gabarit est défini par des niveaux de rugosité en dB (réf. 1µm) pour chaque bande de tiers d'octave en longueur d'onde entre 3.15 cm et 10 m. Il est représentatif d'un état moyen d'usure (pas d'usure ondulatoire, ni défaut d'ovalisation de roue, ni plat aux roues). Il ne s'agit pas d'une courbe cible. Un système dans un bon état de maintenance est susceptible de présenter une rugosité environ entre 5 et 8 dB plus faible.



Gabarits de rugosité combinée rail/roue – Etat d'usure moyen

- Différents systèmes de pose des voies : pose sur dalle avec la présence d'une semelle rigide sous rail (dite pose de référence), autres systèmes de pose anti-vibratile plus performants (niveaux 1+, 2 et 3) dont les principes sont décrits ci-après. À ce stade, la technologie des

poses de voie n'est pas figée. Toutefois, le Plan de Management prévoit de spécifier les propriétés dynamiques des poses de voie compatibles avec chacun des niveaux de performance 1, 1+, 2 et 3.

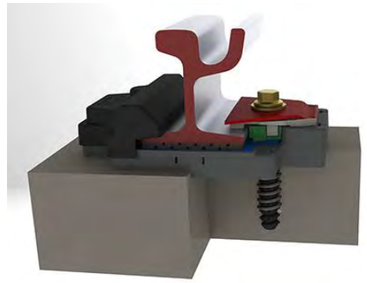


Schéma indicatif de pose de référence rigide



Pose de niveau 1 : pose sans traverses avec attaches à double étage avec semelle résiliente



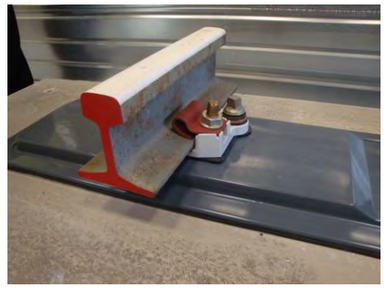


Pose de niveau 1+ : Pose avec traverses bi-blocs sur semelle résiliente.



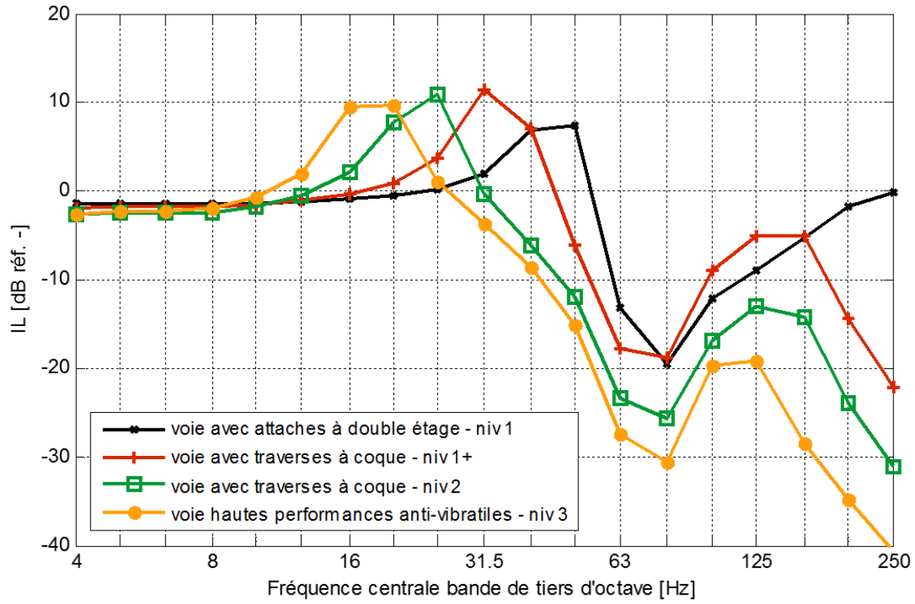


Pose de niveau 2 : Pose avec blochets sur semelle très résiliente.



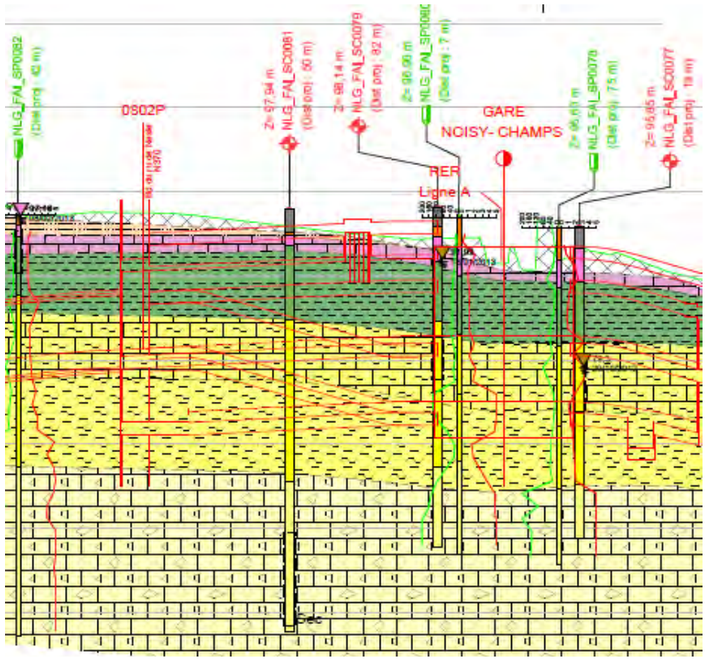
Pose de niveau 3 : Pose avec traverses monobloc sur semelle très résiliente.

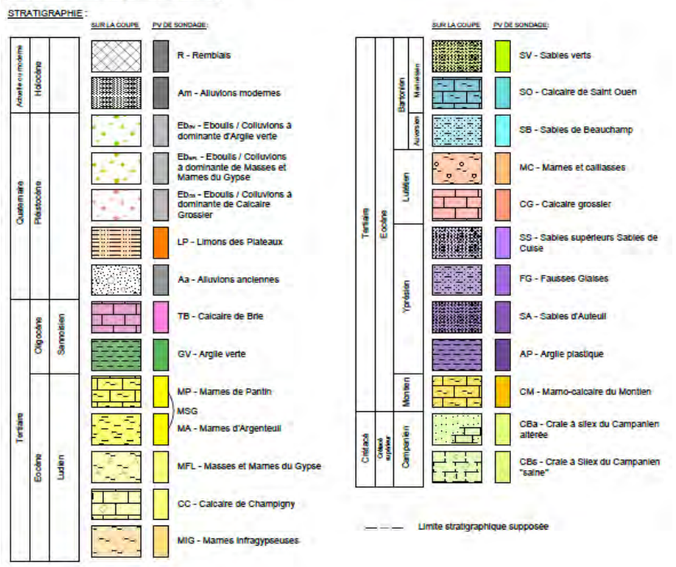
Les performances de voie anti-vibratile ont été simulées à l'aide du modèle d'excitation. Elles sont présentées ci-dessous sous la forme de courbes de pertes par insertion en fonction de la fréquence (par bande de tiers d'octave) qui représentent le gain vibratoire obtenu par rapport au cas d'une voie de référence (pose directe avec semelles cannelées classiques de raideur dynamique environ égale à 150 kN/mm). Une valeur négative signifie une réduction des niveaux vibratoires apportée par la pose de voie anti-vibratile. Le gain vibratoire moyen sur les bandes de tiers d'octave où se situent les niveaux maximaux d'excitation (soit de 63 Hz à 100 Hz) obtenu avec les poses de voie de niveau 1 et 1+ se situe entre 12 et 15 dB environ. Le gain moyen sur les mêmes bandes fréquence augmente d'environ 6 dB pour la pose de niveau 2 et de plus de 10 dB pour la pose de niveau 3. Plus la fréquence au-dessus de laquelle la pose anti-vibratile devient efficace (valeurs négatives), meilleures sont les performances anti-vibratiles aux fréquences visées (entre 63Hz et 100 Hz).



Fonctions de perte par insertion des différentes poses de voie (référence : pose directe avec semelles cannelées classiques)

- Données de sol issues du mémoire de synthèse géologique et géotechnique en phase G11.





Exemple d'extrait de la mission de reconnaissance géotechnique G11

1.9.5.2 Limites des modélisations

L'ensemble des résultats des modélisations est étroitement lié aux hypothèses initiales qui ont permis de procéder à un calcul d'impact.

La sensibilité aux paramètres d'entrée des résultats des modules de calculs 1 (excitation roue / rail) et 2 (propagation dans le sol) est très importante. Toute modification peut avoir une incidence sur les résultats et les décisions en aval.

De nouveaux sondages, un recensement très précis des types de bâtiments et fondations présentes juste au-dessus de la ligne, ainsi que la réalisation de mesures in situ de la fonction de transfert réelle, permettront d'affiner les hypothèses prises, et sera suivie d'une mise à jour des modèles de simulation.

Ces investigations complémentaires, ainsi qu'une analyse des méthodologies et des résultats des calculs vibratoires par un organisme indépendant de second regard, sont prévues dans le cadre du plan de management des bruits et des vibrations phase exploitation défini pour le projet.

1.9.5.3 Résultats des modélisations vibratoires prévisionnelles

Les modélisations ont été réalisées sur la base de plusieurs hypothèses de pose de voie (système de pose atténuant plus ou moins les vibrations).

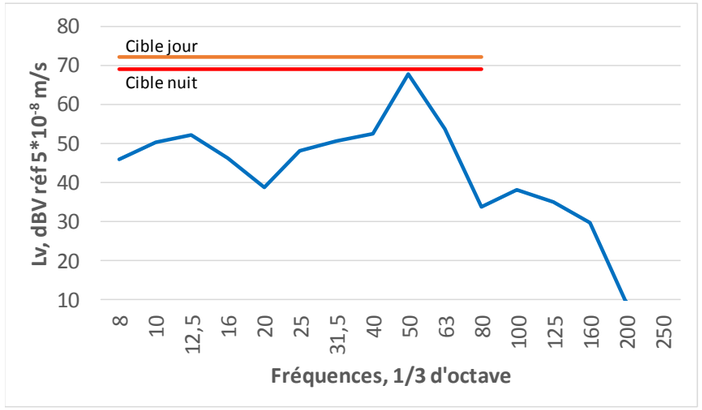
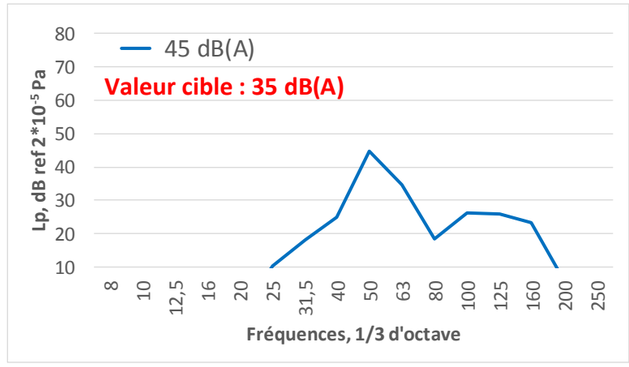
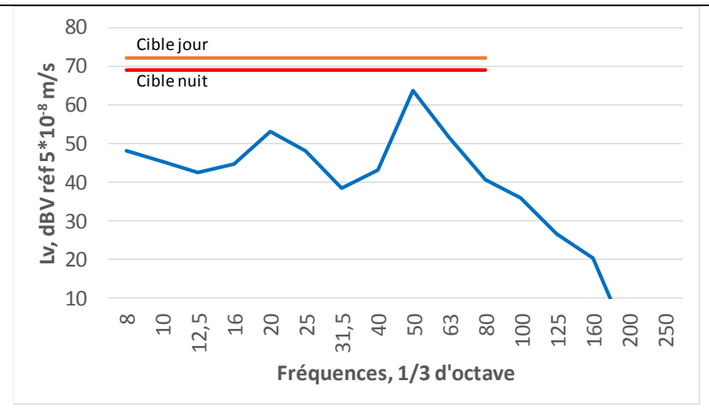
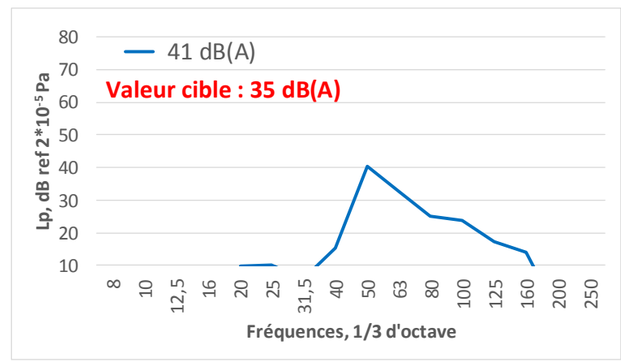
Les tableaux suivants présentent les résultats des modélisations vibratoires prévisionnelles réalisées par les 2 prestataires. À terme, environ 50 modélisations seront réalisées le long du projet

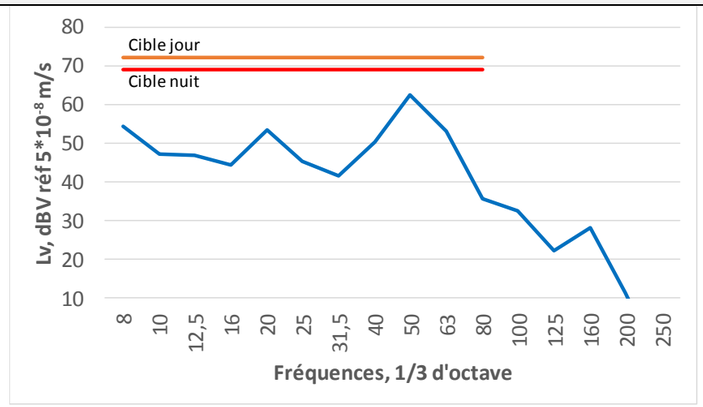
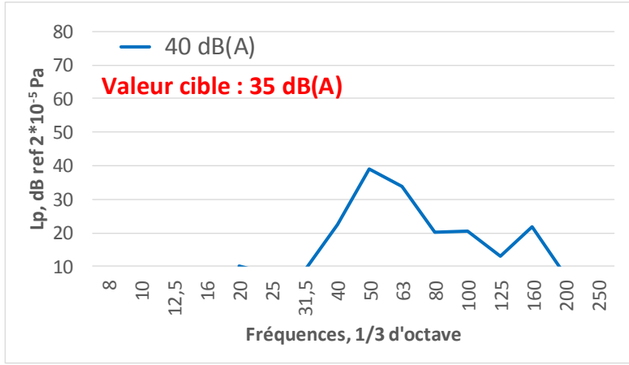
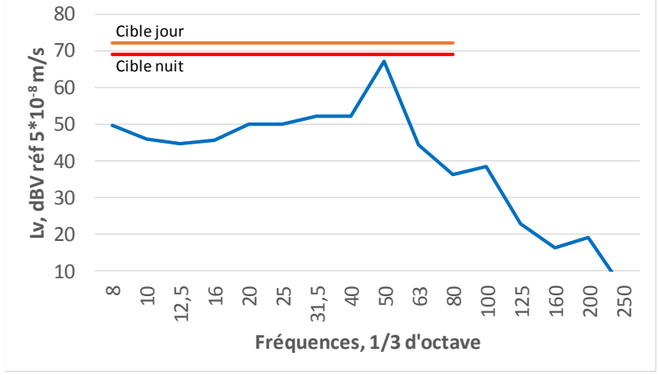
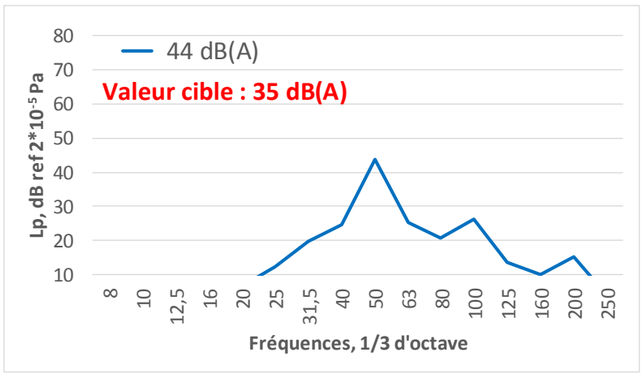
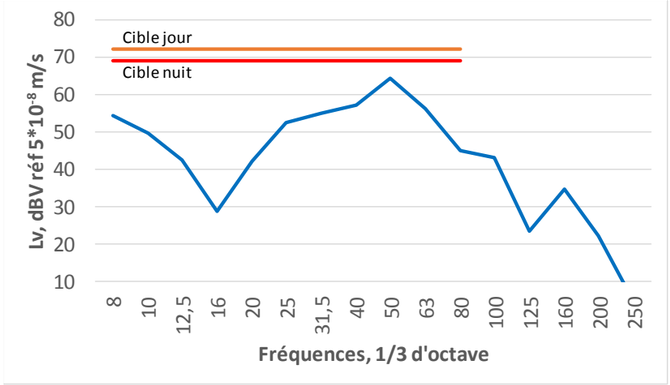
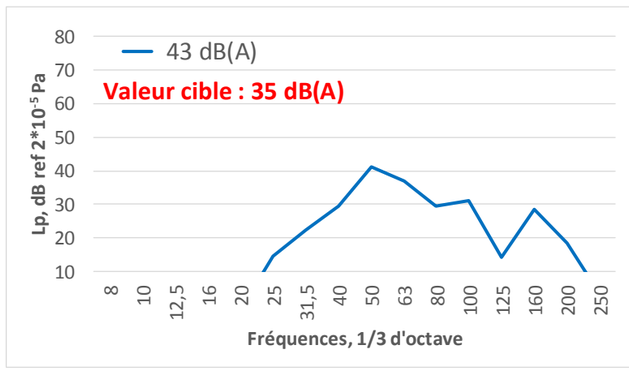
e. *Modélisation réalisée par le prestataire 1 (Soldata Acoustic) :*

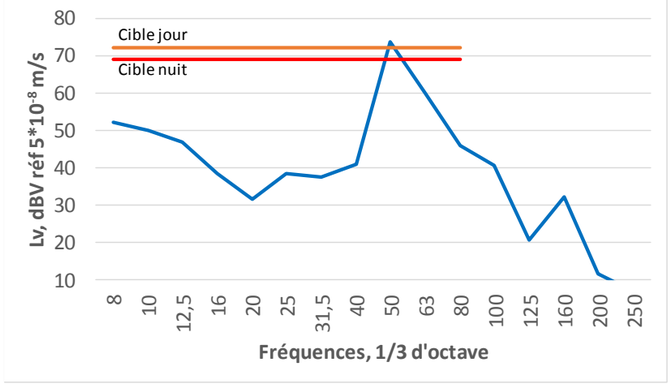
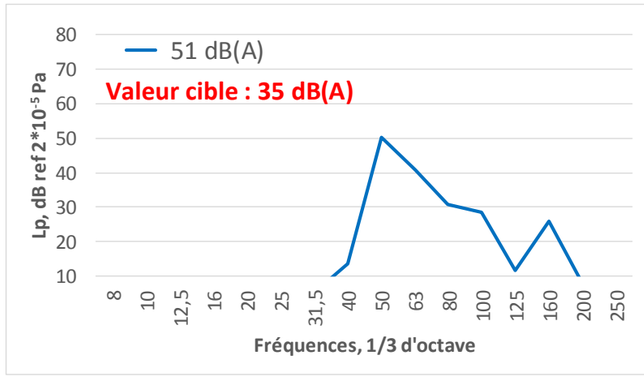
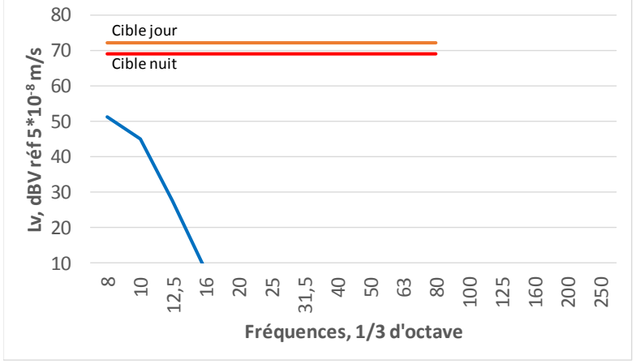
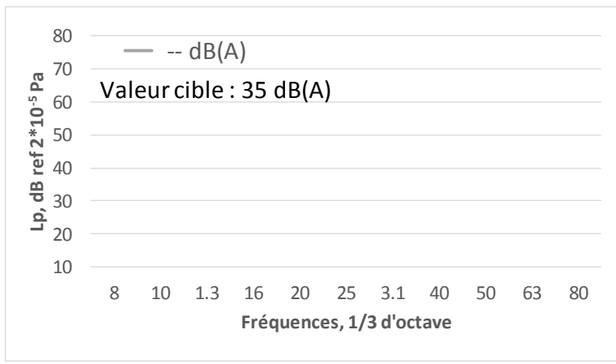
La première modélisation a porté sur des sites considérés comme potentiellement sensibles. La réalisation de calculs vibratoires permet de s'assurer que les niveaux attendus de vibrations et de bruit solidien restent en dessous des valeurs cibles.

La mise en place de dispositifs de pose de voie plus performants s'avèrent pour certains sites nécessaires pour réduire les niveaux attendus et respecter les valeurs cibles.

À ce titre, il convient de préciser que suite à la procédure de demande d'utilité publique (DUP) de la Ligne 15 Sud en 2013, la Société du Grand Paris s'est engagée à mettre en place a minima sur tout le linéaire une pose de voie de niveau 1. Ce principe a fait l'objet d'une deuxième série de calculs réalisés par un autre prestataire.

Prestataire	Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 4 Rue de la Butte Verte, Noisy-le-Grand 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : 10 dB(A) de dépassement
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : 6 dB(A) de dépassement

Prestataire	Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : 5 dB(A) de dépassement
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : 9 dB(A) de dépassement
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 8, rue Albert Einstein, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : 8 dB(A) de dépassement

Prestataire	Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 162, avenue du Général De Gaulle, Clamart 			Vibrations : 5 dB(A) de dépassement Bruit solidien : 16 dB(A) de dépassement
1	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose des voies directe, sans atténuation vibratoire	Tronçon 2 Institut Gustave Roissy, Villejuif 			Vibrations : aucun dépassement Bruit solidien : aucun dépassement

Le site de Villejuif Institut Gustave Roussy présente une particularité, puisque ce site comprend le croisement avec la future Ligne 14 Sud (bleu) du Grand Paris Express. Du fait de la présence d'un ensemble hospitalier, l'Institut Gustave Roussy, une attention particulière doit être portée sur ce secteur.

Le calcul vibratoire a permis de prendre le fonctionnement simultané des deux lignes de métro. Les résultats présentés correspondent aux vibrations calculées pour l'impact cumulé des résultats maximum obtenus pour la ligne 14 Sud (métro sur pneus) et la Ligne 15 Sud (métro sur roues métalliques), à la vitesse de 120 km/h, au centre du plancher d'une pièce située à l'étage médian d'un immeuble de typologie similaire à celle des bâtiments de l'IGR (fondations profondes, plusieurs étages, planchers en béton).

Ces résultats, obtenus en considérant un matériel roulant sur pneus pour la ligne 14 et sur roues métalliques pour la ligne 15, permettent de conclure à un impact vibratoire négligeable des futures lignes dans le secteur de Villejuif IGR.



Schéma des lignes 15 Sud (rouge) et ligne 14 Sud (bleu et du site de l'IGR (Source : Société du Grand Paris)

Les résultats des modélisations réalisées par **le prestataire 1**, avec des hypothèses de pose classique de référence, sans atténuation vibratoire, montrent :

- Le respect des valeurs cibles de vibration pour tous les sites de calcul à l'exception du site de Clamart, où un dépassement d'environ 4 dBV du niveau défini pour la période nocturne est calculé.
- Le dépassement des valeurs cibles de bruit solidien pour tous les sites de calcul, à l'exception du site de Villejuif IGR, caractérisé par la profondeur du tunnel la plus importante. Les dépassements calculés sont généralement de l'ordre de 5 à 10 dB(A), mais ils atteignent 15 dB(A) environ pour le site de Clamart.

Ces résultats, obtenus en considérant un matériel roulant classique sur roues métalliques et une pose de voie de référence (rigide), permettent de conclure sur la nécessité de prévoir des mesures de réduction en complément des mesures d'évitement initialement prévues.

Mesures de réduction :

Analyse de l'efficacité des dispositifs de pose de voie à mettre en place pour réduire les le bruit solidien potentiel en surface :

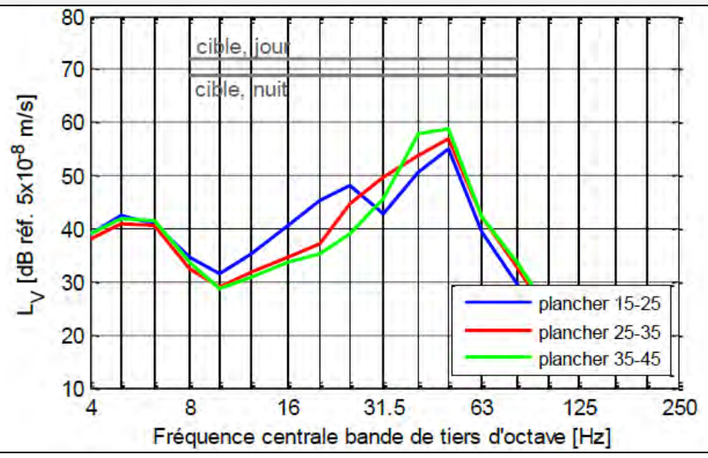
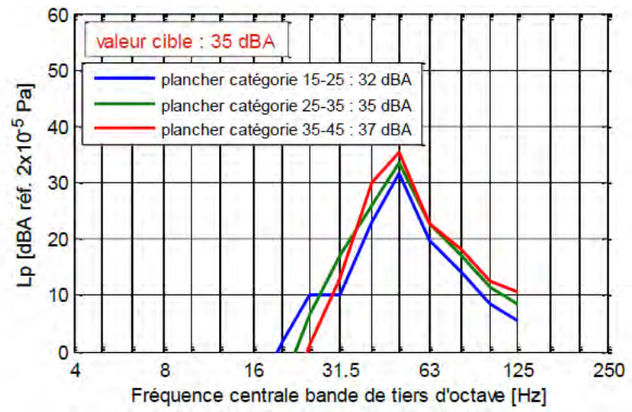
Localisation	Voie	Résultats – Vibrations	Résultats – Bruit solidien	Niveau de pose de voie retenu pour le projet
4 Rue de la Butte Verte, Noisy-le-Grand	Niveau 0	-1	10	**Niveau 1**
	Niveau 1	-11	0	
Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand	Niveau 0	-5	6	**Niveau 1**
	Niveau 1	-15	-4	
5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne	Niveau 0	-7	5	**Niveau 1**
	Niveau 1	-17	-5	
14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne	Niveau 0	-2	9	**Niveau 1**
	Niveau 1	-12	-1	
8, rue Albert Einstein, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat	Niveau 0	-5	8	**Niveau 1**
	Niveau 1	-15	-2	
162, avenue du Général De Gaulle, Clamart	Niveau 0	5	16	**Niveau 3**
	Niveau 1+	-5	6	
	Niveau 2	-7	4	
	Niveau 3	-15	-4	
Institut Gustave Roissy, Villejuif	Niveau 0	-18	-35	**Niveau 1**
36, route de Champigny à Villiers-sur-Marne	Niveau 1	-29	-15	**Niveau 1**
37-41, rue du Port, Créteil	Niveau 1	-10	2	**Niveau 1+**
	Niveau 1+	-15	-3	
2-26 rue Gustave Eiffel, Créteil (en face des urgences du CHU)	Niveau 1	-22	-14	**Niveau 1**
16 rue Gustave Eiffel, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat	Niveau 1	-24	-14	**Niveau 1**
21 avenue Louis Georgeon, Cachan	Niveau 1	-9	11	**Niveau 2**
	Niveau 1+	-4	7	
	Niveau 2	-10	-3	
41 Bd des Frères Vigouroux, Clamart	Niveau 1	-10	1	**Niveau 1+**
	Niveau 1+	-9	-2	
Résidence Agora, rue Aristide Briand, Issy-Les-Moulineaux	Niveau 1	-22	-15	**Niveau 1**

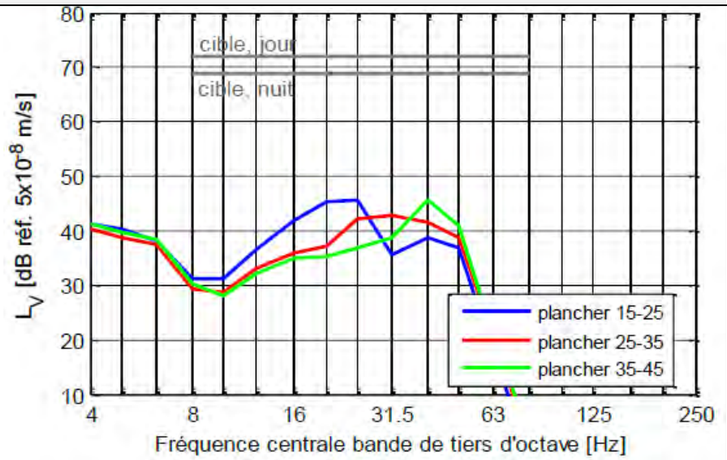
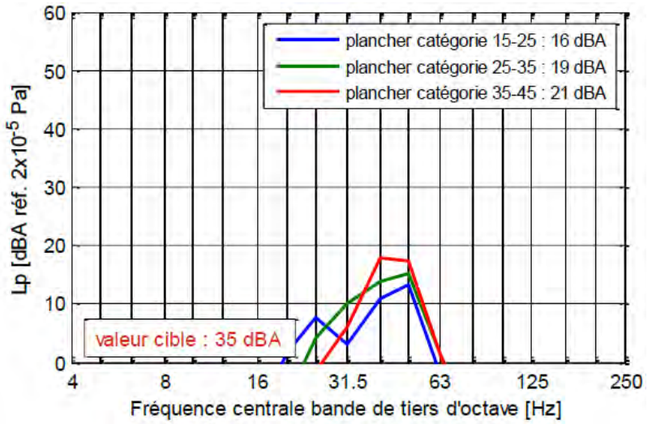
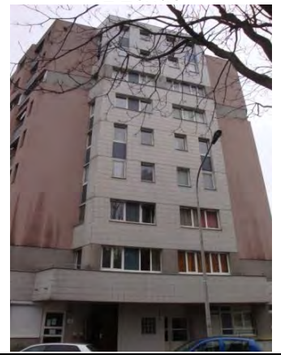
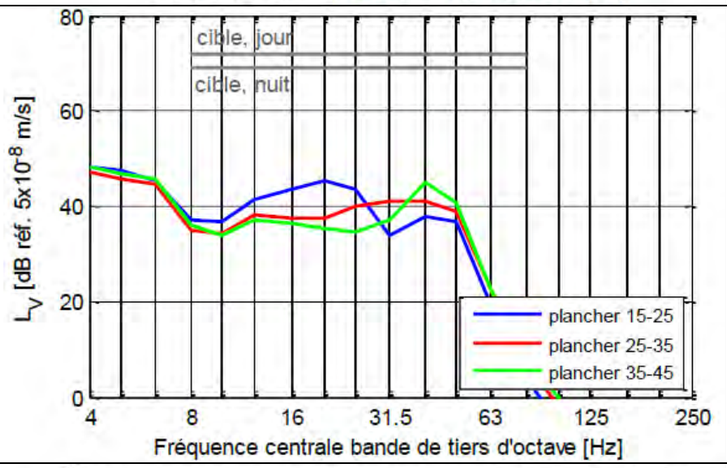
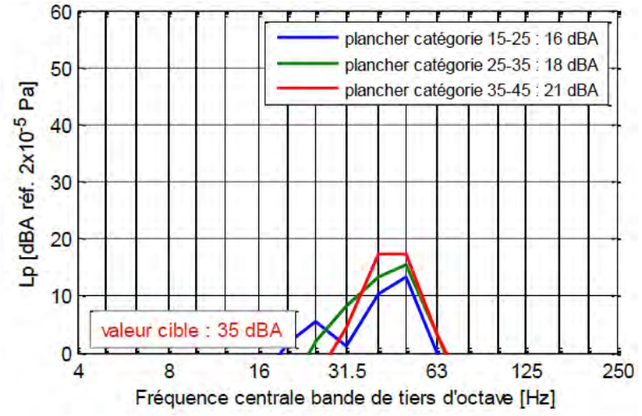
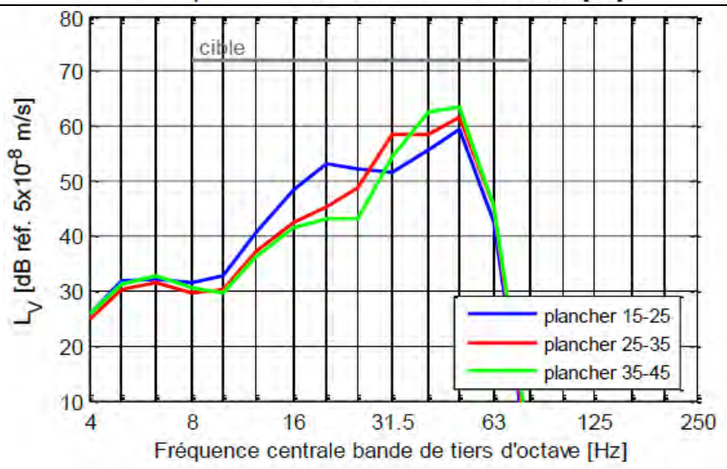
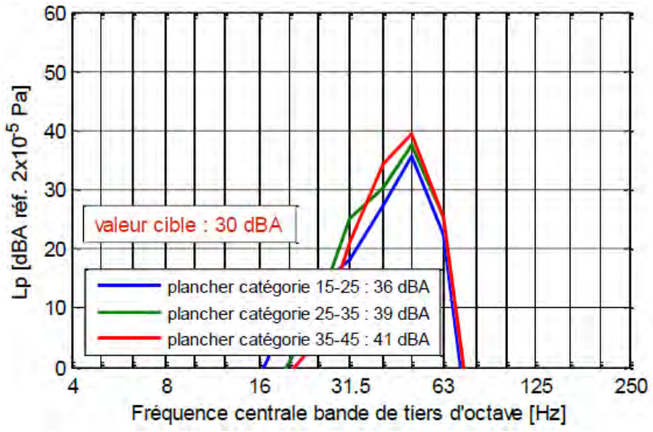
Au vu de ces résultats, pour les secteurs caractérisés par les dépassements les plus importants, l'utilisation de systèmes de pose performants permettra d'éviter le dépassement des valeurs cibles. Comme prévu dans le plan de management, la définition des mesures de réduction ne pourra être précisée qu'après vérification, à l'aide de mesures in situ, des hypothèses relatives à l'excitation du métro, aux fonctions d'atténuation du sol et aux fonctions de transfert sol / bâtiment / étage.

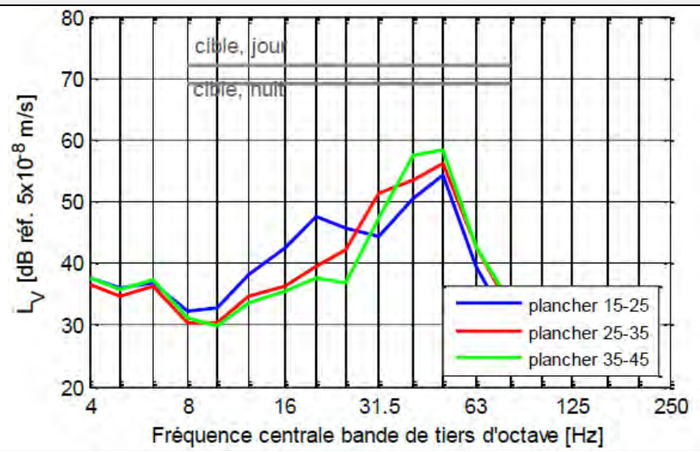
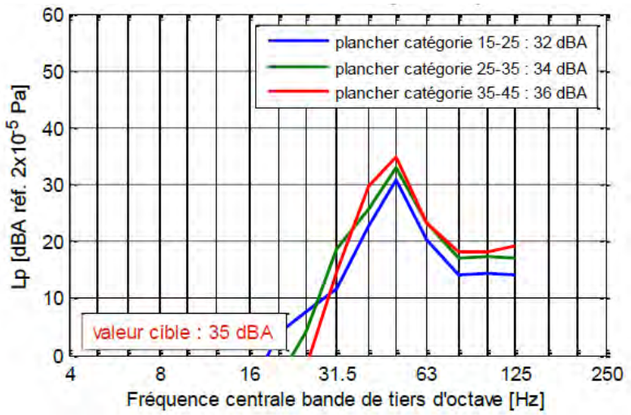
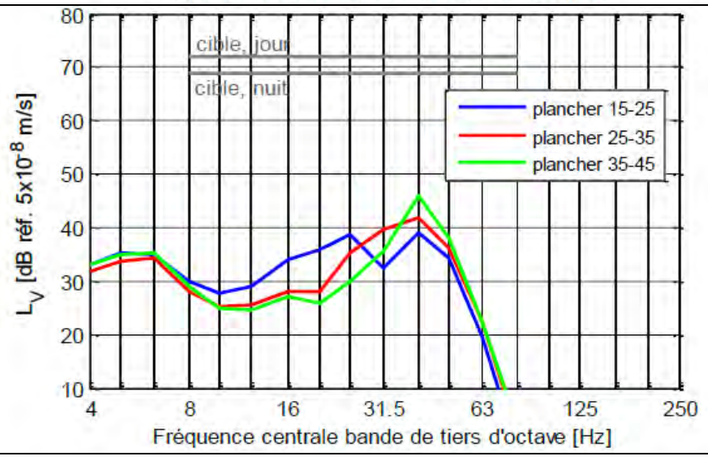
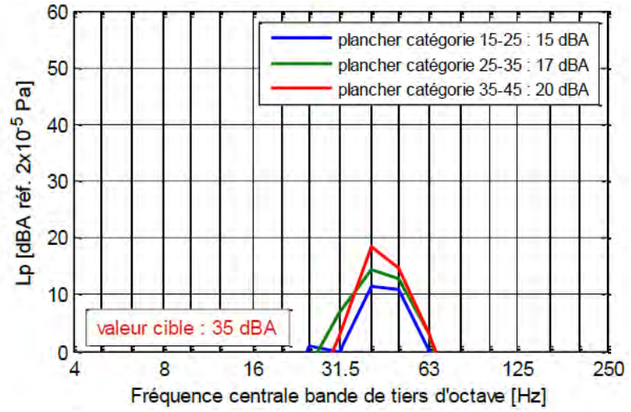
f. <u>Modélisation réalisée par le prestataire 2 (Systra) :</u>

Suite à la procédure de demande d'utilité publique (DUP) de la Ligne 15 Sud en 2013, la Société du Grand Paris s'est engagée à mettre en place *a minima* sur tout le linéaire une pose de voie de niveau 1. Ce principe a fait l'objet d'une deuxième série de calculs réalisés par le bureau d'étude Systra.

Avec la même approche, la mise en place de dispositifs de poste de voie adaptés permet de réduire les niveaux de vibrations et de bruit solidien attendus et de respecter les valeurs cibles.

Prestataire	Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
2	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose de niveau 1	Tronçon 2 37-41, rue du Port, Créteil 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : jusqu'à 2 dB(A) de dépassement

Prestataire	Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
2	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose de niveau 1	Tronçon 2 2-26 rue Gustave Eiffel, Créteil (en face des urgences du CHU) 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : aucun dépassement
2	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose de niveau 1	Tronçon 2 16 rue Gustave Eiffel, Créteil, à proximité de la gare de Créteil L'Echat 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : aucun dépassement
2	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose de niveau 1	Tronçon 3 21 avenue Louis Georgeon, Cachan 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : jusqu'à 11 dB(A) de dépassement

Prestataire	Hypothèses	Localisation	Résultats – Vibrations au plancher de l'étage médian	Résultats – Bruit solidien dans la pièce de l'étage médian	Synthèse
2	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose de niveau 1	Tronçon 3 41 Bd des Frères Vigouroux, Clamart 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : jusqu'à 1 dB(A) de dépassement
2	Modèles de rugosité roue/rail moyen, Pose de niveau 1	Tronçon 3 Résidence Agora, rue Aristide Briand, Issy-Les-Moulineaux 			Vibrations : acun dépasement Bruit solidien : aucun dépassement

Les résultats des modélisations réalisées par **le prestataire 2** montrent :

- Le respect des valeurs cibles de vibration pour tous les sites de calcul.
- Le respect des valeurs cibles de bruit solidien pour la plupart des sites de calcul, à l'exception des sites de 37-41, rue du Port (Créteil), 21 avenue Louis Georgeon (Cachan) et 41 Bd des Frères Vigouroux (Clamart), où des dépassements atteignant 11 dB(A) sont calculés.

Ces modélisations ont été réalisées en supposant une pose de voie de niveau 1, c'est-à-dire une pose sans traverse avec attaches à double étage (avec semelle résiliente).

Mesures de réduction :

Analyse de l'efficacité des dispositifs de pose de voie à mettre en place pour réduire les le bruit solidien potentiel en surface :

Site	Voie	Vibrations du plancher (Lv en dB réf. $5x10^{-8}$ m/s)	Bruit solidien (L_{ASmax} en dBA réf. $2x10^{-5}$ Pa)	Niveau de pose de voie retenu pour le projet
Résidence 36 Route de Champigny à Villiers-sur-Marne	Niveau 1	-29 dB	-15 dBA	**Niveau 1**
Immeuble au 37-41 rue du Port à Créteil (Résidence la Palombière)	Niveau 1	-10 dB	+2 dBA	**Niveau 1+**
	Niveau 1+	-10 dB	-3 dBA	
	Niveau 2	-10 dB	-12 dBA	
Immeuble résidentiel au 2-26 rue Gustave Eiffel à Créteil	Niveau 1	-22 dB	-14 dBA	**Niveau 1**
Tour résidentielle au 16 rue Gustave Eiffel à Créteil	Niveau 1	-24 dB	-14 dBA	**Niveau 1**
Théâtre de Cachan Jacques Carat, au 21 avenue Louis Georgeon à Cachan	Niveau 1	-9 dB	+11 dBA	**Niveau 2**
	Niveau 1+	-4 dB	+ 7 dBA	
	Niveau 2	-10 dB	- 3 dBA	
Immeuble résidentiel au 41 Bd des Frères Vigouroux à Clamart	Niveau 1	-10 dB	+1 dBA	**Niveau 1+**
	Niveau 1+	-9 dB	-2 dBA	
	Niveau 2	-12 dB	-12 dBA	
Résidence Agora, rue Aristide Briand à Issy-Les-Moulineaux	Niveau 1	-22 dB	-15 dBA	**Niveau 1**

Ces éléments montrent que la mise en place de dispositifs de niveau 1+ et 2 pour les sites sensibles identifiés permet de respecter les valeurs cibles.

Au vu de ces résultats, pour les secteurs caractérisés par les dépassements les plus importants, l'utilisation de systèmes de pose performants permettra d'éviter le dépassement des valeurs cibles. Comme prévu dans le plan de management, la définition des mesures de réduction ne pourra être précisée qu'après vérification, à l'aide de mesures in situ, des hypothèses relatives à l'excitation du métro, aux fonctions d'atténuation du sol et aux fonctions de transfert sol / bâtiment / étage.

1.9.6 Mesures d'accompagnement en phase chantier

Les principes de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase chantier sont les suivants.

1.9.6.1 Mesures d'évitement

Les principales mesures d'évitement à rappeler sont l'utilisation du tunnelier pour le creusement du tunnel, méthode constructive caractérisée par un impact vibratoire limité, et l'optimisation du tracé, afin d'éviter le plus possible les avoisinants très sensibles en surface et, en terme de profondeur du tracé, pour éviter les singularités, par exemple les carrières (études préliminaires).

En ce qui concerne la présence d'anciennes carrières, il est prévu le traitement des vides et la mise en sécurité des zones concernées.

Il est également à prendre en considération le respect d'une distance minimale de sécurité entre le tunnel et les ouvrages enterrés existants. Cette distance a été définie au sein des études préliminaires et a été respectée dans la définition du tracé.

En parallèle, une étude de reconnaissance du bâti pour en estimer sa vulnérabilité aux vibrations a été réalisée.

1.9.6.2 Mesures de réduction

La principale mesure de réduction à prévoir est l'injection localisée pour améliorer les propriétés de sol autour de l'ouvrage (tunnel) et éviter de trop grandes déformations du sol. À titre d'information, l'injection dans le sol, au travers de forages, d'un produit pompable se rigidifiant par la suite (coulis) permet d'étancher et/ou de consolider ce sol par remplissage des vides.

1.9.6.3 Mesures de compensation

Concernant les mesures de compensation, il est très important de prévoir une campagne de communication sur les territoires concernés par le projet. Préalablement à la phase de construction, une information ciblée devra être apportée aux riverains pour leur indiquer les périodes d'activités en amont de leur réalisation.

Cette campagne devra inclure également les informations relatives aux mesures de suivi lors des phases de creusement : avant, pendant et après le passage du tunnelier, il est prévu de réaliser des mesures de vibrations au niveau de la surface pour s'assurer du respect d'un niveau temporaire acceptable.

En cas de niveaux trop élevés observés, des ajustements peuvent être opérés sur le fonctionnement du tunnelier, par exemple augmentation/réduction de la pression de confinement, et en conséquence de l'impact vibratoire des travaux.

En parallèle, le renforcement des ouvrages existants pourra être pris en compte, si besoin et quand cela est possible.

D'autres mesures d'ordre organisationnel pourront être mises en place, comme des restrictions concernant le déroulement des travaux tels que des horaires contraints pour les travaux susceptibles de gêner les riverains.

1.9.7 Mesures d'accompagnement en phase exploitation

Les principes de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase exploitation sont les suivantes.

1.9.7.1 Mesures d'évitement

En ce qui concerne le tracé même, les mesures d'évitement ont déjà été présentées pour la phase chantier (choix de tracé optimisé, respect d'une distance minimale de sécurité entre le tunnel et les ouvrages enterrés existants, étude de vulnérabilité du bâti).

D'autres mesures plus spécifiquement liées à la phase exploitation concernent la limitation des charges par essieu et la réalisation de campagnes de mesure de contrôle des émissions vibratoires et acoustiques avant la mise en service (**après construction du tunnel et avant pose de voie**).

1.9.7.2 Mesures de réduction

La principale mesure de réduction consiste à choisir un système de pose des voies adapté à l'atténuation vibratoire recherchée pour garantir le respect des valeurs cibles. Les résultats des modélisations montrent que le choix d'un système de pose de niveau 1 (pose directe avec attaches à double étage) permettrait le respect des niveaux cibles pour la plupart des secteurs traversés par la Ligne 15 Sud.

Pour certains secteurs, un système de pose plus performant sera nécessaire. Pour les secteurs les plus sensibles, un système de pose de niveau 2 est à ce stade justifié.

Un contrôle de la pertinence des différentes mesures de réduction sera réalisé par **l'organisme indépendant de second regard** conformément au **plan de management du bruit et des vibrations phase exploitation** de la Société du Grand Paris.

1.9.7.3 Mesures de compensation

Les mesures de compensation concernent essentiellement la surveillance du niveau de rugosité au contact rail/roue et l'entretien régulier des rails et des roues par les mainteneurs afin de maintenir des conditions de rugosité variant de bonnes à moyennes.

1.9.8 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux vibrations

Sur la base de ces résultats, des mesures d'accompagnement devront être envisagées via la mise en œuvre d'un système de pose permettant d'obtenir une atténuation complémentaire de 10 à 15 dB, en fonction des résultats des calculs de modélisation qui sont rappelés dans le tableau de synthèse pages suivantes.

Ces mesures d'accompagnement ciblées entrent dans le cadre du **plan de management des bruits et des vibrations** défini pour le projet Grand Paris Express, ayant pour but la garantie du respect des seuils acoustiques et vibratoires permettant la maitrise des impacts du projet et la minimisation de la gêne pour les riverains.

Une analyse des méthodologies et des résultats des calculs vibratoires par un organisme indépendant de second regard est également prévue dans le cadre de ce plan de management.

Le tableau suivant résume les risques vibratoires (vibrations et bruit solidien) pour la Ligne 15 Sud issus de l'analyse croisée des enjeux identifiés dans l'état initial et de l'impact estimé pour le projet.

Section	Rappel des enjeux les plus sensibles	Profondeur des voies et résultats des modélisations	Dispositifs retenus pour la pose des voies	Mesures générales à mettre en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Zones pavillonnaires, écoles, collèges Présence potentielle d'anciennes carrières Présence de réseaux enterrés (SIAAP et GDF) Croisement avec RATP ligne 9 et RER C	Supérieure à 25 m **Calcul : Résidence Agora, à Issy-Les-Moulineaux** **Aucun dépassement**	Niveau 1	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques **Mesures de suivi** Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux, attention particulière pour la construction de la gare de Pont de Sèvres **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard. Adaptation du type de pose de voie **Mesures de compensation** Indemnisation des éventuels impacts constatés **Mesures de suivi** Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure
Issy RER à Arcueil - Cachan	Hôpital des armées Percy École maternelle Paul Bert, collège Victor Hugo, École primaire H. Barbusse, Lycée L. Girard Zones pavillonnaires Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP) Croisement avec RER C	Supérieure à 25 m **Calcul : 162, avenue du Général De Gaulle, Clamart** **Jusqu'à 16 dB de dépassement**	Niveau 3	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques **Mesures de suivi** Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard Adaptation du type de pose de voie **Mesures de compensation** Indemnisation des éventuels impacts constatés **Mesures de suivi** Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure
	Zones pavillonnaires, bâtiments commerciaux, espaces publics Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF) Croisement avec RER B et RATP ligne 13	Supérieure à 25 m **Calcul : Bd Frères Vigoreux, Clamart** **Jusqu'à 1 dB de dépassement**	Niveau 1+	
		Supérieure à 25 m **Calcul Avenue Louis Gorgeon, Cachan** **Jusqu'à 11 dB de dépassement**	Niveau 2	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Zone d'habitations collectives École primaire Jean Vilar, École maternelle Charles Perrault Institut Gustave Roissy Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP) Croisement avec RER B, Autoroute A6 et future ligne 14	Supérieure à 20 m **Calcul : Institut Gustave Roissy, Villejuif** **Aucun dépassement**	Niveau 1	

Section	Rappel des enjeux les plus sensibles	Profondeur des voies et résultats des modélisations	Dispositifs retenus pour la pose des voies	Mesures générales à mettre en œuvre
Vitry Centre à Champigny Centre	Parking de la Mairie de Vitry, plusieurs bâtiments de moyenne et grande hauteur Bibliothèque Nelson Mandela, inscrite aux Monuments Historiques Complexe « Sanofi-Aventis Recherche et Développement » Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL) Croisement avec RERC, RERD	Généralement supérieure à 20 m **Calcul : 8, rue Albert Einstein, Créteil** (Profondeur inférieure à 20 m) **Jusqu'à 8 dB de dépassement**	Niveau 1	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques **Mesures de suivi** Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux. **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard Adaptation du type de pose de voie **Mesures de compensation** Indemnisation des éventuels impacts constatés **Mesures de suivi** Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure
	Université Paris Est Créteil Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmantelle Cathédrale Notre Dame de Créteil Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL) Croisement avec RATP ligne 8	**Calcul :** (Profondeur inférieure à 20 m) **Jusqu'à 2 dB de dépassement**	Niveau 1+	
	Collège Plaisance Laboratoires Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor Ancienne abbaye de Saint Maur Carrières à ciel ouvert remblayées Croisement avec RER A,	**Calcul :** (Profondeur inférieure à 20 m) **Aucun dépassement**	Niveau 1	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Bâtiments de grande hauteur Institut médico-éducatif AFASER, Centre de formation, Petite enfance	Entre 20 et 25 m **Calcul : 14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne** **jusqu'à 9 dB(A) de dépassement** **Calcul : 5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne** (Profondeur inférieure à 20 m) **Jusqu'à 5 dB de dépassement**	Niveau 1	
	École maternelle des Richardets Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande Présence potentielle d'anciennes carrières Présence de réseau GDF	Entre 20 et 25 m **Calcul : route de Champigny, Villiers Sur Marne** **Aucun dépassement** **Calcul : Ecole Des Richardets, Noisy-le-Grand** **jusqu'à 6 dB(A) de dépassement**	Niveau 1	
	Bâtiments de grande hauteur Présence de réseau GDF et SIAAP Croisement Autoroute A4, RERA, Ligne ZSNCF	Entre 20 et 25 m **Calcul : Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand** **Jusqu'à 10 dB(A) de dépassement**	Niveau 1	

1.10 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques

Ce chapitre traite spécifiquement des impacts et mesures liées au volet faune et flore. Les impacts et mesures des milieux humides, des frayères et des boisements sont traités dans des chapitres distincts.

1.10.1 Généralités sur les impacts et démarche ERC

1.10.1.1 Types d'impacts potentiels

Chaque impact est caractérisé selon son type (direct, indirect) et sa durée (temporaire, permanent).

Un projet peut présenter deux types d'impacts sur les milieux naturels :

- **des impacts directs** : ils se définissent par une interaction directe du projet avec une espèce ou un habitat naturel.
- **des impacts indirects** : ils se définissent comme les conséquences secondaires liées aux impacts directs du projet et peuvent également se révéler négatifs ou positifs ;

À cela s'ajoute le fait qu'un impact peut se révéler temporaire ou permanent :

- l'**impact** est **temporaire** lorsque ses effets ne se font ressentir que durant une période donnée (la phase chantier par exemple) ;
- l'**impact** est **pérenne** dès lors qu'il persiste dans le temps et peut demeurer immuable.

1.10.1.2 Évaluation des niveaux d'impacts

La quantification de l'impact du projet sur une espèce ou un groupe d'espèces est obtenue par le croisement de plusieurs ensembles d'informations (lorsque celles-ci sont disponibles) :

- La **sensibilité générale de l'espèce** (ou du groupe d'espèces) au type d'aménagement en question, définie au moyen de l'expérience de terrain des experts de Biotope et des informations issues de la bibliographie ;
- Les **éléments propres au site** (abondance locale de l'espèce sur site, localisation, utilisation des milieux…) **et au projet** (mesures de réduction d'impact) pouvant avoir une influence sur le risque de destruction ou de dégradation ;
- La **valeur patrimoniale des espèces**.

Si l'espèce ou le groupe d'espèce est concerné par l'impact considéré, celui-ci peut alors être de niveau faible, modéré, fort voire très fort en fonction des critères énoncés précédemment.

La démarche poursuivie dans l'analyse des impacts faune, flore et milieux naturels s'effectue selon les typologies des impacts induits par le projet. La présentation de ce volet faune, flore, milieux naturels et continuités écologiques est donc la suivante :

- Présentation des secteurs dépourvus d'enjeux écologiques et qui n'engendrent, par conséquent, pas d'impacts,
- Présentation des secteurs ayant un impact faible sur les secteurs présentant un enjeu écologique faible. Il s'agit de secteurs accueillant une faune commune : avifaune commune, reptile ubiquiste, etc,
- Analyse secteurs par secteurs des sites à enjeux écologiques où les impacts écologiques du projet sont notables,
- Développement des impacts résiduels,
- Présentation des mesures compensatoires mises en œuvre.

Dans le cadre de cette étude, les **impacts de niveaux « modéré », « fort » et « très fort » sont considérés comme « notables »** au sens de l'article R122-5 alinéa 7° du code de l'environnement, c'est-à-dire **de nature à déclencher une démarche de compensation**.

1.10.1.3 Démarche Éviter, Réduire, Compenser

La définition des mesures a suivi les recommandations de l'Autorité Environnementale dans son avis du 25 juillet 2012 (N°AE 2012-30) concernant la phase chantier (plantes invasives, période de nidification, préservation des secteurs sensibles de pelouses calcaires etc…).

L'existence d'impacts sur la faune, la flore et les milieux naturels nécessite que la Société du Grand Paris mette en place la démarche Éviter, Réduire, Compenser pour son projet. Cela se traduit au niveau de l'étude d'impact et des dossiers de dérogation par :

- D'abord, mettre en place des mesures d'évitement des impacts (adaptation des emprises, ajustement temporel des dates de démarrage des travaux etc…) ;
- Ensuite, mettre en place des mesures de réduction des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ;
- Enfin, mettre en place des mesures de compensation des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ou de réduire. Ces impacts sont dits résiduels et déclenchent le passage aux mesures compensatoires.

L'insertion environnementale du projet est donc conçue selon un triptyque de mesures graduées.

Pour une meilleure compréhension et en raison du nombre important de mesures proposées, ces dernières ont été dissociées en deux types :

- **Des mesures spécifiques, mises en œuvre pour le projet de Ligne 15 Sud. Ces mesures sont identifiées et présentées pour chaque élément de projet,**
- **Des mesures génériques**, dites de bonne conduite d'un chantier, mises en œuvre systématiquement pour tous types de projet par le Maître d'Ouvrages. Ces mesures génériques sont regroupées suivant des ensembles de mesures (évitement, réduction, compensation).

Rappel des enjeux liés à la faune, la flore, les habitats naturels et les continuités écologiques

Section	Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore	Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	**Ile de Monsieur** : mosaïque d'habitat, de friches prairiales et à tendance humide avec la présence d'une espèce de flore patrimoniale à enjeu modéré : Molène pulvérulente.	**Parc de Billancourt, parc de l'Ile Saint Germain et bois de Meudon :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Ile de Seguin :** Corridor de milieux ouverts identifiés par le Conseil départemental 92 **Coulée verte qui traverse le parc Rodin près d'ISSY RER** : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Corridors de la sous-trame bleue** qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine
	Autres espaces verts : Pont de Sèvres, Ile Seguin, Ile Saint-Germain présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune et la flore commune	
Issy RER à Arcueil Cachan	**Gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart** : friche qui accueille une espèce de flore patrimoniale : la Molène pulvérulente. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles.	**Cimetière Parisien de Bagneux et les ensembles verts de Arcueil Cachan : parc le Vallon, parc Raspail, etc. :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Continuum depuis le cimetière parisien** qui descend vers le parc de Sceaux : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne
	Autres espaces verts : Gare d'Arcueil Cachan, Parc Henri Barbusse, square Malleret Joinville, Fort de Vanves, cimetière parisien, parc Robespierre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Arcueil Cachan à Vitry Centre	**Parc départemental des Hautes Bruyères** qui présente une mosaïque d'habitat intéressante pour la flore (2 espèces patrimoniales) et la faune. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé comme le Lézard des murailles. Le site accueille plusieurs espèces d'insectes patrimoniales et protégées au niveau des zones de friches et de friches prairiales. Les mammifères et les chauves-souris sont également présents sur le site.	**Abords du parc des Lilas :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Parc départemental des Hautes Bruyères :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne et continuum départemental pour le Val-de-Marne Le parc est également utilisé comme support dans **la coulée verte Bièvre – Lilas**, identifiée par le Conseil départemental du Val-de-Marne et le SRCE comme liaison d'intérêt pour Paris et sa Petite couronne.
	Carrières souterraines : Les inventaires montrent la présence de chauves-souris ubiquistes autour des entrées des carrières.	
	Gare de Vitry Centre : présence d'une espèce de flore patrimoniale en bordure de voirie : le Passerage des décombres	
	Autres espaces verts : **Square Général de Gaulle / Parc Raspail, Jardin Panoramique** Gare le Vert de Maison, friches ferroviaires (SMI Vitry) et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	

Section	Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore	Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques
Vitry Centre à Champigny Centre	**Impasse de l'Abbaye et bords de Marne :** présence d'une avifaune riche et d'habitats favorables de nidification et de chasse pour des espèces d'eau et notamment la Bergeronnette des ruisseaux. Les bords de Marne sont favorables aux insectes avec la présence d'une espèce patrimoniale relativement ubiquiste.	**Golf du parc du Tremblay** : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Liaison entre le Golf de Villiers sur Marne, Parc du Plateau, Place Patrick le Roux** : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Corridors de la sous-trame bleue** qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine et de la Marne
	Friche Arrighi constitué d'une friche sèche et xérique où s'établissent 5 espèces de flore patrimoniales. L'avifaune y est riche et le Faucon Hobereau, espèce patrimoniale y nicherait dans les zones arborées. Présence avérée du Lézard des murailles. Site le plus riche au niveau entomologique, la friche présente plusieurs espèces protégées et patrimoniales d'intérêt.	
	Autres espaces verts : Gare de Champigny Centre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Champigny-sur-Marne à Noisy-le-champs	**Gare de Bry Villiers Champigny** : zone boisée et friches buissonnantes accueillant une faune commune	**Boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand** : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin :** liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne
	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny : zone rudérale et dégradé où se développe une espèce de flore patrimoniale. L'intérêt entomologique est marqué par la présence d'une espèce protégée. Présence d'une espèce d'oiseau patrimoniale, la Linotte mélodieuse.	
	SMR de Champigny : zone de friche et de végétation prairiale qui hébergent de nombreux insectes patrimoniaux et protégés.	
	Sentier des marins : présence potentielle d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles	
	Place des Yvris : square urbain regroupant deux stations d'espèces de flore patrimoniales	
	Autres espaces verts : espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
	Gare de Noisy-Champs : boisement neutrophile où se localise en marge, le long d'un trottoir, une station de flore patrimoniale. Les boisements sont investis par une avifaune cavernicole et inféodée à ces milieux. Les amphibiens (dont des espèces présentant un enjeu de conservation) se reproduisent au niveau de deux mares et utilisent les bois comme habitats terrestres.	**Corridor écologique arboré à fonctionnalité réduite** au niveau du parc de la Butte verte et les boisements alentours
	Parc de la Butte verte : accueille une station de flore protégée connue depuis 2005 au niveau d'une mare. L'avifaune y est riche en espèces inféodées au milieu boisé et cavernicoles malgré le caractère altéré des boisements. Les amphibiens se reproduisent au niveau des mares et utilisent les bois comme habitats terrestre.	

1.10.2 Secteurs d'aménagement ne présentant pas d'impact sur la faune, la flore et les continuités écologiques

En raison du contexte très urbanisé dans lequel s'intègre le projet et de sa configuration en souterrain sur l'ensemble de la ligne, les impacts sur la faune, la flore et les continuités écologiques sont limités et localisés.

En phase chantier, seules les émergences liées aux projets (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance) ont une emprise au sol, le tunnel étant entièrement construit au tunnelier. Parmi ces émergences, un certain nombre d'ouvrages et de gares sont localisées dans des secteurs totalement urbanisés laissant extrêmement peu ou pas de place à l'expression de la biodiversité, même commune et ubiquiste. Sur ces secteurs artificiels, les enjeux relatifs à la faune ou à la flore sont négligeables et les impacts sont considérés comme nuls. Ces secteurs d'aménagement sont présentés dans le tableau suivant.

Dans la suite de ce chapitre, les impacts sur la faune, la flore et les continuités écologiques sont étudiés à l'échelle des ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance). Les ouvrages à l'origine d'impacts similaires sur les milieux naturels, la faune et la flore sont, par la suite, regroupés pour faciliter la lecture du document.

- **OA 2203P - ZAC SAEM**



L'ouvrage est situé dans un secteur urbanisé en bord de route très fréquenté à Boulogne Billancourt. Actuellement en chantier (travaux réalisés dans le cadre du projet de ZAC porté par la SAEM), le site accueillera un projet de ZAC ainsi qu'un ouvrage annexe du projet de la Ligne 15 Sud. Les travaux actuels liés au projet de ZAC SAEM et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore ou les milieux naturels dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **Gare Châtillon-Montrouge**



La gare de Châtillon-Montrouge se localise dans un quartier totalement bétonné sans intérêt pour la faune ou la flore. Le seul espace vert connu dans le secteur d'aménagement est un bosquet de plantation d'essence végétale ornementale. Il s'agit d'un Espace Boisé Classé inscrit au POS de la Commune qui doit être déclassé conformément à la mise en conformité des documents d'urbanisme (MECDU) réalisée lors de la DUP. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1601P - Jules Joffrin**



La base chantier de l'ouvrage s'étend sur une parcelle bâtie dans une zone résidentielle à Villejuif. Le contexte urbain dense, les travaux en cours (non réalisés dans le cadre de la Ligne 15 Sud) et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore ou les milieux naturels dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **Gare Villejuif Louis Aragon**



La gare s'installe au niveau d'un centre commercial dans un contexte urbanisé de toute part. Une seconde emprise chantier se localise sur une zone délaissée bétonnée sans enjeu pour la flore ou la faune au regard du contexte dans lequel cette friche industrielle s'inscrit. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1404P - rue Gabriel Péri**



L'ouvrage se localise sur un parking et des espaces verts en pied d'immeuble très relictuels et très dégradés pour présenter un quelconque intérêt pour la faune ou la flore patrimoniale. Au regard du contexte urbain dense, des travaux en cours (non réalisés dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud du Grand Paris) et de la capacité d'accueil quasi nulle du site, aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1401P - Centre technique municipal Vitry / Rue Bel Air**



L'aménagement de l'ouvrage s'étend sur un délaissé industriel bétonné et sur le parking du centre technique municipal de Vitry. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **Gare Les Ardoines**



La Gare des Ardoines se situe dans le secteur très industriel de Vitry, en bordure de voies ferrées. Aucune potentialité n'a été repérée lors des expertises de terrain. Les bords de voie ferrés sont urbanisés et n'offrent pas de talus enherbés qui auraient pu être favorables aux insectes et reptiles. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1301P - rue de Rome**



La place de l'Europe fait actuellement l'objet d'une réhabilitation urbaine visant à moderniser les réseaux d'assainissement et d'améliorer *in fine* la qualité paysagère du site. L'ouvrage se situe en bordure de la place, rue de Rome, et empiète en partie sur une bande enherbée privée. L'aménagement très récent de la place lui confère une capacité d'accueil de la faune et la flore quasi nulle. Le projet de la Ligne 15 Sud n'aura aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques.

- **Gare Créteil L'Echât**



La gare est construite entièrement sur le parking de la gare déjà existante. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle de ce secteur n'aura aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les

continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1201P - Université de Créteil**

Le secteur est constitué d'une pelouse rase très entretenue laissant peu de place à la végétation spontanée. Ces espaces verts peuvent toutefois être des zones d'alimentation pour les oiseaux communs et non protégés nichant aux alentours. Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 1103P - Stade F. Desmond**

L'aménagement de l'ouvrage se réalise dans une cours de sport de collège totalement bétonnée.
Au regard du contexte urbain dense et de la capacité d'accueil quasi nulle du site aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

- **OA 1102P - avenue Ceinture**

L'ouvrage se localise dans une zone résidentielle de Créteil. La zone de chantier s'installe dans une parcelle privée où une future construction de maison individuelle est en cours. Les potentialités d'accueil pour la faune et la flore sont considérées comme quasi nulles. Le projet de la Ligne 15 Sud de ce secteur d'aménagement n'aura aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques.



- **Gare Saint-Maur Créteil**

La gare se localise sur le parvis de Saint-Maur, au nord de la gare existante. Aucun secteur n'est jugé intéressant pour la faune et la flore au regard de l'absence d'habitat favorable. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu' aucun impact n' est attendu sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 1001P - avenue Roger Salengro**

L'aménagement de l'ouvrage se réalise sur une avenue très urbanisée où des alignements d'arbres sont présents de part et d'autre de l'avenue. Quelques bosquets plantés çà et là présentent un intérêt paysager relatif entre les places de parking. La capacité d'accueil du site est quasi-nulle pour la faune ou la flore patrimoniale. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0902P - RP du Colonel Grancey**

L'ouvrage se localise sur un rond-point, le long du boulevard de Stalingrad qui présente quelques espaces verts très relictuels en bord de route. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0811P - avenue Maurice Thorez**

L'ouvrage se localise sur un parking qui présente quelques plantations relictuelles sans grand intérêt pour la faune et la flore. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0810P - rue du Général Leclerc**

L'ouvrage se localise sur une allée bétonnée sans aucun enjeu inventorié pour la faune ou la flore. Un deuxième secteur de chantier est identifié dans une parcelle privée faisant l'objet d'un entretien régulier peu favorable à l'expression d'une biodiversité intéressante. Le jardin peut toutefois être support de chasse pour l'avifaune peu diversifié des alentours. L'enjeu est négligeable. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0806P - rue Mozart**

L'ouvrage se localise dans un secteur résidentiel sur des parcelles privées ainsi que sur un espace vert servant de rond-point, très entretenu, sans intérêt pour la flore ou la faune locale.
Le contexte urbain dense et la gestion intense des espaces verts présents induisent une capacité d'accueil quasi nulle pour la faune et la flore. Aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques n'est identifié dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



- **OA 0805P - avenue Médéric**

L'ouvrage se localise sur un emplacement de parking bétonné sans intérêt et sans possibilité d'accueil pour la faune ou la flore locale. Le contexte urbain dense et la capacité d'accueil quasi nulle du site font qu'il n'y a aucun impact sur la faune, la flore, les milieux naturels ou les continuités écologiques dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.



1.10.3 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques limités

1.10.3.1 Présentation des ouvrages concernés

- **OA 2301P – Ile de Monsieur**

Le site présente une mosaïque de milieux aquatiques, friches prairiales à tendance humide et friches sèches. Les aménagements de berges depuis le Pont de Sèvre jusque sur l'Ile de Monsieur sont favorables aux insectes ubiquistes ou de milieux herbacées. Les cortèges d'oiseaux des milieux anthropiques et des parcs et jardins sont les plus représentés sur le secteur de l'Ile de Monsieur avec 12 espèces d'oiseaux identifiées dont 9 protégées. Les espèces les plus représentées sont l'Etourneau sansonnet, le Pinson des arbres et la Fauvette à tête noire, toutes communes en Ile-de-France.

Groupes concernés : avifaune commune, insecte

- **Gare de Pont de Sèvres**

La gare Pont de Sèvres s'inscrit dans un environnement caractérisé par le passage de la RD1 et un réseau de voiries complexe, par les grands immeubles – CityLights (GE), Trident, Square Com - du quartier du Pont de Sèvres, par la Seine et la proximité de l'Ile Seguin. Il s'agit d'un milieu fortement urbanisé ou les espèces d'oiseaux anthropiques sont largement dominantes à côté d'oiseaux d'eau erratiques et en transit présents du fait de la proximité de la Seine, comme la Mouette rieuse ou le Goéland argenté. Parmi les espèces nicheuses figurent le Pigeon domestique, le Pigeon ramier ou encore le Merle noir. L'enjeu de conservation est faible à négligeable au regard du caractère ubiquiste des sept espèces présentes dont 3 étaient en transit. Parmis elles, 3 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 2201P - Place de la Résistance**

Ce secteur d'aménagement s'inscrit en bord de route sur le quai Stalingrad. L'emprise du chantier s'installe sur une partie de la route et de la bande enherbée en accotement. En bord de route, des travaux sont déjà en cours pour un projet d'aménagement paysager des quais. Une deuxième emprise chantier se localise en bord de quai coté Seine où une zone de stockage est prévue.

Groupes concernés : milieux en eau

- **Gare d'Issy RER**

La gare d'Issy RER s'inscrit au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un contexte très urbain qui présente des espaces verts relictuels : friche en bordure de voie et alignements d'arbres.

Une liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne est toutefois identifiée sur ce secteur par le Schéma régional de cohérence écologique (SRCE). Cette continuité s'appuie notamment sur les talus des voies ferrées et les alignements d'arbres des avenues et des espaces verts alentours.

Groupes concernés : continuités écologiques

- **OA 2101P - Parc Henri Barbusse**



Ce parc urbain est constitué d'espaces verts entretenus et d'alignement d'arbres généralement ornementaux. Le Parc Henri Barbusse présente une avifaune de parc forestier, appartenant au cortège anthropiques et des parcs et jardins, pour l'essentiel. 12 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce parc. Ainsi sont présents par exemple, le Merle noir, la Fauvette à tête noire, le Troglodyte mignon, l'Accenteur mouchet ou encore le Moineau domestique. Parmis elles, 9 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **Gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart**



Le secteur d'aménagement de la gare s'installe sur une mosaïque de milieu avec des zones rudérales, des friches et fourrés parfois complétés par des boisements rudéraux où le Lézard des murailles (espèce protégée à l'échelle nationale) a été observé. Ces milieux permettent l'expression de 6 espèces d'oiseaux dont 2 sont protégées. L'accotement entre les voies ferrées et la route présente une friche prairiale où a été localisée une station de Molène Pulvérulente.

Groupes concernés : avifaune commune, reptile, flore patriloniale

- **OA 2002P - Square Malleret Joinville**



Ce parc urbain accueille une faune commune et des essences floristiques majoritairement ornementales. Le Robinier, espèce considérée comme invasive, est particulièrement présente. Ce site est largement dominé par les espèces anthropiques comme le Moineau domestique, le Pigeon domestique ou par le Merle noir (au moins quatre couples). Au total, 5 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce parc dont une est protégée : le Moineau domestique. Parmis elles, 1 est protégée.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 2001P - Fort de Vanves / J. Mermoz**

Le secteur d'aménagement de l'ouvrage se situe au niveau d'un boisement en partie privé et inaccessible. Une partie de l'emprise chantier s'étend sur une route bitumée sans intérêt pour la faune ou la flore. La présence de haies et de bosquets autour du fort favorise les espèces à tendance forestière comme le Troglodyte mignon, le Pouillot véloce. Les espèces de parcs et jardins et anthropiques sont également bien représentées. La Perruche à collier, espèce d'origine exotique, fréquente également le site et niche dans les environs. Au total, 12 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses. Parmis elles 8 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 1902P – Cimetière Parisien**



Cet ouvrage se situe dans l'enceinte du cimetière, en bordure nord-ouest qui accueille une faune commune comme le cortège d'oiseaux des milieux anthropiques. L'emprise chantier s'insère en bordure nord-ouest du cimetière impactant cinq arbres de l'alignement d'entrée et quelques plants éparses principalement utilisés comme support dans les déplacements des espèces.

Groupes concernés : avifaune commune, continuités écologiques

- **OA 1901P - Pierre Plate**

L'ouvrage Pierre Plate se situe sur un habitat peu diversifié de type « parc et jardin » et s'installe sur une zone de parking et un alignement d'arbres. Le site se trouve au milieu d'une cité urbaine avec quelques espaces verts aménagés. La présence de quelques arbres résineux a favorisé la présence de la Mésange huppée. Les bâtiments permettent la nidification du Rougequeue noir, du Pigeon domestique, de l'Etourneau sansonnet tandis que les jardins abritent du Merle noir, du Verdier ou encore du Pinson des arbres. Les arbres creux servent aussi d'abris pour la Perruche à collier. Cette dernière effectue des déplacements fréquents vers le Parc Robespierre, tout proche. Au total, 14 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses. Parmis elles, 7 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **Gare de Bagneux**

La gare de Bagneux sera construite sur une petite zone de friche entre des bâtiments et des emprises routières. Le parc urbain ou coulée verte en bord de route n'est pas impacté par le projet de la gare.

Groupes concernés : reptile

- **OA 1801P - Parc de Robespierre**



Le secteur d'aménagement de la gare prend place sur la moitié nord du parc Robespierre. Ce parc abrite quelques espèces fréquentant les buissons ou à tendance forestière comme la Fauvette à tête noire ou le Troglodyte mignon (au moins 3 couples). Au total, 13 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur site et une espèce a été observée en transit : le Goéland argenté. Parmis elles, 8 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **Gare Arcueil-Cachan**

La gare d'Arcueil Cachan s'installe sur la gare RER Arcueil Cachan déjà existante pour s'étendre sur un parking au sud de l'emprise. Ce site, densément urbanisé, est occupé par les espèces anthropiques habituelles : Moineau domestique, Pigeon domestique, Pigeon ramier ou Accenteur mouchet. Au total, 9 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 4 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 1702P - Square Général de Gaulle**



L'ouvrage se localise dans le parc de la mairie de Cachan aussi connu sous le nom de parc Raspail. L'ouvrage se localise au sud de la Mairie de Cachan. L'emprise chantier occupera un secteur très aménagé du parc à savoir des cheminements piétons, des alignements d'arbres et un bassin d'eau artificiel. Les espèces de milieu urbanisé et de parcs et jardins sont présentes : Merle noir, Moineau domestique, Accenteur mouchet, Pie bavarde, Etourneau sansonnet. Le parc abrite également des espèces plus forestières comme le Troglodyte mignon la Fauvette à tête noire et le Grimpereau des jardins. Au total, 15 espèces communes peuvent être considérees comme nicheuses sur ce parc. Parmis elles, 8 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 1701P - Jardin panoramique**



L'ouvrage se situe en bordure ouest du jardin. Lequel fait l'objet d'une gestion intensive qui limite son potentiel d'accueil de la faune et de la flore. Dans le respect des emprises chantier, l'aménagement du jardin panoramique n'impacte pas les stations de flore patrimoniale.

Parmi les espèces présentes figurent le Merle noir, le Pigeon ramier, l'Accenteur mouchet, mais aussi des espèces plus forestière comme la Mésange à longue queue, le Roitelet huppé ou le Pic épeiche. À signaler également la présence de la Grive draine, mais qui ne niche pas forcément dans le Jardin. Au total, 12 espèces communes peuvent être considéres comme nicheuses sur ce parc. Parmis elles, 8 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 1501P - Rue du Génie**

L'ouvrage se situe dans une propriété privé sans intérêt pour la faune ou la flore. Une seconde emprise se localise dans un terrain vague. Le cortège avifaunistique est ici très banal avec les habituelles espèces des cortèges anthropiques et des jardins : Moineau domestique, Merle noir, Verdier d'Europe, Pie bavarde mais aussi du Troglodyte mignon. Au total, 8 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 4 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **Gare de Vitry Centre**

La gare se localise dans le parc du Coteau à Vitry où les plantations dans le jardin sont nombreuses. Une station de Passerage des décombres a été observée en bord de trottoir près du parc. L'espèce reste isolée et n'est pas impacté par l'aménagement de la gare dans le respect strict des emprises chantiers proposées. Dans le centre de Vitry, la présence d'un parc avec de grands arbres favorise la présence d'espèces forestières comme la Grive musicienne ou le Grimpereau des jardins à côte des espèces anthropiques habituelles. Au total, 11 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 6 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 1402P - Entrée rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas**

L'ouvrage se situe sur une place en bordure d'une avenue routière.

Les contours de la place sont composés d'alignement d'arbres sur sol imperméabilisé laissant peu de place à une végétation spontanée. Il s'agit d'un petit espace vert au milieu d'une cité urbaine. Mis à part une famille de Mésange bleue, le cortège avifaunistique est strictement anthropique.

Au total, 8 espèces communes peuvent être considéres comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 3 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **Gare Le Vert de Maisons**

La gare de Vert de Maisons occupe des secteurs de friche délaissé et des secteurs urbanisés. Malgré le caractère fragmenté et peu développé de ces secteurs de friche, le site conserve un potentiel d'accueil pour la faune commune (oiseaux, reptiles).

Le cortège d'espèces est essentiellement anthropiques avec quelques espèces de jardins comme l'Accenteur mouchet, le Troglodyte mignon, la Mésange charbonnière ou le Merle noir.

Parmis elles, 5 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune, reptile

- **OA 1101P - rue du Port de Créteil**

Cet ouvrage se localise en angle de rue sur un espace vert relictuel en bordure de départementale. Une deuxième emprise chantier s'installe sur le quai rue du Port.

Groupes concernés : milieux en eau

- **OA 1003P - Impasse de l'Abbaye**



L'ouvrage se situe dans le parc de l'Abbaye avec une deuxième emprise chantier en bordure du quai Beaubourg. Ce site est l'un des plus riches et des plus diversifié de la Ligne 15 Sud. Il faut dire qu'il s'agit d'un grand parc avec d'anciens bâtiments au milieu d'une zone urbaine et à proximité de la rivière Marne. Les espèces les mieux représentées sont le Pinson des arbres, le Troglodyte mignon et le Merle noir. Le cortège anthropique est bien présent et la Marne apporte son cortège d'oiseaux d'eau.

Au total, 18 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses dont la Bergeronnette des ruisseaux, nicheuse probable d'enjeu modéré. Parmis elles, 12 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 1002P - Charles Floquet**

Cet ouvrage se localise sur une friche privée peu diversifiée. L'emprise chantier temporaire s'installe sur une friche voisine, une entreprise de parquet et un parking.

Groupes concernés : reptile

- **Gare de Champigny Centre**

La gare de Champigny sera créée avenue Roger Salengro, le long de la Départementale 4. Les emprises chantiers s'insèrent dans un contexte très urbain sans enjeu pour la faune ou la flore. Les emprises en bord de voies ferrées et dans un square de pied d'immeuble représentent toutefois un enjeu pour la faune locale (oiseaux, reptiles). Cette zone est très urbanisée. Les seuls espaces verts sont représentés par les talus et bosquets bordants la ligne de chemin de fer. Le peuplement est dominé par les espèces anthropiques et celles à tendances forestières comme le Pouillot véloce, le Troglodyte mignon. Parlis elles, 9 sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune, reptile

- **OA 0901P - Clos du Pré de l'Etang**

Les emprises chantier temporaires occupent deux secteurs de part et d'autres des voies ferrées. Il s'agit de zones arborées plus ou moins délaissées potentiellement favorables aux espèces communes et ubiquistes locales (oiseaux, reptiles).

Groupes concernés : avifaune commune, reptile

- **Gare de Bry-Villiers-Champigny**

La gare se localise sur une friche boisée occupée par des gens du voyage. Le secteur est extrêmement dégradé du fait de l'occupation du site. La présence de zones arborées favorise toutefois l'accueil d'oiseaux communs du cortège arboré.

C'est un des secteurs les plus riche mais aussi l'un des plus étendu en surface. Il est composé de zones industrielles, commerciales et pavillonnaires, séparées par des friches plus moins embuissonnées, des bosquets et un golf. Les espèces les mieux représentées sont le Moineau domestique et la Fauvette à tête noire (avec au moins 8 couples). Le cortège des buissons est bien représenté avec 2 couples d'Hypolaïs polyglotte et 2 couples de Fauvette grisette. C'est aussi le seul où le cortège des milieux ouverts est représenté avec notamment la Linotte mélodieuse (présente sur la base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny (appelée également zone ITE), espèce classée comme « Vulnérable » dans la liste rouge nationale. Enfin, il faut mentionner aussi la présence d'un Faucon crécerelle qui chasse sur le site mais dont le site de nidification n'a pas été identifié.

Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit d'une station de Robinier Faux Acacias.

Groupes concernés : avifaune commune, espèce végétale invasive

- **OA 0808P - Avenue Henri Dunant Villiers**



L'ouvrage se localise sur des espaces verts de pied d'immeuble très entretenu. Les talus ferroviaires étant les sites les plus intéressants pour la faune et la flore ne font pas l'objet d'aménagement.

Les talus de chemins de fer constituent des refuges pour des espèces comme la Fauvette à tête noire ou le Troglodyte mignon (au moins 3 couples). La partie Nord est plutôt occupée par des immeubles et la partie Sud, par un quartier pavillonnaire, favorable à la présence d'espèces de parcs et jardins. Au total, 14 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses. A noter que le Héron cendré a été observé en transit sur ce site. Parmis elles, 11 espèces sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **OA 0807P – Sentier des Marins**



L'ouvrage se concentre sur un délaissé ferroviaire en bord de voies encore fonctionnelles. Le site est dégradé et fait l'objet de zone de dépôts anarchiques qui fragilisent les potentialités d'accueil du site. Le site présente toutefois des potentialités de présence d'espèces communes (oiseaux et reptiles).

Groupes concernés : avifaune commune, reptile

- **OA 0804P – Place des Yvris**

L'ouvrage est situé dans une zone urbanisée moyennement dense avec des quartiers résidentiels et quelques lambeaux forestiers.

Parmi les espèces liées à la présence d'arbres figurent le Rougegorge familier, le Grimpereau des jardins, la Fauvette à tête noire, le Pinson des arbres ou encore le Troglodyte mignon. La Perruche à collier fréquente également le site. Au total 17 espèces d'oiseaux ont été contactées dont 11 sont protégées. La place des Yvris présente un intérêt floristique puisque le Gaillet de Paris, très rare en Ile-de-France s'est adapté au contexte parisien et se rencontre à l'ouest de la place.

Groupes concernés : avifaune commune, flore patrimoniale

- **OA 0803P - Rue du Ballon**

L'ouvrage se localise en bord de voirie, sur un secteur globalement boisé, présentant un intérêt pour la faune locale comme le cortège d'oiseaux des milieux boisés. Ce site est essentiellement occupé par des quartiers résidentiels où se dressent parfois de grands arbres favorables aux espèces cavernicoles (nichant dans les troncs). Le cortège forestier est bien représenté avec le Pinson des arbres, la Fauvette à tête noire, le Grimpereau des bois, le Troglodyte mignon et le Geai des chênes au côté des Mésanges bleue et charbonnière.

Au total, 16 espèces communes peuvent être considérées comme nicheuses sur ce site. Parmis elles, 10 espèces sont protégées.

Groupes concernés : avifaune commune

- **SMI de Vitry**



Le Site de Maintenance des Infrastructures s'étend de la gare des Ardoines jusqu'à un secteur plus au sud en passant le long des voies ferroviaires pour assurer la liaison entre les deux entités.

Le secteur est totalement urbanisé à l'exception de quelques friches éparses et de très faibles surfaces qui s'installent entre deux industries.

Groupes concernés : reptile

1.10.3.2 Impacts sur l'avifaune commune

Ouvrages concernés :

- Gares : Pont de Sèvres, Arcueil-Cachan, Vitry Centre, Le Vert de Maisons, Champigny Centre, Bry-Villiers-Champigny
- Ouvrages annexes : 2301P, 2101P, 2002P, 2001P, 1902P, 1901P, 1801P, 1702P, 1701P, 1501P, 1402P, 1003P, 0901P, 0808P, 0807P, 0804P, 0803P

a. Identification des impacts bruts

Les emprises chantier des ouvrages concernés intègrent des habitats favorables au cortège d'oiseaux des milieux anthropiques et de type parcs et jardins et de milieux arborés. Toutefois, de nombreux habitats de report sont maintenus à proximité des éléments projet (berges de Seine, Ile de Monsieur, Ile Saint-Germain, parc de Billancourt, etc.).

Plusieurs espèces d'oiseaux sont susceptibles de nicher au niveau des emprises chantier qui sont actuellement des espaces verts relictuels entre les axes routiers très fréquentés, des parcs urbains, etc. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

b. Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la **période de nidification des oiseaux**.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisées en automne/hiver précédant le démarrage des travaux.

c. Mesures de réduction par remise en état des sites après travaux

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur l'avifaune commune

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesure ER	Niveau d'impact résiduel
Oiseaux	Faible	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Remise en état des sites après travaux	Faible à négligeable
		Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation de la période de travaux	Faible à négligeable
		Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Aucune mesure nécessaire	Faible à négligeable

Aucune espèce patrimoniale n'est présente au niveau des secteurs d'aménagement concernés. Seules des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes sont présentes. Seule la Bergeronette des ruisseaux, espèce patrimoniale d'enjeu modéré est présente au niveau du secteur d'aménagement de l'OA 1003P - Impasse de l'Abbaye, toutefois, les milieux de nidification probable de l'espèce ne sont pas impactés par le projet.

Les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre conduiront à des impacts résiduels faibles à négligeables sur les espèces d'oiseaux présentes.

1.10.3.3 Impacts sur les reptiles

Ouvrages concernés :

- Gares : Fort d'Issy/Vanves/Clamart, Bagneux, Le Vert de Maisons, Champigny Centre
- Ouvrages annexes : 1002P, 0901P, 0807P
- Site de maintenance : SMI de Vitry

a. Identification des impacts bruts

Les habitats présents au droit des secteurs d'aménagement concernés sont favorables au Lézard des murailles, espèce commune et ubiquiste dont la présence est potentielle bien que l'espèce n'ait pas été identifiée sur le terrain. L'impact est donc potentiel sur les habitats et les individus du Lézard des murailles. Le caractère ubiquiste de cette espèce et sa bonne capacité de recolonisation lui permettront de trouver des habitats de substitution à proximité de ceux impactés par le projet (parc Robespierre à proximité de la gare de Bagneux par exemple).



Entrée du parc Robespierre non impactée
(source : Société du Grand Paris – Biotope)

Au regard des capacités de déplacements de l'espèce, l'effet par destruction d'individus de Lézard des murailles (effet direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible et les simples mesures suivantes permettront de limiter cet impact.

De même, l'effet de dérangement des populations reste limité au regard du contexte urbain et des activités déjà présentes.

b. Mesures de réduction

La mesure consiste à enlever les refuges pour le Lézard des murailles dans les secteurs d'aménagement concernés. Des individus peuvent se situer au sein du secteur d'aménagement au niveau de murets bétonnés, de tas de pierre ensoleillés et de matériaux déposés. Afin d'éviter la destruction d'individus en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie). L'identification des habitats favorables à l'espèce sera réalisée par un écologue.

Malgré la présence d'habitats favorables au Lézard des murailles, l'espèce n'a pas été observée sur les secteurs d'aménagement concernés lors des expertises de terrain réalisées. Elle reste malgré tout potentiellement présente. Le passage d'un écologue durant la phase travaux permettra de confirmer ou non la présence de l'espèce. Dans le cadre où la présence de l'espèce serait avérée, des mesures complémentaires seront mises en œuvres : mise en place de caches de substitution.

La mise en place de ces caches de substitution sera réalisée de manière à attirer les individus en dehors de l'emprise des travaux. Ces caches seront placées dans des endroits propices à l'accueil de l'espèce. Un écologue sera en charge de l'accompagnement pour la mise en œuvre de cette mesure.

Pour cela, un certain nombre de principes seront respectés afin de garantir des capacités d'accueil optimales pour les reptiles et notamment le Lézard des murailles :

- Créer des petites structures (hauteur 1m -1,20 m) dans des endroits bien ensoleillés ;
- Utiliser des pierres d'origine locale ;
- Les nettoyer si elles proviennent d'un autre mur ;
- Disposer les pierres de façon à ce qu'elles ne bougent plus et que la face visible présente la stratification horizontale de la roche ;
- Ménager des rangs de tailles différentes permettant de maximiser la présence d'anfractuosités ;
- Combler certains espaces avec du sable.



Exemples de murets en pierres sèches – © Biotope

Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

L'identification des habitats favorables à l'espèce sera réalisée par un écologue chargé du suivi de chantier.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les reptiles

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Reptiles	Faible	Dégradation voire destruction d'une partie des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Enlever les refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si l'espèce est avérée présente	Faible à négligeable
		Destruction potentielle d'individus d'espèces communes Impact direct et permanent	Enlèvement des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement	Faible à négligeable
		Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Aucune mesure nécessaire	Faible à négligeable

Bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été identifiée au niveau des secteurs d'aménagement concernés, les habitats présents sont favorables au Lézard des murailles, espèce protégée considérée comme potentiellement présente.

L'enlèvement des éléments favorables à cette espèce et la mise en place de caches de substitution conduiront à un impact faible à négligeable sur l'espèce.

1.10.3.4 Impacts sur la flore patrimoniale

Ouvrage concerné : [4]

- Ouvrage annexe : OA 0804P – Place des Yvris

a. Présentation de l'ouvrage annexe de la Place des Yvris

L'ouvrage est situé dans une zone urbanisée moyennement dense avec des quartiers résidentiels et quelques lambeaux forestiers.

Parmi les espèces liées à la présence d'arbres figurent le Rougegorge familier, le Grimpereau des jardins, la Fauvette à tête noire, le Pinson des arbres ou encore le Troglodyte mignon. La Perruche à collier fréquente également le site. Au total 17 espèces d'oiseaux ont été contactées dont 11 sont protégées.[5]

La place des Yvris présente un intérêt floristique puisque le Gaillet de Paris, très rare en Ile-de-France s'est adapté au contexte parisien et se rencontre à l'ouest de la place.

[4] Les impacts sur la flore patrimonaliale localisée sur le site de la gare d'Issy/vanves/Clamart sont traités dans le chapitre spécifique lié à cet ouvrage

[5] Les impacts et mesures associés à la présence de l'avifaune sont détaillés dans le chapitre relatifs aux impacts sur l'avifaune commune.





Abords du secteur d'aménagement (source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014)

b. Identification des impacts bruts sur la flore patrimoniale

Les stations de Gaillet de Paris sont situées sur l'emprise chantier là où sera aménagé l'aménagement définitif de l'ouvrage. Les stations sont donc menacées de destruction et de disparition suite à l'aménagement du site.

c. Mesures de réduction à titre expérimental

Une convention sera établie avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien (CBNBP) afin de définir en amont des travaux un protocole de transplantation ou de récolte de graines des espèces impactées.

Les stations de flore pourront être déplacées à l'est du site où le milieu est similaire. **Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé.** La pertinence de la transplantaiton sera évaluée dans le cadre du partenariat entre la Société du Grand Paris et le CBNBP. Ces protocoles feront l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou pour en améliorer un. Sur ce site, il s'agit de déplacer la station de Gaillet de Paris sur un secteur non impacté.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la flore patrimoniale

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Flore patrimoniale	Fort à Faible selon les espèces	Destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales	Transplantation / Récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées	Faible

Une espèce végétale patrimoniale est présente sur le secteur d'aménagement de l'ouvrage annexe de la Place des Yvris.

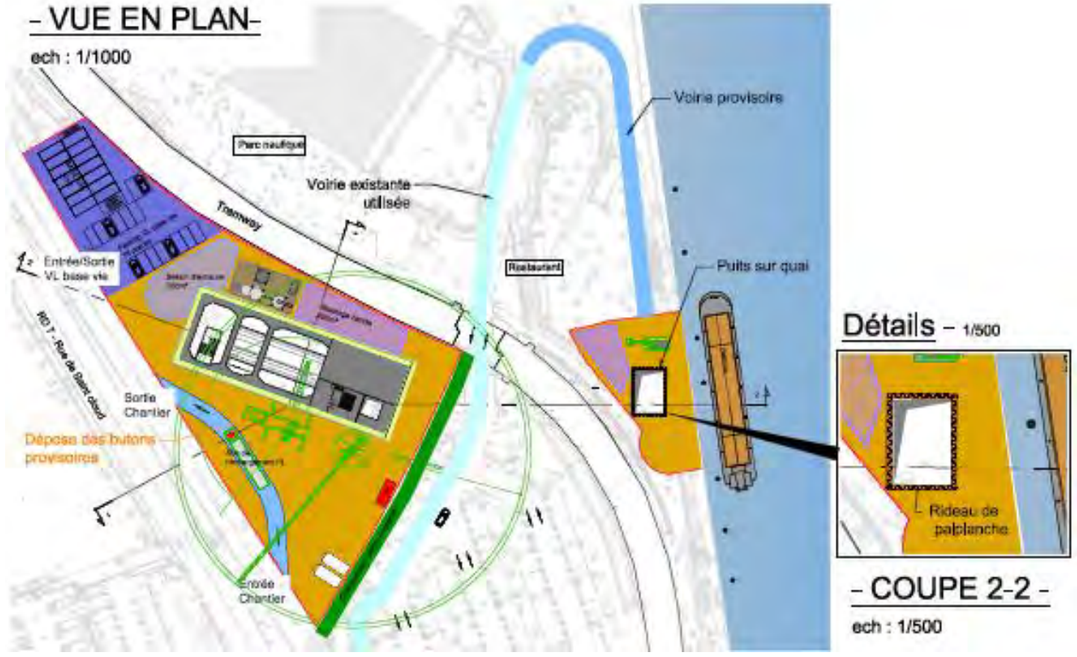
Les mesures mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faibles à négligeables.

1.10.3.5 Impacts sur les insectes patrimoniaux – OA Ile de Monsieur

Ouvrage concerné :

- Ouvrage annexe : OA 2301P – Ile de Monsieur

a. Présentation de l'ouvrage de l'Ile de Monsieur



b. Impacts et mesures sur la Flore

Le site présente une mosaïque de milieux aquatiques, friches prairiales à tendance humide et friches sèches. Le site héberge une espèce patrimoniale : la Molène pulvérulente.

La Molène pulvérulente est une espèce thermophile des friches sèches présente ici en bord de voie de tramway au sud du Pont-de-Sèvres.

- **Identification des impacts bruts sur la Flore**

Aucune station de flore patrimoniale n'est impactée par le projet au vu de la localisation des emprises chantier et de l'ouvrage (carte ci-caprès).

Aucune mesure d'évitement ou de réduction n'est donc nécessaire.

c. Impacts et mesures sur la Faune

Les aménagements de berges depuis le Pont de Sèvre jusque sur l'Ile de Monsieur sont favorables aux insectes ubiquistes ou de milieux herbacées. Deux espèces patrimoniales ont été observées durant les expertises de 2014 : la Grisette (Carcharodus alceae) et la Naïade aux yeux bleux (Erythromma lindenii) dont l'enjeu de conservation est faible à l'échelle régionale.

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux anthropiques et des parcs et jardins sont les plus représentés sur le secteur de l'Ile de Monsieur avec 12 espèces d'oiseaux identifiées dont 9 protégées. Les espèces les plus représentées sont l'Etourneau sansonnet, le Pinson des arbres et la Fauvette à tête noire, toutes communes en Ile-de-France.

- **Identification des impacts bruts sur la Faune**

L'emprise chantier du puits de départ de tunnelier impacte principalement des habitats de type parc et jardins ainsi que des zones de fourrés conduisant à une diminution des habitats favorables aux espèces inféodées à ces milieux. Toutefois, des habitats de même type existent à proximité de l'aménagement, constituant ainsi des zones de report pour les espèces concernées (milieux ouverts et parcs de l'Ile de Monsieur, habitats de fourrés et boisés le long des berges).

Par ailleurs, plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Enfin, et au regard du contexte local marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les espèces concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

Concernant les insectes, les habitats présents le long des berges de type parcs et jardins seront en partie investi par la phase chantier et la zone de stockage. Toutefois, des habitats de même type existent à proximité de l'aménagement, constituant ainsi des zones de report pour la Grisette (clairières, allées forestières, fleurs de ronces et chardons) et la Naïade aux yeux bleu (habitat riche en végétation proche des eaux stagnantes ou à faible courant). Ces milieux ouverts et humides sont largement présents au niveau du site de l'Ile de Monsieur.

- **Mesures d'évitement**

Concernant les insectes, un fauchage précoce des herbes et arbustes est préconisé afin de rendre la zone défavorable aux papillons présents à savoir la Grisette et la Naïade aux yeux bleu.

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

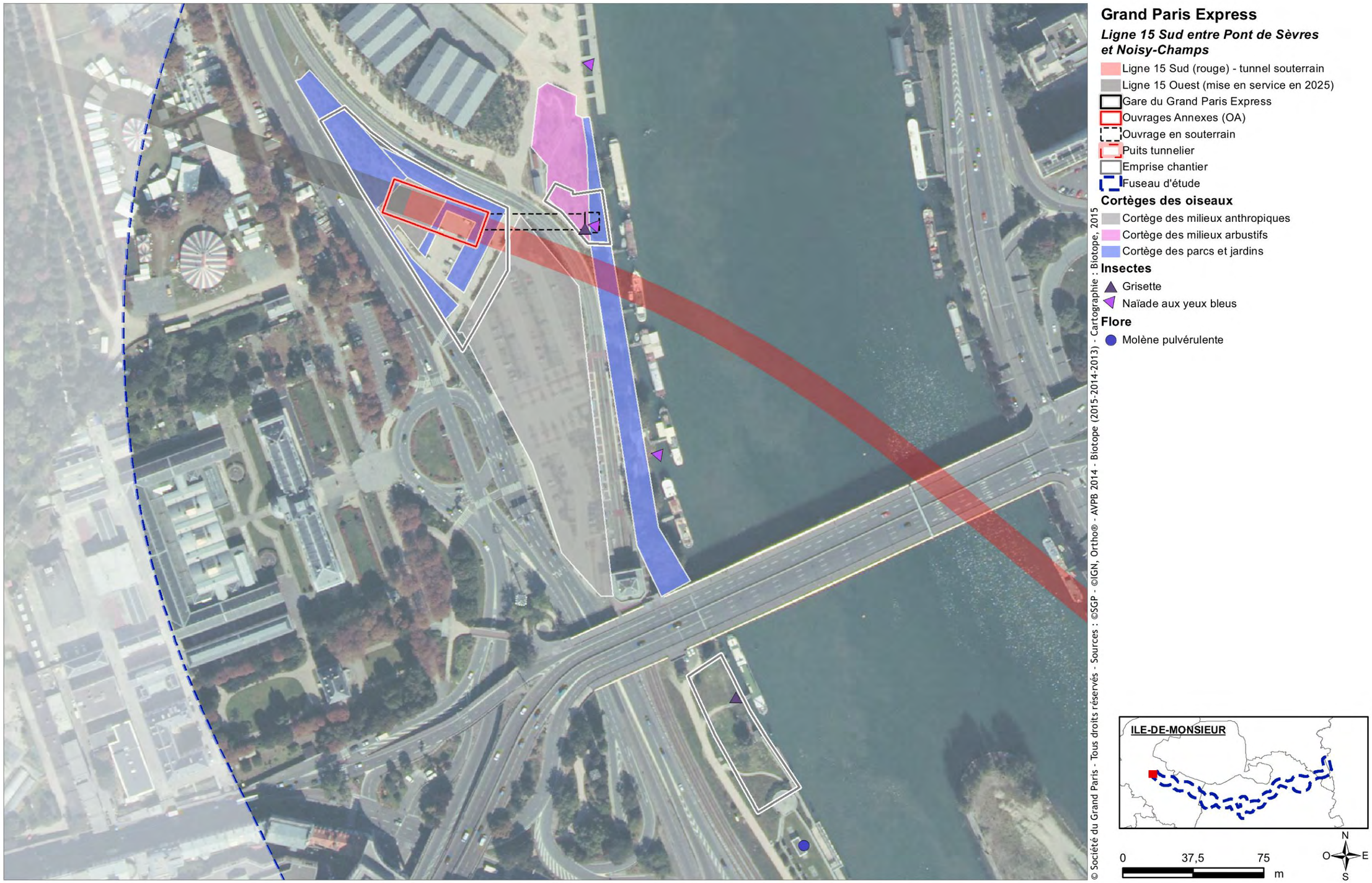
Synthèse des impacts résiduels sur la faune et la flore

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Insectes	Faible	Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats favorables aux insectes Impact direct et permanent	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre	Faible
		Destruction potentielle d'individus Impact direct et permanent	Rendre la zone défavorable pour le groupe	Faible
Oiseaux	Faible	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Remise en état du site après travaux	Faible
		Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation de la période de travaux	Faible
		Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible

Deux espèces d'insectes patrimoniales sont présentes au niveau du secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur et des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes ont été identifiées. Par ailleurs, une espèce végétale patrimoniale est présente à proximité du secteur d'aménagement mais ne sera pas impactée par le projet.

Les mesures mises en œuvre pour les insectes et les oiseaux conduisent à des impacts résiduels faibles.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur



1.10.3.6 Impacts sur la faune et la flore patrimoniale – Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart

a. Présentation de la gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart

Le secteur d'aménagement de la gare s'installe sur une mosaïque de milieux avec des zones rudérales, des friches et fourrés parfois complétés par des boisements rudéraux où le Lézard des murailles (espèce protégée à l'échelle nationale) a été observé. Ces milieux permettent l'expression de 6 espèces d'oiseaux dont 2 sont protégées. L'accotement entre les voies ferrées et la route présente une friche prairiale où a été localisée une station de Molène Pulvérulente.






Portfolio des milieux présents au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart

b. Impacts et mesures sur la Flore

Cette friche ferroviaire accueille la Molène pulvérulente, espèce patrimoniale rare en Ile-de-France. Cette espèce de friches thermophiles est présente sur la zone de friche au sud de la Gare.

Rare en Ile-de-France, cette espèce représente une enjeu de conservation modéré à l'échelle du fuseau d'étude.

- **Identification des impacts bruts**

La station de Molène pulvérulente est incluse dans l'emprise travaux. Sur ce secteur sud, une modification du terrain est envisagée avec la possibilité de créer un talus.

- **Mesures de réduction**

Au regard du projet et de l'aménagement futur au sud de la gare, la station de Molène pulvérulente peut être préservée par balisage de la station et mise en défend en phase travaux.



Une mise en défend de la station s'effectuera avant la mise en place de la base chantier par l'écologue en charge du suivi du chantier.

L'écologue en charge du suivi des mesures effectuera une visite de terrain durant les périodes de floraison de l'espèce soit entre mars et avril. Si la présence de l'espèce est avérée dans le secteur d'aménagement ou à proximité des zones de passage des engins, un balisage de la station sera effectué dans la mesure du possible.





Exemple de balisage lors d'un chantier – source : Biotope

Si le balisage ne s'avère pas possible au regard des contraintes techniques du projet, l'espèce fera l'objet d'un protocole de déplacement et/ou de recueil des bulbes qui seront transmis au Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien dans le cadre d'un protocole conventionné.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, seuls les cortèges d'oiseaux des milieux arbustifs et des parcs et jardins ainsi que le Lézard des murailles ont été identifiés.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier intègre la quasi-totalité des habitats d'espèces identifiés (Lézard des murailles et cortèges d'oiseaux des milieux arbustifs et des parcs et jardins) conduisant à une diminution des habitats favorables aux espèces inféodées à ces milieux. Toutefois, des habitats de même type existent à proximité des impacts, constituant ainsi des zones de report pour les espèces concernées (milieux arbustifs des habitations ou des espaces publics pour les oiseaux et voies ferrées et leurs abords pour le Lézard des murailles). Par ailleurs, toutes les espèces concernées sont communes et non menacées en Ile-de-France.

Plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement. En ce qui concerne le Lézard des murailles, il présente de bonnes capacités de déplacements ce qui réduit les risques de destruction d'individus lors de la phase chantier. Les œufs et les juvéniles restent toutefois vulnérables lors des travaux.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux et pour le Lézard des murailles sont déjà en partie existants. Les espèces concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

- **Mesures d'évitement**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesures de réduction**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus de Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

De plus, l'aménagement d'un muret en pierres sèches permettra de restaurer un habitat favorable au Lézard des murailles et ainsi de réduire les impacts par perte d'habitat favorable.

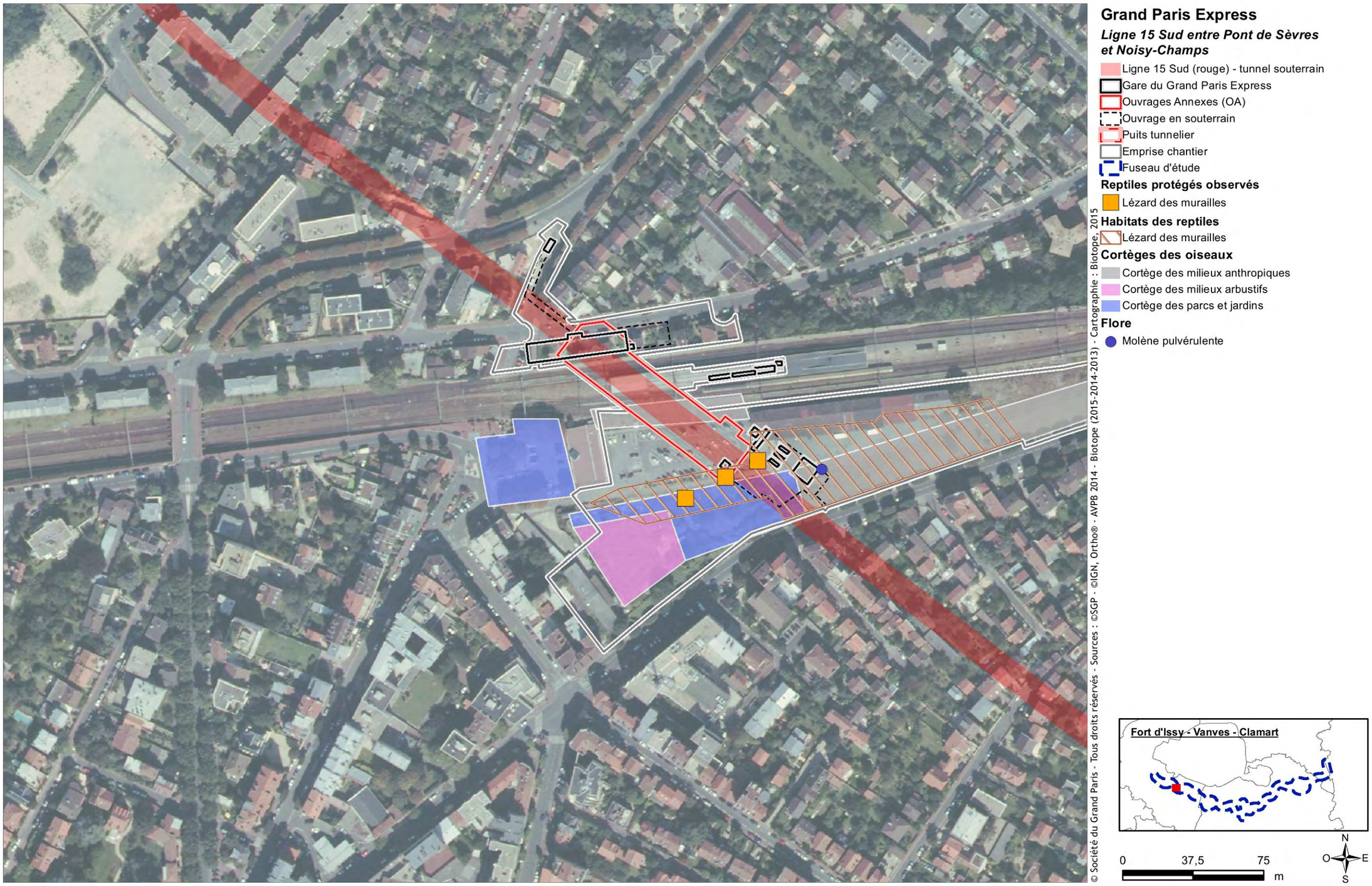
Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Flore patrimoniale	Modéré	Dégradation voire destruction de la station	Balisage de la station pour éviter l'impact de la phase chantier	Faible à négligeable
Reptiles	Faible	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèce mais nombreux habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Aménagement d'un muret en pierres sèches	Faible
		Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce Impact direct et permanent	Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier	Faible
		Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Oiseaux	Faible	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Remise en état des sites après travaux	Faible
		Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation de la période de travaux	Faible
		Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible

Une espèce végétale patrimoniale est présente au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart. Par ailleurs, des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes ont été identifiées et le Lézard des murailles, espèce également commune et ubiquiste est présente.

Les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faible à négligeable.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart



1.10.3.7 Impacts sur les milieux en eau

Ouvrages concernés :

- Ouvrages annexes : 2201P, 1101P

a. Identification des impacts bruts

Bien que sans enjeu identifié pour la faune ou la flore, la mise en place d'une base chantier à proximité immédiate des quais implique la mise en place de mesures simples afin d'éviter toute pollution accidentelle, chute de matériaux dans le milieu aquatique.

b. Mesure de réduction du risque de déchets flottants

Les chantiers sont à l'origine de déchets qui peuvent accidentellement être déversés en Seine et créer une pollution flottante (plastiques, bois, etc.).

La gestion des déchets devra être assurée rapidement et dans des conditions de stockage, de collecte et de traitement optimales en faisant appel si nécessaire à des entreprises agrées.

Des barrages flottants seront implantés autour des zones de travail. Ils permettront de récupérer les déchets flottants qui seront ensuite collectés puis traités dans les conditions adéquates. Un tri systématique des déchets sera effectué.

Quant aux déchets industriels spéciaux solides et liquides (bois traités, huiles, solvants, etc.), le tri sera effectué conformément à la réglementation en vigueur.

Au cas où, pour des raisons de manque de place, un tri sélectif ne peut pas être mis en place sur l'emprise chantier, l'entreprise devra avoir l'accord de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris pour qu'un tri équivalent soit effectué dans un centre de tri extérieur à la zone. L'entreprise fournira les justificatifs de ce tri.

c. Mesure de réduction liée à la chute de matériaux dans la Marne

Dans l'objectif de limiter la chute de matériaux dans la Seine, des barrages anti-MES seront disposés autour de la zone de chargement en barge pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire.

d. Mesure de réduction du risque de pollution accidentelle par les eaux de ruissellements et les eaux usées

Concernant les pollutions accidentelles, les contaminants et sources de pollution au sein des bases chantier seront éloignés au maximum de la Seine afin de limiter le risque de contamination directe par ruissellement des eaux superficielles. Le traitement des eaux de ruissellements, chargées en boue (terrassement, passage engins), en hydrocarbures (déviation des voies sur berges sur l'estacade) devra également être réalisé afin de ne pas rejeter directement en Seine. Les bases chantiers seront étanchéifiées couplé à un système de récupération des eaux qui débouchera sur un bassin de décantation. Ces eaux, une fois stockées et traitées, seront rejetées dans les réseaux collectifs/ acheminées par camions citernes en centre de traitement.

L'entreprise aura à charge la surveillance des conditions de stockage et de manipulation des produits toxiques et potentiellement dangereux. Il est par conséquent important de respecter quelques précautions élémentaires lors de la mise en place et de l'occupation du chantier, afin de prévenir le maximum de ces risques :

- Les bassins de dépollution, s'ils sont nécessaires, seront installés au niveau des aires de lavage, d'entretien et de stationnement des véhicules, qui devront se situer sur les aires de chantier étanches,
- Le ravitaillement des engins sera effectué sur les aires d'entretien, à l'aide de volucompteurs équipés de becs verseurs à arrêt automatique et éloignés de la Marne,
- Les opérations d'entretien des engins, réalisées dans tous les cas sur des aires étanches aménagées et munies d'installation de traitement des eaux résiduaires (aires étanches + déshuileur), ne seront pas effectuées à proximité de la Seine.,
- Les produits dangereux et toxiques devront être éloignés des berges de Seine en cas de non utilisation, à l'abri du vent pour éviter l'envol et protégés de l'eau afin de limiter la solubilité ou le ruissellement en Seine,
- En cas de pollution accidentelle, un dispositif de limitation de la pollution sera mis en place rapidement (matériaux d'absorption, barrage flottant, paillage, kit de dépollution, etc.),
- Les installations fixes seront équipées d'un dispositif de fosse étanche efficace récupérant les eaux usées,
- Les zones de stockage seront signalées vis-à-vis de la circulation avec une signalétique appropriée.

D'autre part, les grilles et avaloirs pour réception des eaux de ruissellement des voies et parkings, ou d'assèchement des fouilles, seront conçus avec une décantation suffisante et un système de siphonage pour éviter les déchets légers ne soient entraînés dans les réseaux publics

Enfin, la qualité des eaux usées rejetées du chantier respectera les contraintes liées aux valeurs limites de qualité des eaux rejetées. Des essais mensuels, sur un échantillon moyen de 24 h proportionnel au débit écoulé, permettront d'analyser la qualité des rejets. En outre, une convention de rejet des eaux usées pourra être signée entre l'entreprise, la Société du Grand Paris et la gestionnaire du réseau.

Les mesures d'évitement proposées seront mises en œuvre dès la première phase des travaux lors de la mise en place de la zone de stockage et de la base de vie du chantier.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les milieux en eau

Groupe	Niveau enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Milieux aquatiques	Faible	Déchets flottant dans la Seine	Mise en place de barge de récupération des déchets et tri effectué dans la base chantier	Faible
		Chute de matériaux et sédiments	Mise en place de barrière anti-MES	Faible
		Pollution accidentelle par ruissellement des eaux usées	Mesures simples de prévention	Faible

Aucune espèce patrimoniale et aucun enjeu pour la faune ou la flore n'ont été identifiés au niveau des secteurs d'aménagement concernés (OA 2201P et OA 1101P).

Toutefois, en raison de la proximité de la base chantier avec la Seine, des mesures de réduction seront mises en place afin d'éviter au maximum toute pollution accidentelle, chute de matériaux en Seine, etc. La mise en œuvre de ces mesures conduit à un impact résiduel faible sur les milieux aquatiques.

1.10.3.8 Impacts sur les continuités écologiques en contexte urbain – Gare Issy RER

a. *Présentation de la gare d'Issy RER*

La gare d'Issy RER s'inscrit au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un contexte très urbain qui présente des espaces verts relictuels : friche en bordure de voie et alignements d'arbres.

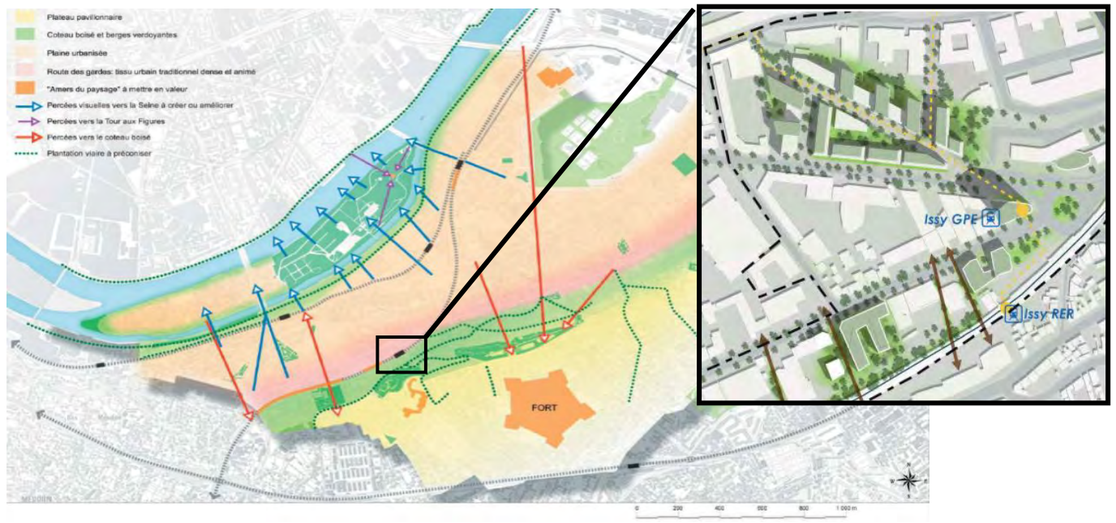




Abords du secteur d'aménagement – Source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014

Ces espaces relictuels sont gérés de manière intensive et laissent peu de place à une végétation spontanée. Les alignements peuvent servir de support pour la faune commune : zone de repos pour l'avifaune, etc. Toutefois, au regard des milieux de report alentours, la mise en place de la base chantier et de la gare n'impacte pas la faune, la flore ou les milieux naturels.

Une liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne est toutefois identifiée sur ce secteur par le Schéma régional de cohérence écologique (SRCE). Cette continuité s'appuie notamment sur les talus des voies ferrées et les alignements d'arbres des avenues et des espaces verts alentours.



Extrait du PLU d'Issy les Moulineaux (PADD) et première esquisse de la ZAC Léon Blum, janvier 2014 (source : architecte SYNTHSE)

b. *Identification des impacts bruts*

En contexte urbain, les continuités écologiques sont parfois éparses et le déplacement des espèces peut localement être assuré par le processus de « pas japonais » illustré sur la figure ci-contre.

Au niveau de la gare construite à ciel ouvert, les arbres présents seront abattus participant ainsi à une réduction de la fonctionnalité de liaison verte qui subsiste grâce aux milieux semi-naturels relictuels sur ce secteur.

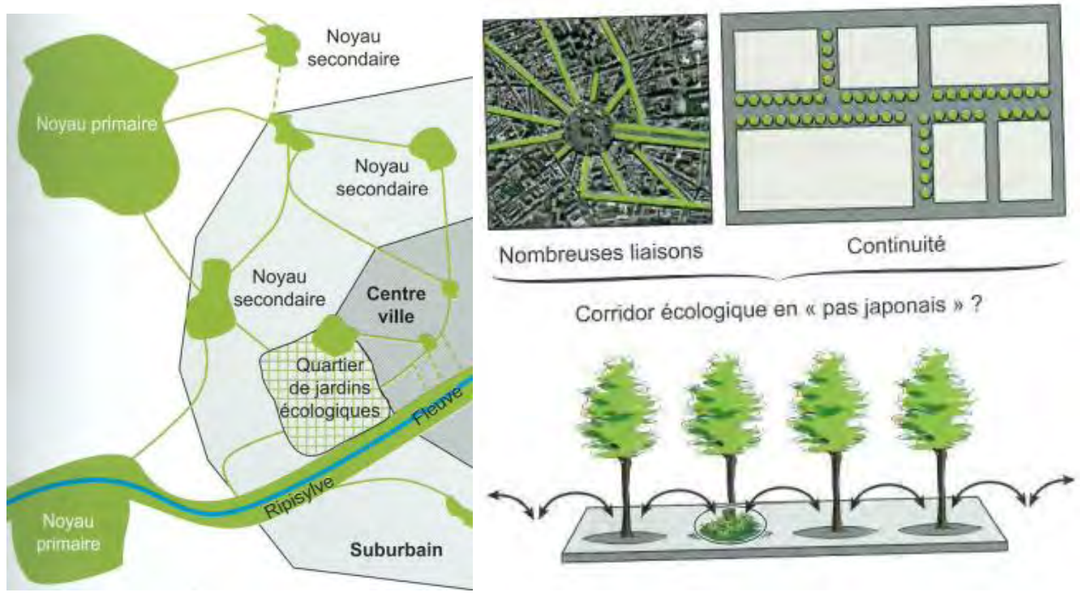


Illustration du processus de « pas japonais » en contexte urbain – source : Philippe Clergeau et Nathalie Blanc[6]

c. *Mesures de réduction visant à conforter la liaison verte du SRCE*

Dans l'optique de conforter ces continuités vertes pour l'ambiance paysagère qu'elles dégagent, la révision du PLU d'Issy-les-Moulineaux indique qu'au moins 50% de l'espace libéré entre les constructions et les emprises publiques devra être traité en espace vert planté d'arbres. L'espace libéré devra faire l'objet d'un traitement minéral et paysager soigné qui mettra en valeur l'espace urbain.

Dans le cadre de la remise en état du site après chantier, les replantations devront respectées la charte paysagère et écologique d'aménagement de la ZAC Léon Blum ainsi que le PLU de la commune.

À ce stade du projet, la conception du traitement paysager et écologique reste limitée et devra faire, à l'avenir, l'objet de discussion avec la ville et le CG 92 (cf. note architecturale de la gare d'Issy-les-Moulineaux – source : SGP).

---

[6] Philippe Clergeau et Nathalie Blanc, *Trames vertes urbaines de la recherche scientifique au projet urbain,* Ed. Le Moniteur, 2013

Toutefois, les futures discussions autour de l'aménagement écologique et paysager des abords de la gare entrent pleinement dans une démarche de réduction des impacts sur la liaison verte citée précédemment. Les prescriptions de replantation suivent les actions déjà menées par la ville via son Agenda 21 et s'inscrivent dans la même dynamique environnementale :

- Replantation sur bande stabilisée enherbée ou fleurie d'espèces non invasives
- Choix d'essence locale non invasives et adaptées aux contraintes urbaines



Exemple d'alignement d'arbre sur sol non imperméabilisé – source : Biotope

Ces plantations rentrent dans le cadre d'une amélioration de la fonctionnalité de la liaison verte suite aux déboisements de la phase chantier.

Cette liaison verte étant constituée principalement de parcs urbains et de talus ferroviaires, elle retrouve donc une fonctionnalité intéressante avec la replantation d'arbres additionné à une strate herbacée en pied d'arbres.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les continuités écologiques

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Continuités écologiques	Faible	Diminution de la fonctionnalité au sein de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne (définit par le SRCE)	Remise en état des abords de la gare par intégration paysagère et notamment replantation d'arbres sur sol végétalisé (non imperméabilisé)	Négligeable

Bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été identifiée au niveau du secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER, une liaison d'intérêt pour Paris et la Petite Couronne est mise en évidence par le SRCE Ile-de-France.

La remise en état des abords de la gare par un traitement paysager conduira à un impact négligeable sur les continuités écologiques.

1.10.3.9 Impacts sur la faune commune et les continuités écologiques – Cimetière Parisien

a. Présentation de l'OA 1902P - Cimetière Parisien

Cet ouvrage se situe dans l'enceinte du cimetière, en bordure nord-ouest qui accueille une faune commune comme le cortège d'oiseaux des milieux anthropiques.

L'emprise chantier s'insère en bordure nord-ouest du cimetière impactant cinq arbres de l'alignement d'entrée et quelques plants éparses principalement utilisés comme support dans les déplacements des espèces.

Ce cimetière est considéré comme un secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne par le SRCE Ile-de-France. Le site est également relié avec une liaison d'intérêt allant jusqu'au parc de Sceaux.



Abords du secteur d'aménagement
(source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014)

b. Identification des impacts bruts

Les espèces concernées sont communes et adaptées à un contexte urbain, les dérangements pour les oiseaux sont donc en partie existants. En revanche, l'emprise chantier s'installe sur des milieux semi-naturel, support pour le nourrissage, le déplacement ou pour la nidification. Or, la période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Concernant les continuités écologiques, le cimetière est considéré comme une entité de type « réservoir de biodiversité ». La mise en place de la base chantier n'impacte toutefois pas la fonctionnalité globale du site malgré le déboisement de quelques arbres pour installer les zones de stockage.

c. Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux

Le calendrier des travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la **période de nidification des oiseaux**.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

d. Mesures de réduction par remise en état des sites après travaux

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

Groupe	Niveau enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Oiseaux	Faible	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèces mais habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Remise en état des sites après travaux	Faible à négligeable
		Destruction potentielle d'individus d'espèces communes en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation de la période de travaux	Faible à négligeable
		Dérangement potentiel mais espèce communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Aucune mesure nécessaire	Faible à négligeable

Bien qu'aucune espèce patrimoniale n'ait été identifiée au niveau du secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER, une liaison d'intérêt pour Paris et la Petite Couronne est mise en évidence par le SRCE Ile-de-France. Par ailleurs, des espèces d'oiseaux protégées mais toutes communes et ubiquistes sont présentes sur ce secteur d'aménagement.

Les mesures mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faibles à négligeables.

1.10.3.10 Impacts liés à la présences d'espèces végétales invasives

Ouvrages concernés :

- Gares : Bry-Villiers-Champigny

a. Présentation de la gare de Bry-Villiers-Champigny

La gare se localise sur une friche boisée occupée par des gens du voyage. Le secteur est extrêmement dégradé du fait de l'occupation du site. La présence de zones arborées favorise toutefois l'accueil d'oiseaux communs du cortège arboré. Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit d'une station de Robinier Faux Acacias.

b. Identification des impacts bruts

Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation du Robinier Faux Acacias, espèce végétale invasive.

c. Mesures de réduction par remise en état des sites après travaux

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par l'ouvrage.

d. Mesures de réduction limitant le risque de propagation des invasives

Afin de réduire au maximum les risques de propagation des invasives, la station considérée fera l'objet d'une délimitation en amont des travaux de défrichement. Cette action se fera en présence d'un expert écologue.

Celui-ci donnera suite à une éradication des stations les plus localisées ou un isolement des stations susceptibles d'être favorisées par le chantier et dont la destruction ne pourrait être conduite en intégralité (méthode d'éradication étudiée en fonction de l'espèce observée avant le démarrage des travaux).

Par ailleurs, toute dispersion des espèces végétales invasives en phase chantier sera évitée (notamment lors de l'exportation des déblais). L'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Si cet export doit être réalisé, la terre sera contenue dans des systèmes clos (camions bâchés) et subira un traitement permettant la destruction de l'ensemble des propagules (compostage en site contrôlé).

Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement à l'aide de semences d'espèces herbacées locales pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

Des mesures spécifiques (nettoyage du matériel et des engins, en particulier les godets, roues, chenilles, etc.) seront mises en œuvre afin d'éviter la propagation d'espèces invasives avant que les engins de terrassement ne quittent le chantier.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur les espèces végétales invasives

Groupe	Niveau d'enjeu	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Espèces invasives	Faible	Risque de propagation des invasives	Délimitation des stations Eradication, isolement et traitement spécifique si nécessaire Revégétalisation par des semences d'espèces herbacées Nettoyage spécifique du matériel de chantier	Faible à négligeable

Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité du secteur d'aménagement de la gare de Bry-Villiers-Champigny.

Les mesures mises en œuvre conduisent à des impacts résiduels faibles à négligeables.

1.10.4 Secteurs d'aménagement présentant des enjeux écologiques significatifs

1.10.4.1 Impacts sur la faune et la flore patrimoniale – Gare de Villejuif Insitut Gustave Roussy

a. Présentation de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy

La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR) s'insère au nord du parc départemental des Hautes Bruyères, ancienne carrière de sablons qui a été végétalisée et convertie en parc urbain.

Le parc est notamment équipé d'un jardin de plantes médicinales et d'un espace d'aventure archéologique avec l'aménagement d'un réseau de mares. La rigole de la Redoute à l'extrémité est du parc a récemment fait l'objet d'aménagement paysager.



Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014

La gare Villejuif IGR est une gare double en correspondance entre deux lignes du Réseau de Transport du Grand Paris, les lignes Bleue et Rouge.

La construction de la gare est prévue à ciel ouvert avec une emprise chantier (en marron sur le schéma ci-contre) au sud-ouest de l'installation définitive (en rose sur le schéma ci-contre).

La circulation de chantier se fait à travers le parc pour passer sous l'A6 selon l'itinéraire défini par la flèche rouge du schéma. Les voiries actuelles et les circulations piétonnes au nord de la gare sont maintenues.

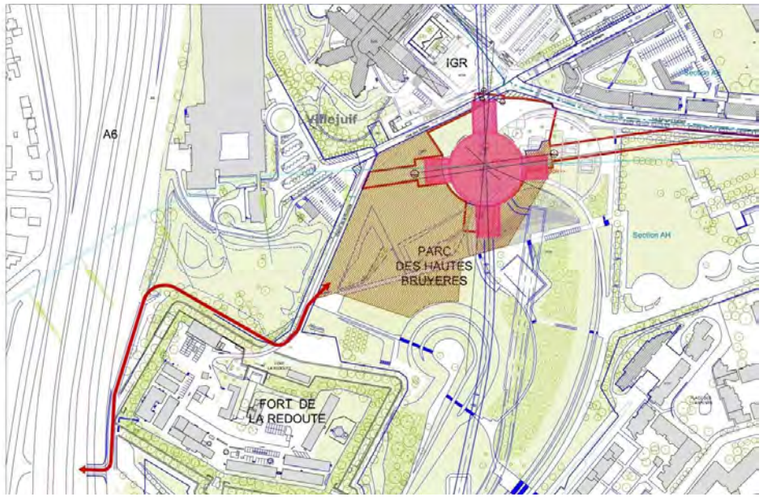


Schéma de l'emprise de la gare, de l'emprise chantier et de l'itinéraire chantier des engins © SGP

b. Impacts et mesures sur la Flore

Le parc présente une mosaïque de milieux intéressante pour la flore et la faune. En particulier, plusieurs stations d'espèces végétales très rares en Ile-de-France s'observent au nord du parc. Plusieurs stations de Gesse de Nissole, très rare en Ile-de-France et extrêmement rare dans le Val-de-Marne s'observent au niveau des friches mésophiles. Le Chardon à petits capitules, espèce liée aux friches thermophiles est quant à elle présente au nord-ouest du parc sur un habitat de friche.

- **Identification des impacts bruts**

Les stations de Chardon à petits capitules sont incluses dans l'emprise chantier et seront donc directement impactées lors des travaux de réalisation de la gare.

La Gesse de Nissole est quant à elle située en dehors de l'emprise chantier et ne sera pas impactée par les travaux.

- **Mesures d'évitement**

Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure d'évitement ne pourra être mise en place pour la station de Chardon à petits capitules.

- **Mesures d'accompagnement à titre expérimental**

Une convention avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien (CBNBP) sera établie afin de définir un protocole de transplantation ou de récolte de graines des espèces impactées.

Les stations de flore pourront être déplacées à l'est du site où le milieu est similaire. Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. La pertinence de la transplantaiton sera évaluée dans le cadre du partenariat entre la Société du Grand Paris et le CBNBP. Ces protocoles feront l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou pour en améliorer un. Sur ce site, il s'agit de déplacer la station de Chardon à petits capitules sur un secteur non impacté.

Les stations transplantées seront balisées et mise en défend durant une année afin d'éviter tout piétinement ou perturbation du milieu.

c. Impacts et mesures sur la Faune

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs et jardins ont été identifiés. Au total 18 espèces ont été contactés. Ces espèces ne sont toutefois pas considérées comme patrimoniales mais 11 sont protégées.

Par ailleurs, plusieurs milieux aquatiques favorables aux amphibiens sont présents : le réseau de mares du parc accueille le Crapaud Calamite, le triton ponctué et la grenouille verte et la rigole de la Redoute à l'extrémité est du parc accueille l'Alyte accoucheur.

Plusieurs espèces patrimoniales d'insectes (Conocéphale gracieux et Azurée des cytises toutes deux protégées et la Decticelle carroyée, la Decticelle charginée, la Decticelle bariolée, le Criquet marginé et la Grisette, le Souci) sont présentes.

La Pipistrelle commune et le Lézard des murailles ont par ailleurs été identifiés au niveau du fort par Urban Eco dans le cadre de l'étude d'impact pour le projet « Campus Grand Parc ».

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier n'intègre qu'une très faible proportion des habitats favorables au cortège d'oiseaux des parcs et jardins et ne concerne pas les habitats favorables aux autres cortèges. Par ailleurs, De même, les habitats favorables à la Pipistrelle commune ne sont pas impactés par le projet.

A contrario, l'emprise chantier intègre une superficie significative des habitats favorables aux insectes et notamment au Conocéphale gracieux et à l'Azurée des cytises. Ces habitats (sur une surface de 1,53 ha) seront amenés à être dégradés voire détruits. Bien que les habitats de report restent limités à proximité des impacts, il est à souligner que le Conocéphale gracieux est une espèce peu exigeante et s'accommode de terrains perturbés. La dégradation voire la destruction de ces habitats conduira à un impact sur les populations d'espèces.

Le Lézard des murailles n'a pas été observé au droit des emprises de la gares. Néanmoins, des habitats favorables à l'espèce (habitats anthropiques et thermophiles) sont présents au sein des emprises chantier de la gare.

Aucun habitat favorable aux amphibiens (habitat aquatique de reproduction et habitats terrestres d'hivernage) n'est impacté par le projet en raison de l'éloignement de la gare avec ces habitats. Par ailleurs, il est très peu probable que l'emprise chantier intersecte un axe de migration dans la mesure où les habitats favorables à ce groupe (aquatiques et terrestres) sont éloignés des emprises et séparées de celles-ci par des habitats peu favorables à ce groupe. Toutefois, la présence de deux espèces pionnières (Crapaud calamite et Alyte accoucheur) constitue un point de vigilance en phase travaux au cours de laquelle des habitats temporairement créés (ornières, mares temporaires) peuvent attirer ces deux espèces. Elles restent toutefois éloignées par rapport au projet et les populations identifiées ne sont pas à saturation.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux, de chiroptères, de reptile et d'amphibiens sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux et de chiroptères concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain et les amphibiens sont relativement éloignés de la gare qui pourrait être source d'une augmentation de la fréquentation humaine.

- **Mesures d'évitement**

L'emprise chantier ayant été définie au strict nécessaire, son emprise ne peut être réduite davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire l'impact par destruction/dégradation des habitats d'espèces (notamment d'insectes). Par ailleurs, et au regard des très faibles superficies d'habitats d'oiseaux concernées, aucune mesure d'évitement (adaptation du calendrier travaux) ne sera mise en œuvre.

- **Mesures de réduction**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum les risques de destruction d'individus d'amphibiens, des barrières anti-retour seront installées en amont de la phase chantier pour éviter la colonisation de ses emprises par ce groupe.

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus de Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

De plus, l'aménagement d'un muret en pierres sèches permettra de restaurer un habitat favorable au Lézard des murailles et ainsi de réduire les impacts par perte d'habitat favorable.

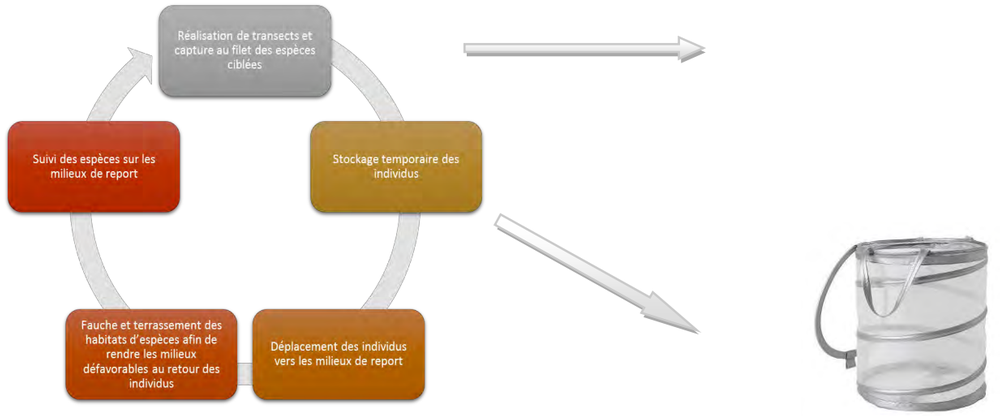
- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de Conocéphale gracieux constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[7], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

<u>Détail de la méthode de déplacement</u>

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.



Déroulement de la mesure de déplacement des individus – © Biotope

<u>Localisation des habitats de reports</u>

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

[7] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.

Sur le parc, le Conocéphale gracieux qui affectionne tous types de milieux herbacés, souvent hygrophiles à humides sera déplacé sur ce type de milieu présent en dehors des emprises chantier en partie centrale et au sud du parc (voir photographies des milieux ci-dessous).

Deux passages terrain seront réalisés en amont au démarrage des travaux afin d'assurer le déplacement d'un maximum d'individus



Habitats présents au sud du parc et favorables au Conocéphale gracieux (source : Biotope, 2014)

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

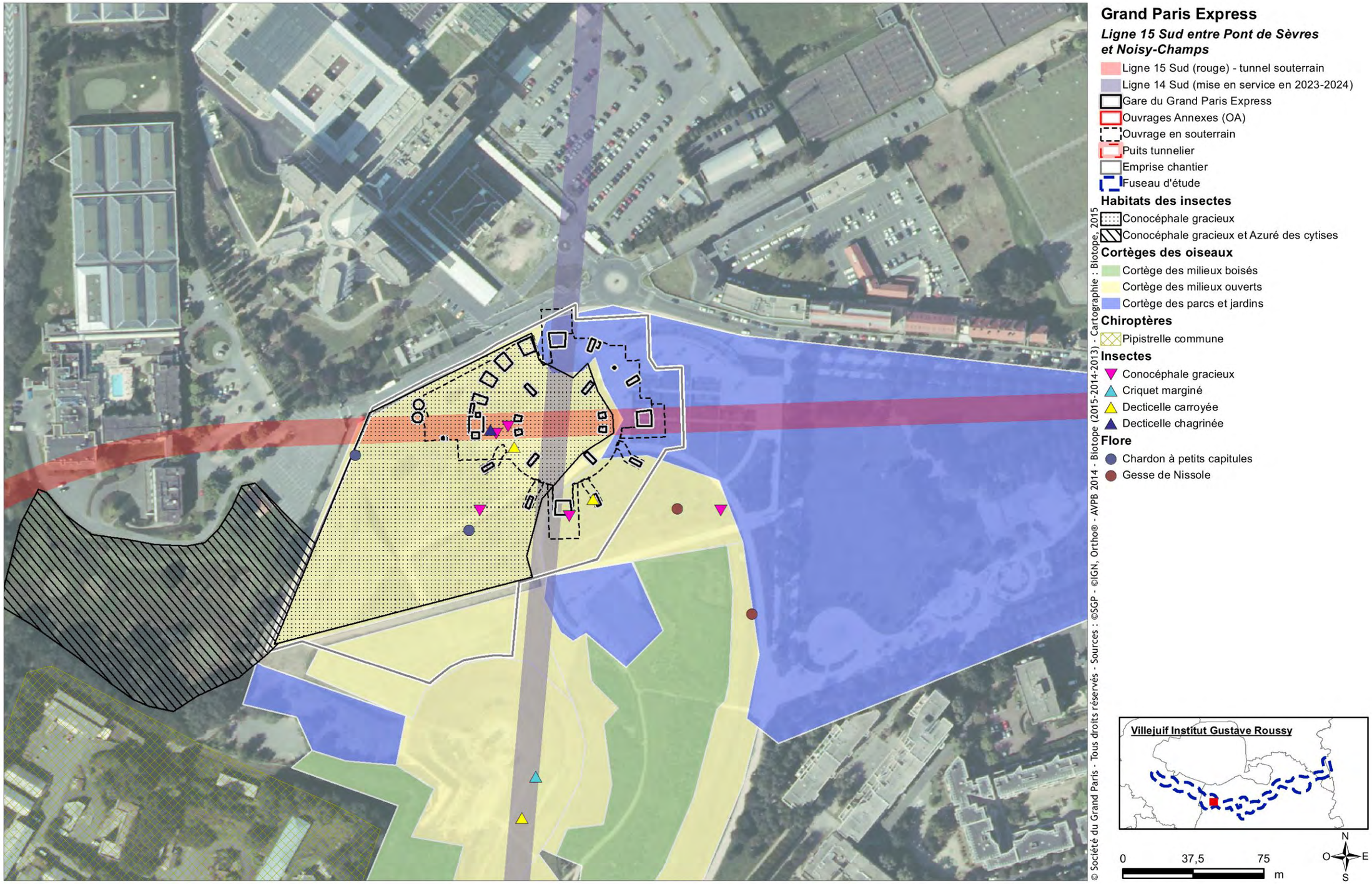
Groupe	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Flore patrimoniale	Dégradation voire destruction de l'habitat et des stations	Déplacement / Transplantation / Récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées	Faible
Insectes	Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats d'espèce avec peu d'habitats de report présents à proximité - Impact direct et permanent	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre	Modéré
	Destruction potentielle d'individus - Impact direct et permanent	Déplacement des populations des orthoptères Fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes	Faible à modéré
Oiseaux	Dégradation voire destruction d'une faible superficie d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Aucune mesure nécessaire	Faible
	Destruction potentielle d'individus très limitée en raison de la faible superficie d'habitats de nidification présents au sein des emprises chantier Impact direct et permanent	Aucune mesure nécessaire	Faible
	Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Reptiles	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèce mais nombreux habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Aménagement d'un muret en pierres sèches	Faible
	Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce Impact direct et permanent	Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier	Faible
	Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Amphibiens	Dégradation des habitats d'espèces très limitée (habitats en dehors des emprises chantier) Impact direct et temporaire	Aucune mesure nécessaire	Négligeable
	Destruction d'individus limitée en raison de leur distance aux emprises chantier Impact direct et permanent	Mise en place de barrières anti-retour	Négligeable
	Dérangement potentiel mais contexte déjà marqué par les activités humaines Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Chiroptères	Dégradation d'habitats d'espèces et destruction potentielle d'individus Impact direct et permanent	Aucune mesure nécessaire	Négligeable
	Dérangement potentiel mais espèce commune et adaptée au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible

Légende : Impact résiduel significatif

L'impact résiduel du projet par dégradation voire destruction des habitats de Conocéphale gracieux et d'Azurée des cytises est significatif (impact modéré) en raison de la perte permanente d'habitats d'espèces. Des mesures de compensation seront donc mises en œuvre pour ces espèces.

Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles et non significatifs.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy



1.10.4.2 Impacts sur la faune et la flore patrimoniales – OA 1302P Friche Arrighi

a. *Présentation de l'ouvrage de la friche Arrighi*

La friche Arrighi est un ancien site EDF désaffecté. Les bâtiments ont été démontés mais le site reste marqué par son passé : présence d'un bassin (autrefois bassin de refroidissement), terrain de tennis, ancienne voie d'accès, etc.






Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014

L'ouvrage annexe de la friche Arrighi est également le lieu de départ d'un puits de tunnelier nécessitant une emprise chantier importante pour l'entrée du tunnelier et l'évacuation des déblais. Seule une petite emprise de la friche n'est pas impactée par le chantier au nord-ouest du site comprenant le bassin d'eau et des friches sèches sur sols en partie bétonnés.

b. *Impacts et mesures sur la Flore*

La présence de friches sèches et d'une relique de terrasse alluviale de la Seine est favorable aux espèces de friches xérophiles. Six espèces patrimoniales ont été identifiées sur cette friche : le Crépis fétide, le Séneçon visqueux, la Chondrille à feuilles de joncs, l'Œillet prolifère, la Vulpie ciliée et le Salsifis douteux.

- **Identification des impacts bruts**

L'ensemble des espèces végétales patrimoniales sont localisées au sein ou à proximité immédiate de l'emprise chantier du secteur d'aménagement de la friche Arrighi. Les stations d'espèces végétales patrimoniales seront donc directement impactées par le chantier.

- **Mesures d'évitement**

Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure d'évitement ne pourra être mise en place concernant la destruction/dégradation des habitats.

- **Mesures d'accompagnement à titre expérimental**

Un déplacement des stations ou une récolte des graines de l'espèce sont préconisés. Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. Ces protocoles feront faire l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou pour en améliorer un.

Les milieux de transplantation seront les suivants :

- Pour le Crépis fétide : friches ouverts thermophiles ou zones d'alluvions secs,
- Pour la Chondrille à feuilles de joncs : zones de friches urbaines,
- Pour l'œillet prolifère : pelouses rases sur des friches caillouteuses ouvertes,
- Pour la Vulpie cillée : pelouse sur alluvions ou sablosilicieuses,
- Pour le Salsifis douteux : zones rudérales, friches sèches.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés (dont le Faucon hobereau), arbustifs et ouverts ont été identifiés. Au total, 26 espèces d'oiseaux ont été contactés dont 17 protégées. À noter que la Bergeronnette des ruisseaux n'a été observée qu'en transit au niveau de la friche, qu'elle n'utilise donc pas pour nicher.

Les milieux ouverts présentent également un intérêt pour les orthoptères avec la présence de milieux xériques favorables à l'Œdipode turquoise, au Criquet italien ou à l'Œdipoode aigue-marine ainsi que des milieux thermophiles hauts favorables au Conocéphale gracieux. Le Lézard des murailles est également présent sur ces milieux.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier liée au puits d'entrée tunnelier de la friche Arrighi intègre une surface significative des milieux arborés, ouverts et anthropiques favorables aux cortèges d'oiseaux présents, conduisant ainsi à une diminution des disponibilités en termes de territoire pour les espèces inféodées à ces milieux. Toutefois, l'intégralité des habitats de la friche ne seront pas impactés par les travaux. Les habitats maintenus constitueront des zones de report pour les espèces concernées. Par ailleurs, la plupart des espèces nicheuses identifiées sont communes à peu communes en Ile-de-France. La période de nidification reste toutefois une période critique pour les

œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

À noter le caractère nicheur possible du Faucon hobereau observé à deux reprises en train de chasser un Epervier d'Europe. Inféodées aux espaces boisés de la friche, les emprises chantier liées au puits d'entrée tunnelier seront à l'origine d'une diminution de son habitat.

Par ailleurs, les habitats favorables aux espèces d'insectes patrimoniales sont également intégrés aux emprises chantier et donc vouées à être dégradés voire détruits. En particulier, l'emprise chantier intègre la quasi-totalité des habitats favorables au Conocéphale gracieux (près de 0,15 ha) et à l'Œdipode turquoise (0,49 ha), espèces protégées à l'échelle régionale. Aucun réaménagement n'étant prévu à l'issue de la phase chantier au regard des projets urbains prévus sur le site, l'impact sera permanent. Les habitats de reports sont limités au quart nord-ouest de la friche, toutefois, ces espèces sont peu exigeantes et s'accommodent de terrains perturbés. Seul l'Œdipode aigue-marine, dont les habitats favorables sont situés à l'extérieur de l'emprise chantier à l'extrémité nord-ouest du site, ne sera pas impactée.

Les habitats favorables au Lézard des murailles sont inclus dans l'emprise chantier et sont donc également amenés à être dégradés. Toutefois, et en raison du caractère ubiquiste de cette espèce et de sa bonne capacité de recolonisation, le Lézard des murailles trouvera des habitats de substitution à proximité.

La destruction de ces milieux menace directement les populations d'espèces qui leurs sont inféodées. En particulier, cette dégradation de milieux sera à l'origine d'impacts sur les populations d'insectes présentes. En ce qui concerne le Lézard des murailles, et au regard de ses capacités de déplacement, l'impact du projet sur les populations de cette espèce sera limité.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux et de reptiles sont déjà en partie existants. Les espèces concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

- **Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisées en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesure de suivi spécifique au Faucon hobereau**

Une mesure de suivi spécifique au Faucon hobereau sera mise en œuvre en amont du démarrage des travaux afin de vérifier la présence de l'espèce. En effet, le Faucon hobereau n'est pas une espèce fidèle à son nid et l'identification de cette espèce comme nicheuse possible en 2014 ne présage pas de sa présence lors des travaux prévus à partir de 2017. Pour cela, des expertises complémentaires seront réalisées en 2016. Si la présence de l'espèce était confirmée à l'issue de ces expertises complémentaires, son lieu de nidification précis serait déterminé et évité dans la mesure du possible.

Par ailleurs et afin d'éviter tout risque d'extension de l'emprise chantier, notamment au nord-ouest de la friche où des habitats naturels sont maintenus, les emprises chantier seront délimitées.

- **Mesures de réduction par enlèvement des éléments favorables au Lézard des murailles**

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus du Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de Conocéphale gracieux et d'Œdipode turquoise constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[8], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

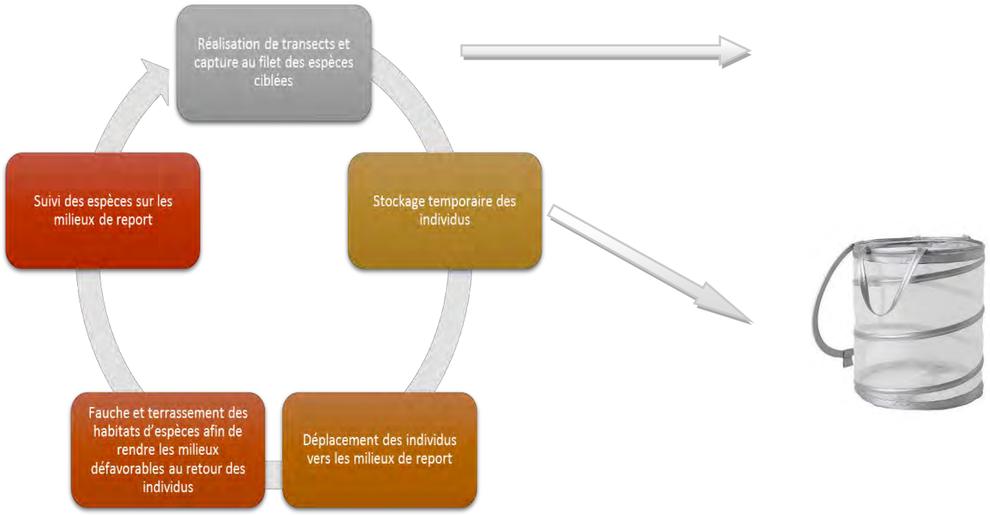
<u>Détail de la méthode de déplacement</u>

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.

Deux passages terrain seront réalisés en amont au démarrage des travaux afin d'assurer le déplacement d'un maximum d'individus.

[8] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.



Déroulement de la mesure de déplacement des individus – © Biotope

<u>Localisation des habitats de reports</u>

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

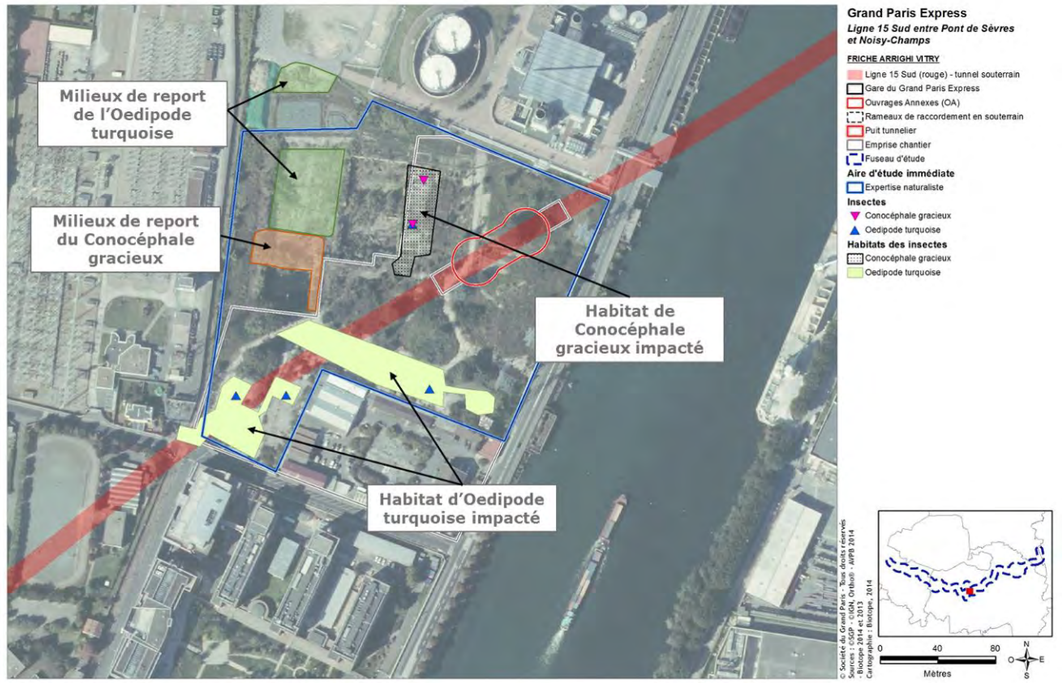
Sur la friche Arrighi, deux espèces d'orthoptères protégées sont impactées par le projet : le Conocéphale gracieux et l'Oedipode turquoise. Ces espèces affectionnent respectivement les friches hautes et thermophiles et les milieux ras à écorchés. Ces deux types de milieux sont présents en partie nord-ouest de la friche non concernée par les emprises chantier (voir photographies des milieux ci-dessous).



Habitats présents au nord-ouest de la friche et favorables à l'Oedipode turquoise
(source : Biotope, 2014)



Habitats présents au nord-ouest de la friche et favorables au Conocéphale gracieux
(source : Biotope, 2014)



Localisation des milieux de report pressentis pour le déplacement des espèces d'insectes protégées

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

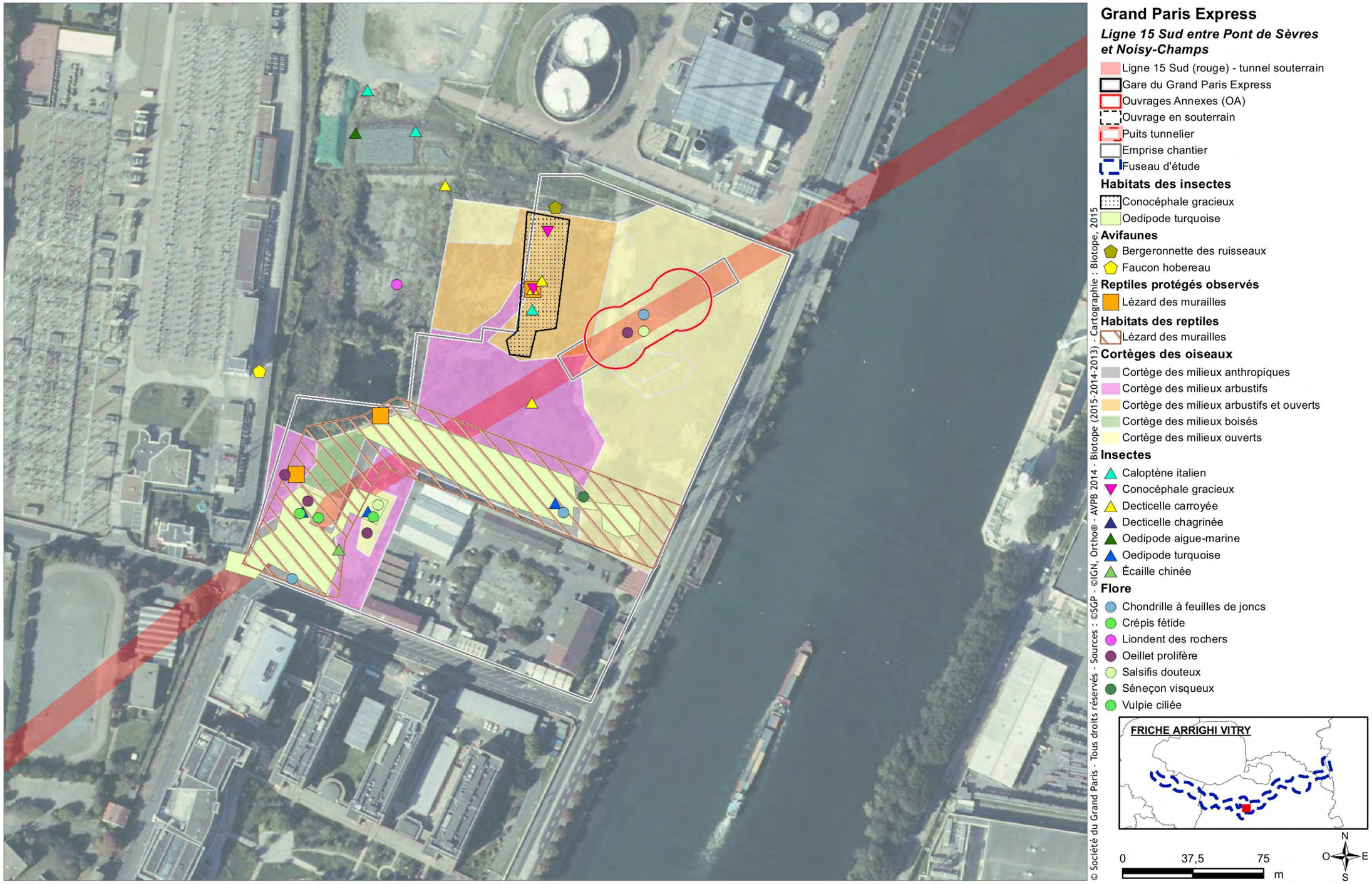
Groupe	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Flore patrimoniale	Destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales	Déplacement / Transplantation / Récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées	Faible
Insectes	Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats d'espèce avec quelques d'habitats de report maintenus à proximité Impact direct et permanent	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre	Modéré
	Destruction potentielle d'individus Impact direct et permanent	Déplacement des populations des orthoptères(Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Caloptère italien, Decticelle chagriné et Carroyée)	Faible
Oiseaux	Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité restreints Impact direct et permanent	Suivi spécifique du Faucon hobereau (non fidèle à son lieu de nidification)	Faible à modéré pour le Faucon hobereau
	Destruction potentielle d'individus en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation du calendrier travaux	Faible
	Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Reptiles	Dégradation voire destruction d'une superficie significative des habitats d'espèce mais habitats de report présents à proximité et caractère ubiquiste de l'espèce Impact direct et permanent	Aucune mesure n'est envisageable dans la mesure où l'utilisation du site après travaux n'est pas connue lors de la rédaction de cette étude	Faible
	Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce Impact direct et permanent	Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier	Faible
	Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible

L'impact résiduel du projet par dégradation voire destruction des habitats de l'Oedipode turquoise, du Conocéphale gracieux, du Caloptène italien et du Faucon hobereau (impact direct, permanent, à court terme) est significatif (modéré) en raison de la perte permanente d'habitats d'espèces. Des mesures de compensation seront donc mises en œuvre pour ces espèces.

En ce qui concerne la Decticelle chagrinée, la Decticelle carroyée et l'Ecaille chinée, également présentes sur ces habitats, les impacts résiduels ne sont pas significatifs (impacts résiduels faibles) au regard des statuts de menace et de rareté connues pour ces espèces.

Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles donc non significatifs.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la Friche Arrighi



1.10.4.3 Impacts sur la faune patrimoniale – SMR de Champigny et OA 0813P

a. *Présentation SMR de Champigny et de l'ouvrage annexe 0813P*





Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014

Le bâtiment du SMR de Champigny occupe plus de 80 ha de terrain (500m de longueur et 200m de largeur). Dans ce bâtiment, les activités de maintenance, de dépannage, de remisage, de nettoyage, de commandement et d'exploitation seront réalisées.

Ce bâtiment s'appuie sur un bâtiment d'ores et déjà existant dont l'emprise s'étendra au niveau d'un terrain présentant une déclivité prononcée depuis la rue de Bernaü vers la rue Benoit Frachon et composé d'un boisement et d'une friche thermophile.

Le bâtiment du site de maintenance est caractérisé par un toit végétalisé qui présente une liaison directe avec le sol.



Plan masse du SMR vue de haut – source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014

b. *Impacts et mesures sur la Flore*

Aucune espèce végétale patrimoniale n'est présente au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny et de l'ouvrage annexe 0813P. Toutefois, deux espèces végétales invasives ont été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et du Buddléia de David.

- **Identification des impacts bruts**

Les opérations de défrichement, de terrassement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de ces espèces.

- **Mesures de réduction**

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement (par exemple à l'aide de semences d'espèces herbacées locales) pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs et jardins ont été identifiés. Parmi ces espèces, seule la Linotte mélodieuse est considérée comme patrimoniale.

Composée de végétations prairiales, le site héberge de nombreux insectes, en particulier des lépidoptères et des orthoptères, dont certains remarquables. Il s'agit de la Mante religieuse (protégée au niveau régional, abondant sur le site), de l'Azuré des Cytises ou encore du Conocéphale gracieux (protégés au niveau régional) et d'espèces patrimoniales comme le Phanéroptère méridional, le Zygène de la Filipendule et l'Hespérie de l'alcée.

Par ailleurs, le Lézard des murailles a été identifié à proximité du secteur d'aménagement. Il y est donc potentiellement présent au droit des emprises travaux.





Azuré des Cytises observé au niveau du SMR – source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier relative au SMR et à l'ouvrage annexe 0813P intègre une proportion significative des habitats favorables au cortège d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs et jardins. Toutefois des habitats de report sont maintenus à proximité immédiate des impacts (partie du boisement du SMR de Champigny maintenue, friche arbustive située au nord et en bordure est du SMR et jardins familiaux près du parc du plateau). En particulier, le jardin familial favorable à la Linotte mélodieuse, seule espèce patrimoniale identifiée sur ce secteur, n'est que partiellement impacté et la majorité de celui-ci est maintenu dans le cadre des travaux.

La friche arbustive favorable au cortège d'oiseaux des milieux arbustifs est également favorable aux trois espèces patrimoniales d'insectes (Mante religieuse, Conocéphale gracieux et Azurée des Cytises) à l'origine d'une diminution significative de leur habitat. En effet, l'emprise chantier intègre plus de la moitié des habitats favorables à ces espèces (0,65 ha). Bien que les habitats de report soient très limités dans le contexte urbain du site impacté, le Conocéphale gracieux et la Mante religieuse sont peu exigeantes et s'accommodent de terrains perturbés. En ce qui concerne l'Azurée des cytises, la perte de ces habitats est jugée préjudiciable pour cette espèce rare en Ile-de-France. Toutefois, des habitats de reports (prairies maigres fleuries, lisières, etc.) existent à proximité, notamment au niveau des jardins familiaux limitrophes du parc du Coteau.

Les habitats potentiellement favorables au Lézard des murailles sont également intégrés aux emprises chantier et donc vouées à être dégradés voire détruits. Néanmoins, le caractère ubiquiste de cette espèce lui permettra de trouver des habitats de substitution à proximité, malgré le contexte anthropisé du secteur.

La destruction de l'ensemble de ces milieux menace directement les populations d'espèces qui leur sont inféodées et notamment les insectes. Par ailleurs, plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux notamment sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

Enfin, le boisement du SMR de Champigny ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional. Toutefois, il participe avec le boisement de Bry-Villiers-Champigny à une liaison dite d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite couronne (SRCE Ile-de-France). Le défrichement de ce boisement conduira donc à une réduction de la fonctionnalité de la liaison à laquelle il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

- **Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesures de réduction par enlèvement des éléments favorables et création d'habitats de refuge pour le Lézard des murailles**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum la destruction potentielle d'individus de Lézard des murailles en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

Par ailleurs, dans le cadre où l'espèce serait avérée présente sur l'emprise chantier (passage d'un écologue durant la phase travaux), la mise en place de caches de substitution sera réalisée de manière à attirer les individus en dehors de l'emprise des travaux. Ces caches seront placées dans des endroits propices à l'accueil de l'espèce. Un écologue sera en charge de l'accompagnement pour la mise en œuvre de cette mesure. En phase exploitation, la toiture végétalisée prévue sur le SMR de Champigny intègre un muret en pierre sèche, favorable à lespèce.

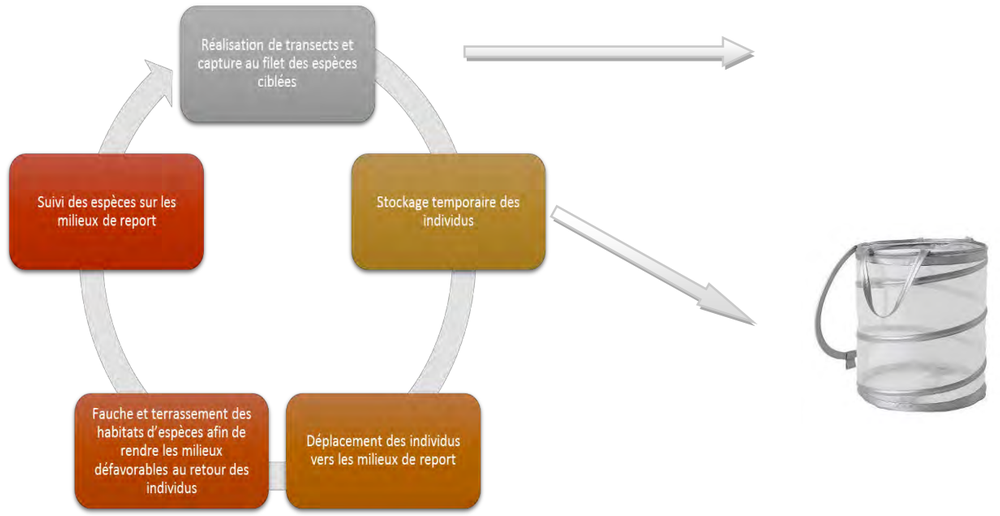
- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de Conocéphale gracieux et Mante religieuse constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[9], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

<u>Détail de la méthode de déplacement</u>

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.



[9] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.

Déroulement de la mesure de déplacement des individus

Localisation des habitats de reports

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

L'emprise projet concerne la friche du SMR de Champigny qui n'est que partiellement dégradée par le projet et sa partie nord est exclue des emprises chantier. Le déplacement des orthoptères s'effectuera donc sur ce secteur.

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

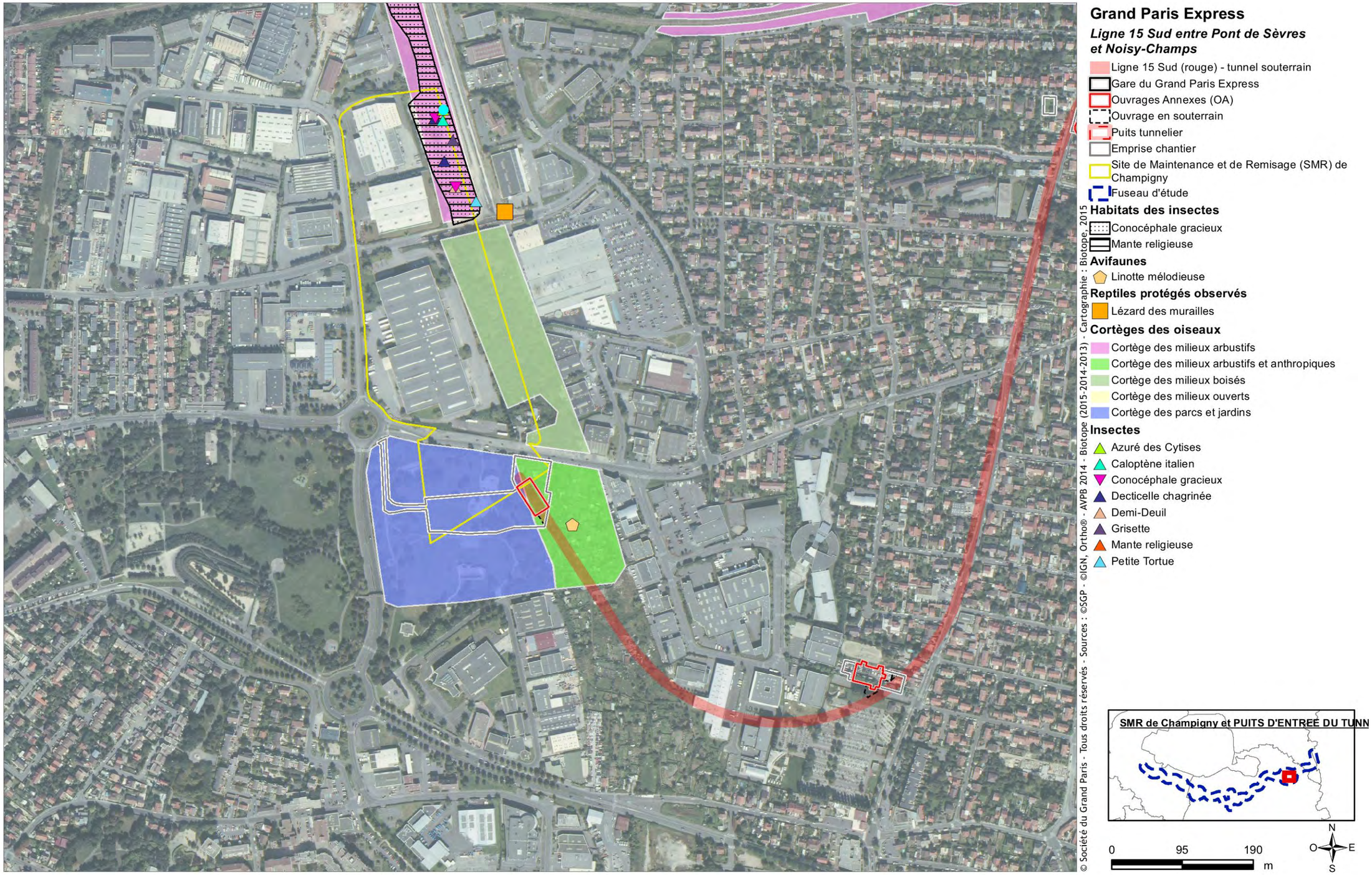
Groupe	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Insectes	Dégradation voire destruction d'une superficie significative d'habitats d'espèce avec quelques d'habitats de report maintenus à proximité Impact direct et permanent	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre	Modéré
	Destruction potentielle d'individus Impact direct et permanent	Déplacement des populations de Conocéphale gracieux et de Mante religieuse Fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes	Faible à modéré
Oiseaux	Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Aucune mesure nécessaire	Faible
	Destruction potentielle d'individus en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation du calendrier travaux	Faible
	Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Reptiles	Dégradation voire destruction d'une superficie significative des habitats d'espèce mais habitats de report présents à proximité et caractère ubiquiste de l'espèce Impact direct et permanent	Mise en place de cache de substitution en phase travaux (si présence de l'espèce avérée) Muret en pierre sèche intégré à la toiture végétalisée du SMR	Faible
	Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce Impact direct et permanent	Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier	Faible
	Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Continuités écologiques	Perte de fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE	Aucune mesure possible	Faible à modéré
Espèces invasives	Risque de propagation des invasives	Délimitation des stations	Faible à négligeable

À l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs demeurent pour les insectes (impact direct, permanent, à court terme) en raison de la perte de plus de la moitié de leur habitat de manière pérenne. Des mesures de compensation seront donc mises en œuvre pour ces espèces.

La perte de fonctionnalité de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne reste limitée avec le maintien d'une partie du boisement et d'espaces ouverts de part et d'autre du SMR. Toutefois la réflexion sur la compensation de milieux ouverts et boisés intègre la dimension relative aux continuités écologiques.

Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles et non significatifs.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny



1.10.4.4 Impacts sur la faune et la flore patrimoniales – Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny

a. Présentation de la zone de stockage de l'entre-deux ferroviaire

La zone de stockage de l'entre-deux ferroviaire fait partie de la ZNIEFF 1 « Friche de la bonne eau ». Ce secteur a été identifié comme une zone naturelle d'intérêt écologique floristique et faunistique en raison de ses milieux ouverts et arbustifs favorables à l'accueil d'une entomofaune diversifiée et d'oiseaux inféodés à ces milieux. En effet, le site accueillait notamment la Mante religieuse, protégée régionalement et abondante sur le site en 2005, ou encore la Zygène de la Filipendule, l'Hespérie de l'Alcée et le Phanéroptère méridional observés cette même année.

Toutefois, il est important de souligner l'évolution de cette ZNIEFF. La partie est du site est en effet aujourd'hui une zone de décharge et de dépôt tandis que la partie ouest est mitée par l'urbanisation.





Abords du secteur d'aménagement - source : Société du Grand Paris – Biotope, 2014

L'est de l'entre deux ferroviaire sera investi par une base logistique ferroviaire ou Installation Terminale Embranchée (ITE) où seront stockés les déblais produits sur la zone de Bry-Villiers Champigny.

La mise en service sera effective dès mars 2017 afin d'absorber le pic de déblais prévus sur la période de mars 2017 à mai 2018.

La totalité de la surface de la friche sera utilisée dans cet objectif et selon le schéma indicatif présenté ci-contre.



Schéma de localisation des emprises chantier au niveau de l'entre deux ferroviaire

b. Impacts et mesures sur la Flore

À l'issue des prospections de terrain, seul le Lotier à feuilles étroites, espèce végétale patrimoniale, a été identifié en bordure de chemin de la friche. Cette espèce est habituellement retrouvée sur des substrats plus humides et riches en nutriments comme des prairies herbacées à engorgement hivernal.

- **Identification des impacts bruts**

Le Lotier à feuilles étroites est localisé au sein de l'emprise de stockage de l'entre-deux ferroviaire. Elle sera donc directement impactée par le chantier.

- **Mesures d'évitement**

Les emprises ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure d'évitement ne peut être proposée.

- **Mesures d'accompagnement à titre expérimental**

Un déplacement de la station ou une récolte des graines de l'espèce sont préconisés. Ces protocoles de transplantation sont considérés comme des mesures d'accompagnement à titre expérimental, en raison du risque d'échec associé. Ces protocoles feront faire l'objet d'une concertation avec le Conservatoire Botanique du Bassin Parisien ou un organisme de recherche.

La méthode de déplacement consiste surtout à trouver le milieu adéquat au développement de l'espèce. Il y a en général deux options : soit la transplantation pour conforter une population existante, associée à des mesures de gestion écologique, soit la transplantation dans un milieu recréé, favorable aux contraintes biologiques de l'espèce ou en améliorer un.

Pour le Lotier à feuille étroite, le milieu de transplantation sera riche en nutriment et régulièrement engorgée d'eau en hiver.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

À l'issue des prospections de terrain, seuls le cortège d'oiseaux des milieux ouverts (et notamment la Linotte mélodieuse) ainsi qu'une espèce patrimoniale d'insecte (Œdipode turquoise) ont été identifiés. Les espèces ayant conduits à la désignation du site en ZNIEFF n'ont pas été identifiées sur le terrain ce qui s'explique par l'évolution de la friche qui a connu entre 2005 et aujourd'hui plusieurs pressions (zone de décharge et urbanisation). Les espèces non revues sur le terrain ne sont donc pas considérées comme présentes et ne sont pas traitées dans le paragraphe qui suit.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise de la zone de stockage intègre l'ensemble des habitats favorables au cortège d'oiseaux des milieux ouverts (1,3 ha) et les habitats de report présents à proximité restent limités. Les habitats favorables à la Linotte mélodieuse sont donc significativement réduits, au moins lors de la phase chantier. Une partie de ces milieux (0,3 ha) est également favorable à l'Œdipode turquoise qui verra ainsi la totalité de ses habitats dégradés voire détruits en phase chantier. Bien que les habitats de reports soient limités, cette espèce est peu exigeante et s'accommode de terrains perturbés.

La dégradation de ces milieux ouverts menace directement les populations d'Œdipode turquoise et de Linotte mélodieuse qui lui sont inféodées. En particulier, La Linotte mélodieuse et d'autres espèces communes du cortège des oiseaux des milieux ouverts nichent au niveau des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement.

Bien que le Lézard des murailles n'ait pas été observé, des habitats intégrés aux emprises chantier lui sont favorables et sont vouées à être dégradés voire détruits. Le caractère ubiquiste de cette espèce lui permettra toutefois de trouver des habitats de substitution à proximité.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain.

- **Mesures d'évitement**

Le calendrier travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux.

Afin d'éviter l'installation des oiseaux et la destruction de nids, les opérations de déboisement/défrichement seront réalisés en automne/hiver de l'année précédant le démarrage des travaux.

- **Mesures de réduction par enlèvement des éléments favorables et création d'habitats de refuge pour le Lézard des murailles**

Les emprises chantier seront réaménagées à l'issue des travaux au droit des emprises chantier non concernées par les ouvrages.

Afin de réduire au maximum la destruction d'individus en phase travaux, un déplacement ou un enlèvement des éléments favorables à l'espèce (gravats, blocs,…) sera réalisé en fin d'été avant le démarrage des travaux (période d'activité des animaux, mais reproduction terminée). Cette mesure permettra aux individus de se répartir sur les espaces favorables alentours sans impacter les phases sensibles (œufs, jeunes, individus en léthargie).

Par ailleurs, dans le cadre où l'espèce serait avérée présente sur l'emprise chantier (passage d'un écologue durant la phase travaux), la mise en place de caches de substitution sera réalisée de manière à attirer les individus en dehors de l'emprise des travaux. Ces caches seront placées dans des endroits propices à l'accueil de l'espèce. Un écologue sera en charge de l'accompagnement pour la mise en œuvre de cette mesure.

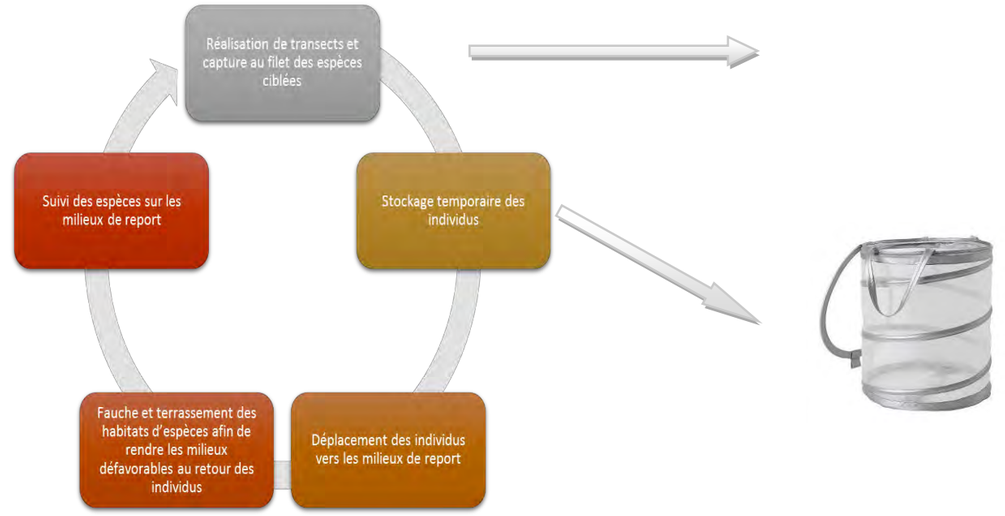
- **Mesure expérimentale par capture/déplacement des orthoptères puis fauche avant la mise en place du chantier**

Le déplacement des individus de l'Œdipode turquoise constitue une mesure expérimentale dans la mesure où peu de retour d'expérience existe à ce sujet[10], notamment sur le territoire français et plus particulièrement en Ile-de-France. Au-delà de l'objectif de réduction de l'impact par destruction d'individus, la mise en œuvre de cette mesure permettra de disposer d'un retour d'expérience sur le déplacement d'orthoptères.

Détail de la méthode de déplacement

Les espèces ciblées par cette mesure seront capturées au filet lors de la réalisation de transects au niveau des futures emprises chantier. Elles seront transportées à l'aide d'une cage puis relâchées sur les habitats de report identifiés *in situ.* Les habitats d'espèces concernés par les emprises chantier seront ensuite rendus défavorables (fauche et terrassement) afin d'éviter que les individus déplacés ne colonisent à nouveau ces milieux.

Les espèces non protégées mais patrimoniales seront également déplacées de manière à réduire l'impact par destruction d'individus sur ces espèces et à déplacer un cortège d'espèces plutôt que des espèces isolées.



Déroulement de la mesure de déplacement des individus – © Biotope

Localisation des habitats de reports

Les espèces seront déplacées *in situ* dans l'objectif de maintenir les populations d'espèces sur le site concerné par les impacts du projet et de réduire la durée du déplacement des espèces.

[10] GARDINER T. 2010. Successful translocation of the locally rare mottled grasshopper *Myrmeleotettix maculatus* to Jaywick flood defences in Essex, England.

L'emprise projet concerne la friche de la Bonne Eau qui n'est que partiellement dégradée par le projet et dont la partie ouest est exclue des emprises chantier. Le déplacement des orthoptères s'effectuera donc sur ce secteur.

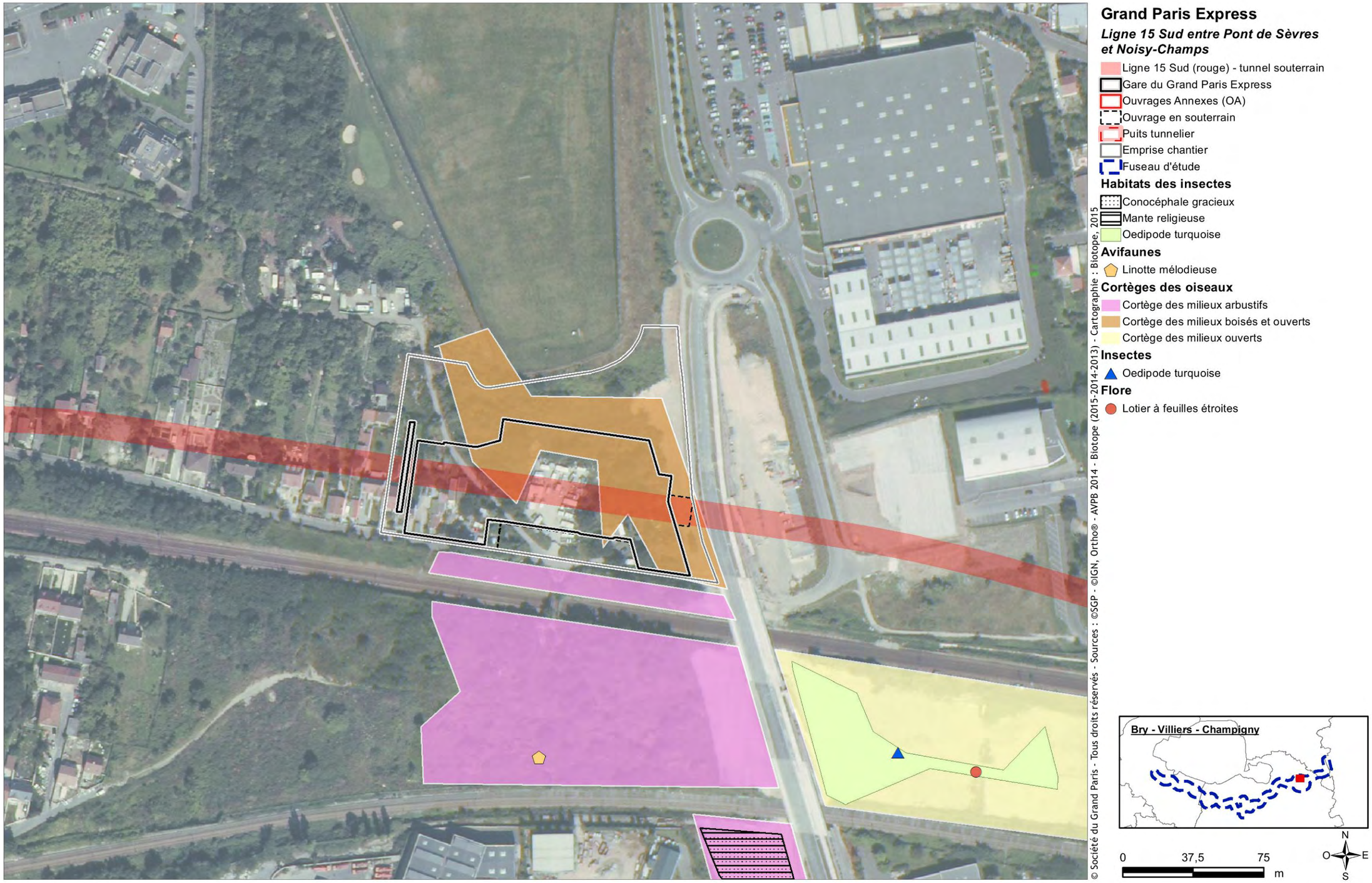
Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

Groupe	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Flore	Destruction de la station identifiée	Programme expérimental de transplantation ou de recueil de graine pour replantation	Modéré
Insectes	Dégradation voire destruction de la totalité des habitats d'espèce avec peu d'habitats de report maintenus à proximité Impact direct et permanent	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre	Modéré
	Destruction potentielle d'individus Impact direct et permanent	Déplacement des populations d'Œdipode turquoise	Faible
Oiseaux	Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et peu d'habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, aucune mesure ne pourra être mise en œuvre	Modéré
	Destruction potentielle d'individus en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation du calendrier travaux	Faible
	Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Reptiles	Dégradation voire destruction d'une superficie significative des habitats d'espèce mais habitats de report présents à proximité et caractère ubiquiste de l'espèce Impact direct et permanent	Mise en place de cache de substitution en phase travaux (si présence de l'espèce avérée)	Faible
	Destruction potentielle d'individus malgré les capacités de déplacement de l'espèce Impact direct et permanent	Enlèvement des habitats de refuges en amont de la phase chantier	Faible
	Dérangement potentiel mais espèce anthropophile et adapté au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible

À l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs demeurent pour la Linotte mélodieuse et l'Œdipode turquoise (impact direct, permanent, à court terme) en raison de la perte de 1,3 ha de milieux ouverts parmi lesquels 0,3 ha sont favorables à l'Œdipode turquoise. Bien que les impacts soient temporaires (impacts liés à la phase chantier uniquement) des mesures de compensation seront mises en œuvre pour ces espèces.

Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles donc non significatifs.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Bry-Villiers-Champigny et de l'entre deux ferroviaire



1.10.4.5 Impacts sur la faune patrimoniale – Gare de Noisy-Champs et ouvrages annexes associés

a. *Présentation de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes 0801P et 0802P*

Le site est composé du parc de la Butte Verte à l'ouest de la route nationale 370 et d'un boisement à l'est de cette même route où se localise la gare et les deux ouvrages. Aucune emprise du projet n'est localisée sur le parc de la Butte Verte.

Le parc de la Butte Verte est une ZNIEFF accueillant de nombreuses espèces protégées comme l'Utriculaire citrine (flore inféodé aux milieux aquatique), de nombreuses espèces d'amphibiens et d'oiseaux ainsi que quelques chiroptères. L'intérêt du site se concentre principalement au niveau des mares et fossés.

À l'est de la route nationale 370, le boisement est dégradée et régulièrement occupé par des gens du voyage.

b. *Impacts et mesures sur la Flore*

Deux stations de flore patrimoniales ont été identifiées à proximité du secteur d'aménagement : l'Utriculaire citrine, espèce végétale protégée régionalement et localisée dans une mare du parc de la Butte verte et le Gaillet de Paris, espèce végétale très rare en Ile-de-France, localisée sur un trottoir à l'est des boisements.

Deux espèces végétales invasives ont également été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et de la Renouée du Japon.

- **Identification des impacts bruts**

L'aménagement de la gare et des ouvrages n'impacte pas directement les deux stations de flore patrimoniale (Utriculaire citrine et Gaillet de Paris), toutes deux situées en dehors des emprises chantier.

Par ailleurs, le réseau de mares dans lequel se trouve l'Utriculaire citrine est alimenté par des eaux de ruissellement. Or, le projet n'est pas amené à modifier l'écoulement des eaux pluviales du côté du parc de la Butte verte. Aucun impact indirect n'est donc induit par le projet sur la station d'Utriculaire citrine.

De la même manière, aucune modification stationnelle n'est à prévoir de manière indirecte sur la station de Gaillet de Paris qui se localise sur un trottoir. La fréquence de passage des camions de transport des déblais et des matériaux n'impacteront pas la station de flore localisée sur une bordure de trottoir.

A contrario, les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation des invasives au niveau du boisement situé à l'est de la route nationale, notamment cette de la Renouée du Japon dont la dynamique de propagation est plus importante.

- **Mesures de réduction**

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum et les résidus seront traités par une filière adaptée. Les emprises chantier de Noisy-Champs ne faisant pas l'objet d'une opération de réaménagement, les surfaces mises à nu ne seront pas revégétalisées. Dans ce contexte, un suivi sera réalisé par un écologue de terrain pour contenir voire gérer au maximum les repousses.

c. *Impacts et mesures sur la Faune*

A l'issue des prospections de terrain, les cortèges d'oiseaux des milieux boisés, arbustifs et des parcs ont été identifiés mais aucune espèce patrimoniale n'a été recensée.

Le boisement situés à l'est de la route nationale accueillent également quatre espèces patrimoniales d'amphibiens (Triton ponctué, Triton alpestre, Triton crêté et Grenouille agile) dont la reproduction est avérée au niveau de la mare située le plus au sud de ce boisement.

En ce qui concerne les mammifères, l'Ecureuil roux, espèce protégée inféodée aux boisement a été identifié au niveau du parc de la Butte Verte. Ses habitats s'étendent sur l'ensemble des boisements aux abords de la gare de Noisy-Champs. La Pipistrelle commune a, par ailleurs, été repérée au niveau d'un boisement au nord du secteur d'aménagement. Elle est donc potentiellement présente dans le boisement impacté par le projet.

- **Identification des impacts bruts**

L'emprise chantier intègre une proportion significative des habitats favorables au cortège d'oiseaux des parcs et jardins et des milieux boisés et arbustifs. Bien que communes, plusieurs espèces d'oiseaux nichent au niveau de des emprises chantier. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés lors des travaux de défrichement et de terrassement. En particulier, les boisements de Noisy-Champs sont des zones de refuges pour les espèces cavernicoles comme le Pic vert et le Pic épeiche. Les effectifs stables de ces espèces en font aujourd'hui des espèces non menacées et communes en Ile-de-France. Une partie non négligeable du boisement concerné par les emprises chantier est néanmoins conservée dans le cadre du projet et de nombreux habitats de report existent à proximité (parc de la Butte Verte notamment).

Par ailleurs, le boisement impacté par l'emprise de la gare de Noisy-Champs accueille potentiellement la Pipistrelle commune connue dans un boisement plus au nord. Si cette espèce reste commune en Ile-de-France, la chute de ses effectifs conduisent à la considérer comme quasi-menacée en Ile-de-France. Toutefois, et de même que pour les oiseaux, de nombreux habitats de report existent à proximité.

L'emprise chantier impacte une mare au sein de laquelle la reproduction des quatre espèces d'amphibiens citées ci-dessus est avérée. La destruction de cette mare menace directement les populations d'espèces qui lui sont inféodées. À noter que cette mare est aujourd'hui naturellement menacée d'atterrissement. Le déboisement sera également à l'origine d'une diminution des habitats d'hivernage disponibles pour les amphibiens (à hauteur de 3,3 ha). Toutefois, une partie non négligeable du boisement concerné par les emprises chantier est conservée dans le cadre du projet. Par ailleurs, le parc de la Butte Verte ne sera pas concerné par les emprises chantier et ses boisements qui constituent également des habitats d'hivernage favorables aux amphibiens, qui seront ainsi maintenus.

La perte de milieux boisés impacte l'Ecureuil roux. Bien que cette espèce soit vulnérable à la fragmentation de son territoire, les habitats de reports présents au sein du parc de la Butte Verte permettront à la population de se maintenir.

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux, de chauves-souris, de mammifères et d'amphibiens sont déjà en partie existants. Les espèces d'oiseaux concernées sont par ailleurs adaptées à un contexte urbain et les amphibiens sauvegardés à l'issue des travaux (populations présentes au sein du parc de la Butte Verte) sont relativement éloignés de la gare.

Le boisement de Noisy-Champs participe également à un corridor arboré d'intérêt régional (SRCE Ile-de-France). Ce dernier, identifié comme à fonctionnalité réduite, relie les massifs boisés à proximité du parc de la Butte Verte (bois Saint Martin, bois de la Grange et bois de Grâce notamment) au bois de Vincennes. Le défrichement de ce boisement conduira à une réduction de la fonctionnalité du corridor auquel il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

- **Mesures d'évitement par adaptation du calendrier des travaux**

Le calendrier des travaux sera adapté de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de nidification des oiseaux et d'hibernation des chauve-souris si la présence de la Pipistrelle commune était confirmée.

Schéma de synthèse représentant les périodes de travaux optimales en fonction des interventions prévues

Calendrier civil	Janv	Fév	Mars	Av	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Travaux de déboisement (pas d'arbres à cavité)												
Abattage d'arbres à cavité (potentialités chauves-souris)												
Démarrage des travaux à proximité d'entité naturelle												

période favorable à la réalisation des travaux

Période défavorable à la réalisation des travaux

- **Mesures de réduction concernant les espèces cavernicoles**

Le boisement est relativement ancien (80 à 100ans) et est potentiellement occupé par des espèces cavernicoles (pics et chauves-souris) qui trouvent, dans les cavités, des lieux propices pour hiverner ou nicher.

Ainsi, l'écologue en charge du chantier repérera chaque entité à cavité avant les travaux de défrichement. L'inspection consistera à rechercher toutes les cavités favorables aux chiroptères (prospection de la cavité avec un système de miroir éclairé par une lampe ou un endoscope, repérage du guano, odeur d'ammoniac…). Lors de cette inspection, il est recommandé de :

- Soulever toutes les écorces décollées quelques jours avant d'abattre l'arbre si celui-ci ne présente pas d'autres cavités arboricoles,
- Attendre l'envolée des chiroptères pour la chasse au crépuscule et colmater le gîte avec un matériau solide.



Chiroptérologue vérifiant une cavité (© BIOTOPE)

Pour les arbres recouverts de lierre, il est recommandé d'enlever le lierre deux mois avant l'abattage de l'arbre.

Un dernier contrôle le jour même de l'abattage sera réalisé par un chiroptérologue, équipé de matériel pour intervenir en hauteur. En cas de présence avérée de chiroptères le jour de l'abattage, des mesures spécifiques d'abattage seront prises afin d'éviter toute destruction d'individus. Il s'agira alors d'abaisser la branche ou le tronc concerné à l'aide de cordes et le laisser au sol, l'entrée face au ciel pour que les individus puissent s'échapper, pendant 48 heures pour permettre aux chauves-souris de quitter les gîtes non colmatés (renfoncement d'écorces).

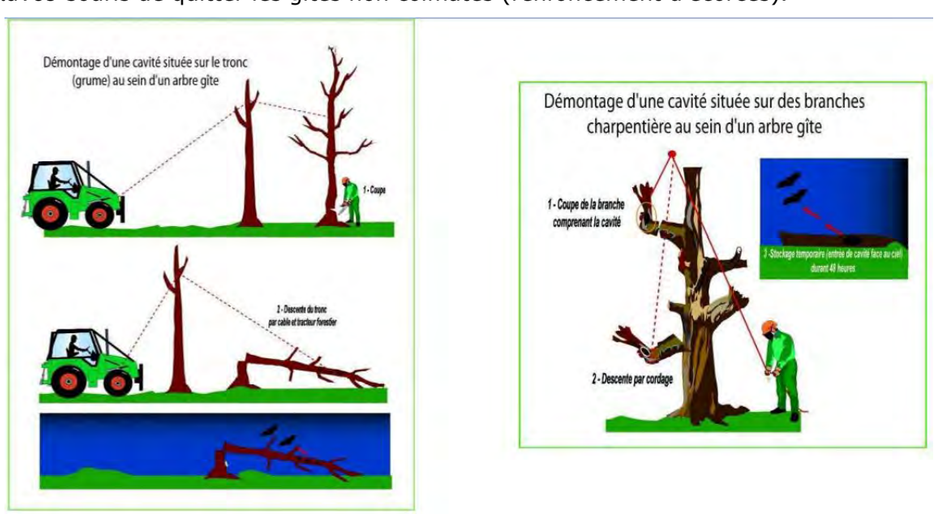


Schéma présentant les précautions à prendre en cas d'abattage d'arbres à cavité (plaquette SFEPM)

- **Mesures de réduction concernant les amphibiens**

Les amphibiens adoptent des comportements grégaires lors des périodes de reproduction et peuvent se déplacer massivement des lieux d'hivernage terrestre vers les sites de reproduction aquatique. De la même manière, ils effectuent des déplacements postnuptiaux vers les sites d'estivage puis d'hivernage.

Aucun axe de déplacement préférentiel des amphibiens n'a été mis en évidence sur le périmètre du projet et ses abords immédiats. Toutefois, les trois espèces connues peuvent se déplacer jusqu'à 500m voir 1km pour le Triton palmé autour de leur habitat de reproduction et notamment dans des milieux boisés pour les tritons.

Afin de ne pas créer une surmortalité des espèces lors du début des travaux, un processus de capture/déplacement sera mis en place en amont de la phase chantier et des barrières anti-retour seront installées afin de réduire au maximum le retour des espèces sur leur ancien site de reproduction.

Une clôture à mailles fines (type «treillis soudé à petite section» - maille 6,5 mm X 6,5 mm – hauteur : 50 cm avec rabat et système anti-retour) sera installée le long de l'emprise chantier. Ce dispositif permettra d'éviter les intrusions sur l'emprise chantier des amphibiens et de la petite faune par la même occasion. Le dispositif anti-retour sera disposé de telle manière à ce que les amphibiens puissent sortir du site sans pouvoir y rentrer.



Exemple de barrières anti-retour pour les amphibiens – source : Biotope

Synthèse et quantification des impacts résiduels sur la faune et la flore

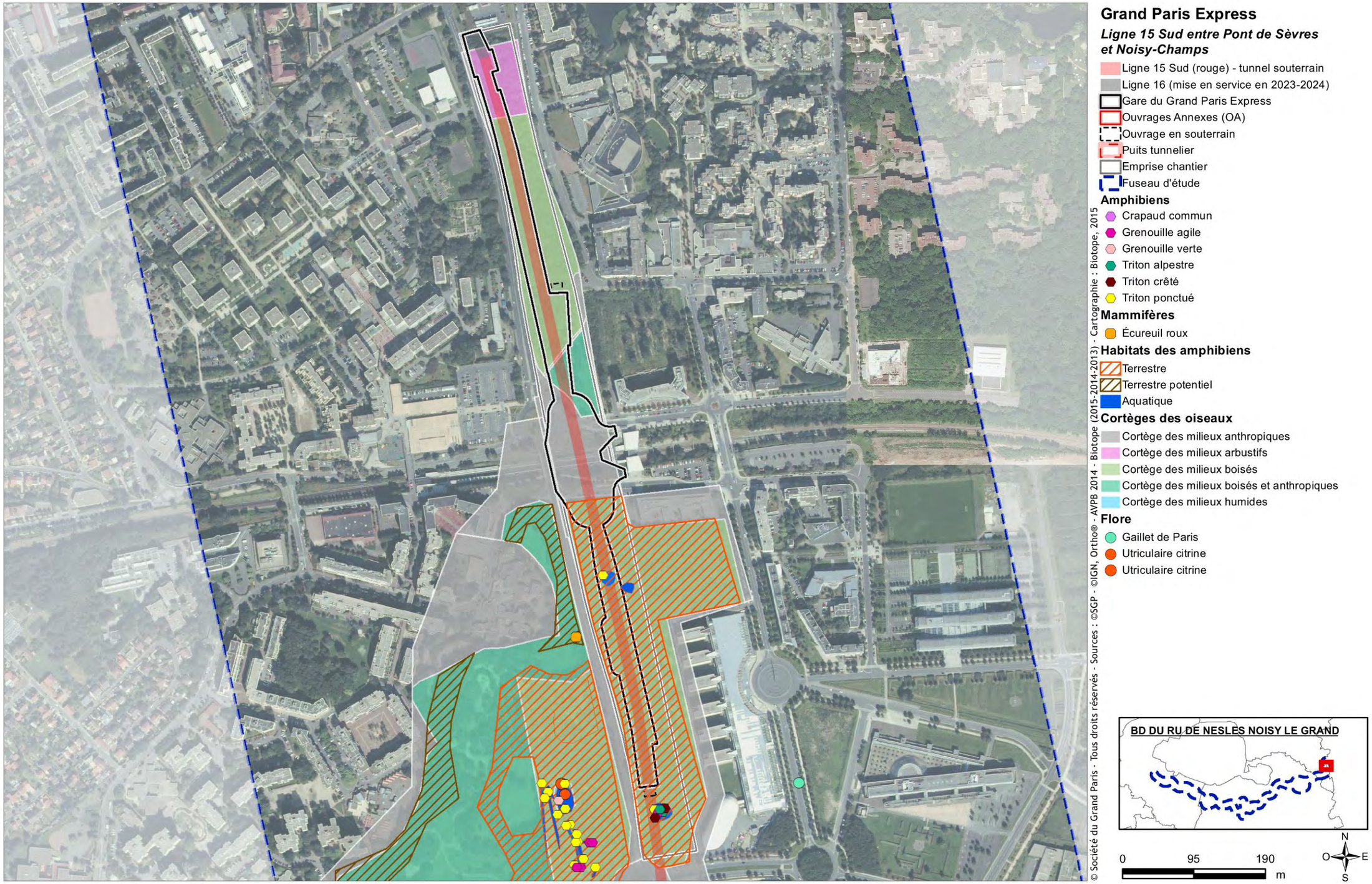
Groupe	Impacts bruts	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel
Oiseaux	Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Aucune mesure nécessaire	Faible
	Destruction potentielle d'individus en période de nidification Impact direct et permanent	Adaptation du calendrier travaux	Faible
	Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Amphibiens	Destruction d'une mare (naturellement en cours d'atterrissement), lieu de reproduction avérée de quatre espèces patrimoniales d'amphibiens Impact direct et temporaire	Les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire et ayant déjà permis de réduire l'impact lors de l'étude DUP, aucune autre mesure de réduction ne pourra être mise en œuvre	Modéré
	Destruction d'individus liée à la destruction de la mare Impact direct et permanent	Mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces	Faible
	Dérangement potentiel mais contexte déjà marqué par les activités humaines Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Chiroptères	Destruction d'arbres âgés potentiellement favorable à l'accueil de chauve-souris en hibernation ou en repos	Adaptation du calendrier de défrichement Passage d'un écologue Précaution lors de l'abatage d'arbres si gîte avéré	Potentiel
Mammifères	Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces et habitats de report présents à proximité Impact direct et permanent	Aucune mesure nécessaire	Faible
	Destruction potentielle d'individus Impact direct et permanent	Adaptation du calendrier travaux	Faible
	Dérangement potentiel mais espèces communes et adaptées au contexte urbain Impact direct et temporaire	Gestion adaptée de chantier	Faible
Continuités écologiques	Perte de fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE	Aucune mesure possible	Modéré
Espèces invasives	Risque de propagation des invasives	Export de terre limité et traitement dans une filière adaptée Suivi des invasives par l'écologue de chantier	Faible à négligeable

A l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs demeurent pour les amphibiens (impact direct, permanent, à court terme) en raison de la destruction d'une mare (habitat avéré de reproduction) et de la perte de 3,3 ha d'habitats terrestres. Des mesures de compensation seront mises en œuvre pour ces espèces.

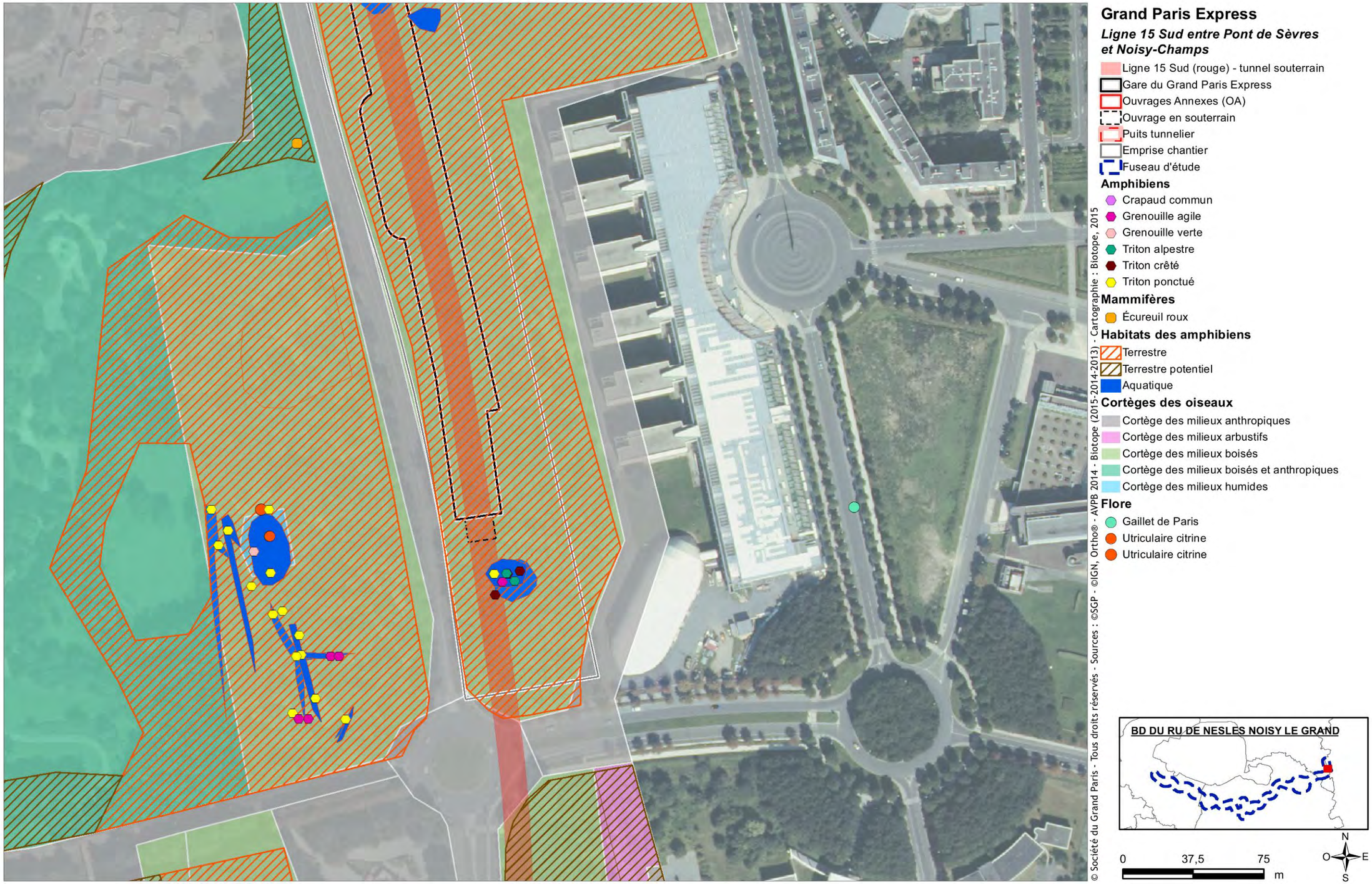
Les mesures de réduction mises en œuvre pour l'ensemble des autres espèces conduisent à des impacts résiduels faibles donc non significatifs.

La perte de fonctionnalité du corridor arboré reste limitée avec le maintien du Parc de la Butte Verte. Toutefois, une compensation de milieu boisé est prévue et intègre la dimension relative aux continuités écologiques.

Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs



Localisation des impacts sur les espèces patrimoniales et protégées et leurs habitats au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs (zoom sur les espèces d'intérêt)



1.10.4.6 Impacts et mesures d'évitement et de réduction liés à la construction du tunnel

Comme souligné en introduction de ce chapitre, le tunnel étant entièrement construit au tunnelier, seuls les puits d'entrée des tunneliers ont une emprise au sol à l'origine d'impacts potentiels sur les habitats naturels, la flore et la faune. Ces impacts ont été traités dans les paragraphes précédents.

Toutefois, le tunnel est amené à traverser des carrières souterraines qui seront préalablement comblées. Aucune prospection n'a pu être réalisée au sein même de ces carrières pour des raisons de sécurité et la présence potentielle de chiroptères ne peut pas être écartée totalement. Cependant, les écoutes nocturnes réalisées à proximité immédiates des entrées identifiées de ces carrières n'ont pas mis en évidence d'activité. Il est donc peu probable que des individus soient présents dans les carrières.

Malgré tout, et afin d'éviter au maximum les risques d'impacts sur les chiroptères, un passage sera réalisé par un chiroptérologue pour s'assurer de l'absence de chauve-souris et de gîte potentiel au sein des carrières destinées à être comblées une fois l'autorisation administrative d'accès accordée pour des questions de sécurité. Si des individus étaient identifiés à l'issue de ce passage, les mesures adéquates seront mises en œuvre en compatibilité avec le Plan Régional d'Action en faveur des Chiroptères afin de déplacer les populations et d'éviter tous impacts par destruction d'individus.

1.10.4.7 Mesures de réduction applicables à l'ensemble des ouvrages

Les mesures générales liées au plan de management environnemental applicables à l'ensemble des ouvrages sont présentés ci-dessous :

- Former le personnel de chantier : l'ensemble du personnel de chantier recevra une formation complète sur l'ensemble des éléments constituant « l'environnement ». Le programme de cette formation comprendra notamment une sensibilisation à la gestion des déchets, leur stockage sur site, les méthodes de protection classique en phase de travaux (balisage des zones à enjeux…).

- Éviter la prolifération d'espèces invasives : l'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement (par exemple à l'aide de semences d'espèces herbacées locales) pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

- Remettre en état le sol après travaux et favoriser les continuités écologiques de proximité: afin de retrouver des sols colonisables par la végétation après les travaux, le respect des horizons naturels du sol est indispensable. La remise en état des sols sera effectuée dans ce respect. La remise en état après travaux sera proposée par replantation d'espèces végétales sélectionnées indigènes et locales. Cette remise en état allant bien au-delà de l'existant pour beaucoup d'ouvrages va contribuer à maintenir ou restaurer les continuités écologiques recensées à l'échelle de la petite ceinture et participer au développement d'espaces répondant à la définition du processus des « pas japonais » pour les continuités écologiques de proximité et les besoins fonctionnels de la biodiversité urbaine.

- Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers : des kits anti-pollution seront à disposition rapide de tout ouvrier de chantier. Cette mesure permettra également d'endiguer rapidement une pollution accidentelle et d'éviter ainsi la contamination des milieux connexes. Cette mesure vise notamment à protéger le sol, les milieux aquatiques et les espèces les fréquentant, telles que les amphibiens et les oiseaux d'eau.

- Afin de limiter tout risque de pollution le nettoyage, l'entretien, la réparation et le ravitaillement des engins de chantier se feront exclusivement sur des zones réservées à cet effet et disposant de systèmes de récupération des eaux souillées pour être évacuées et traitées. Le détail des mesures est proposé dans la partie 5.5.1.4.

- Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue : dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier sera mis en place. Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement s'assurera de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Il assurera des formations et animera si besoin des réunions d'information avec les différents partenaires, le coordinateur et les correspondants environnement et se rendra sur le terrain pour s'assurer du bon déroulement du chantier.

- Adapter les calendriers de début de travaux : dans la mesure du possible et pour les sites présentant des enjeux sensibles de biodiversité (reproduction d'amphibiens, reproduction d'oiseaux…), une adaptation du calendrier de début de travaux sera recherchée. Il s'agit d'éviter d'impacter pour les habitats de reproduction des espèces qui s'étalent pour la majorité des espèces de septembre à février.

- Ne pas éclairer le chantier la nuit ou choisir des luminaires adaptés.

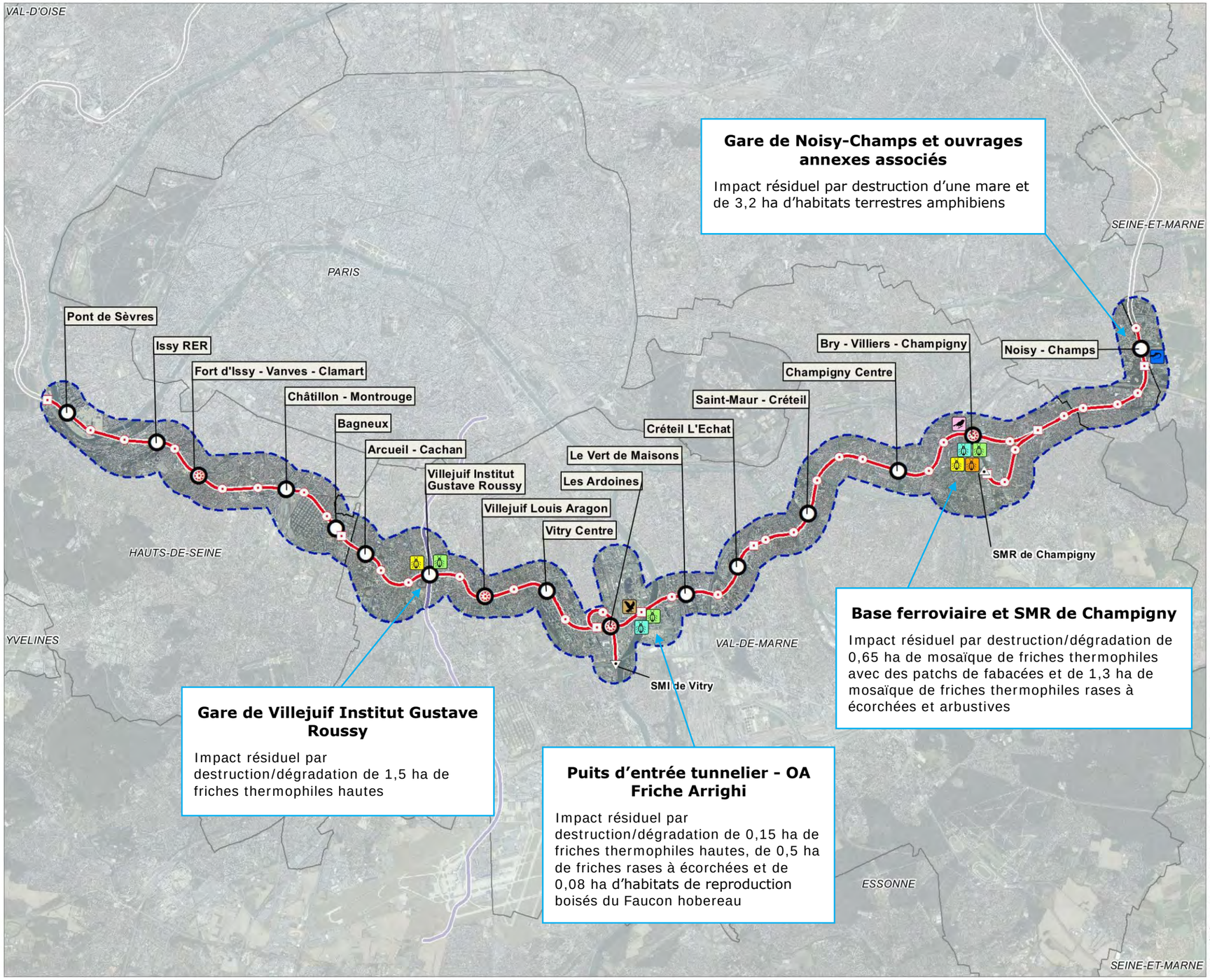
1.10.5 Impacts résiduels du projet sur les milieux naturels et mesures de compensation

1.10.5.1 Impacts résiduels du projet sur les milieux naturels

Le tableau suivant synthétise les impacts résiduels significatifs (impacts modérés à forts) induits sur la faune et la flore par le projet après la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction. Les éléments projet à l'origine d'impacts résiduels non significatifs (impacts nuls à faibles) sur la faune et la flore ne sont pas précisés dans ce tableau.

Elément projet concerné	Espèce(s) concernée(s)	Impact du projet	Type d'impact	Mesures d'évitement et de réduction	Niveau d'impact résiduel	Nécessité de compensation
Puits d'entrée tunnelier de la friche Arrighi	Insectes : Oedipode turquoise, Conocéphale gracieux	Destruction d'individus et d'habitats d'espèce	Direct, permanent, à court terme	Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier	Faible à modéré	Friche thermophile haute et friche thermophile rase à écorchée
	Oiseaux : Faucon hobereau	Destruction d'individus et d'habitats d'espèce Dérangement en phases chantier et exploitation	Direct et indirect, temporaire et permanent, à court et long terme	Réalisation des travaux de défrichement/ abattage d'arbres et/ou terrassement en dehors de la période de nidification des oiseaux	Faible à modéré	Si nidification avérée sur site après mise en place d'un suivi : habitat boisé
Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	Insectes : Conocéphale gracieux	Destruction d'individus et d'habitats d'espèce	Direct, permanent, à court terme	Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier	Faible à modéré	Friche thermophile haute
SMR de Champigny	Insectes : Conocéphale gracieux, Mante religieuse et Azurée des Cytises	Destruction d'individus et d'habitats d'espèce	Direct, permanent, à court terme	Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier	Faible à modéré	Friche herbacée avec patchs de fabacées
Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Insectes : Œdipode turquoise	Destruction d'individus et d'habitats d'espèce	Direct, permanent, à court terme	Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier	Faible à modéré	Friche thermophile rase à écorchée
	Oiseaux : Linotte mélodieuse	Destruction d'individus et d'habitats d'espèces Dérangement en phase chantier	Direct, permanent, à court terme	Réalisation des travaux de défrichement/ abattage d'arbres et/ou terrassement en dehors de la période de nidification des oiseaux	Faible à modéré	Friche arbustive
Gare de Noisy-Champs	Amphibiens : Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué et Triton crêté	Destruction d'individus et d'habitats d'espèce Dérangement en phases chantier et exploitation	Direct et indirect, temporaire et permanent, à court et long terme	Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'amphibiens en amont de la phase chantier Mise en place de barrières anti-retour	Faible à modéré	Mare forestière (habitat de reproduction) et boisement (habitat terrestre)

Localisation des impacts résiduels significatifs sur les habitats d'espèces et les individus



1.10.5.2 Mesures de compensation concernant les milieux naturels, la faune et la flore

Les mesures compensatoires se basent sur les fondements suivants :

- **Pas de perte nette de biodiversité** : les paragraphes suivants ainsi que le paragraphe qui concerne les mesures d'évitement et d'atténuation s'appliquent à démontrer l'absence de perte nette d'habitats ou de fonctionnalité ;
- **Recherche de l'additionnalité** ;
- La **faisabilité et la pérennité des mesures** : toutes les mesures seront à terme toutes chiffrées, actées par la Maîtrise d'ouvrage et leur mise en place garantie. Les modalités de partenariats étant actuellement en cours de discussion, des précisions seront faites ultérieurement sur ces éléments.

Lors de la rédaction de l'étude d'impact, les mesures compensatoires sont en cours de précision avec les acteurs concernés (Agence des Espaces Verts notamment). Ces mesures seront précisées dans le cadre du dossier de demande de dérogation d'espèces protégées.

a. *Synthèse des besoins de compensation*

Le tableau suivant synthétise les besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 15 Sud.

Synthèse des besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble du projet

Ouvrage concerné	Espèces concernées	Surfaces impactées par le projet
Besoins de compensation liés aux milieux ouverts		
Gare de Villejuif IGR	Conocéphale gracieux et Azurée des cytises	1,5 ha de friches thermophiles hautes
Friche Arrighi	Conocéphale gracieux et Œdipode turquoise	Mosaïque de friches thermophiles hautes (0,15 ha) et rases à écorchées (0,5 ha)
SMR de Champigny	Mante religieuse, Conocéphale gracieux et Azurée des cytises	0,65 ha de mosaïque de friches thermophiles avec des patchs de fabacées
Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Œdipode turquoise	0,3 ha de friches thermophiles rases et écorchées
Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Linotte mélodieuse	1,3 ha de mosaïque de friches thermophiles et arbustives (dont 0,3 ha en commun avec les insectes)
Total (Milieux ouverts)		**4,1 ha de friches thermophiles et arbustives**
Besoins de compensation liés aux milieux aquatiques		
Gare de Noisy-Champs	Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile	1 mare
Total (Milieux aquatiques)		**1 mare**
Besoins de compensation liés aux milieux boisés		
Friche Arrighi	Faucon hobereau	0,08 ha d'habitats de reproduction boisés
Gare de Noisy-Champs	Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile	3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens
Total (Milieux boisés)		**3,4 ha d'habitats boisés**

b. *Mesures de compensation liées aux milieux ouverts*

Espèces concernées : Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Mante religieuse, Azurée des Cytises, Linotte mélodieuse

Acteurs concernés (partenariats) :

1. *In situ* : gestionnaire du site du SMR de Champigny
2. *Ex situ* : Agence des Espaces Verts

Type d'habitats recherché :

Les mesures de compensation viseront la restauration et/ou le recréation d'habitats favorables aux espèces visées par la compensation, à savoir :

- Oedipode turquoise : milieux ras à écorchés et xériques,
- Mante religieuse et Conocéphale gracieux : milieux herbeux graminéens thermophiles,
- Azuré des Cytises : milieux herbeux fleuris riches en fabacées avec Mélilot officinal, Astragale, Onobrychis, Dorycnium, Luzerne cultivée, etc.
- Linotte mélodieuse : friche arbustive.

Mesures de compensation :

Deux mesures de compensation sont en cours de définition lors de la rédaction de cette étude : (1) la création d'une toiture végétalisée sur le SMR de Champigny en liaison avec le sol et (2) la création/restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives. Ces mesures sont présentées ci-après. Elles seront détaillées dans le cadre du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

1. **Mesure de compensation *In situ* : création d'une toiture végétalisée sur le SMR de Champigny en liaison avec le sol**

La dimension écologique a été prise en compte lors des phases de conception du projet. Cela a permis de mettre en place une toiture végétalisée partant du sol pour ce site sur une superficie de 2 ha environ.

Ces habitats seront constitués de landes pionnières et pelouses hautes à fabacées.

- Oedipode turquoise : milieux ras et xériques : une toiture avec végétation type sedum à minima est appropriée,

- Mante religieuse et Conocéphale gracieux : milieux herbeux graminéens thermophiles avec à minima une strate herbacée mi-haute à haute,
- Azuré des Cytises : milieux herbeux fleuris riches en fabacées avec Mélilot officinal, Astragale, Onobrychis, Dorycnium, Luzerne cultivée, etc.
- Mosaïque de friche thermophile haute principalement constituée de graminées (Conocéphale gracieux et Mante religieuse) avec ponctuellement des patchs de fabacées (Azurée des cytises) et de des friches thermophiles rases à écorchées (Oedipode turquoise).
- Friche arbustive pour la Linotte mélodieuse.



Représentation du toit terrasse sur le SMR de Champigny– source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014

La gestion du toit végétalisée reste à définir avec le futur exploitant du site ou en partenariat avec une association locale. Trois périodes d'entretien sont définies par les architectes du bâtiment :

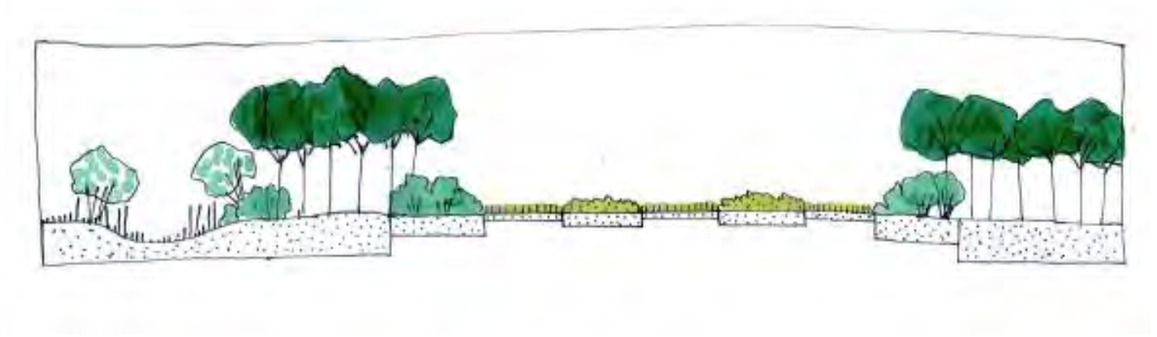
- La période de parachèvement entre l'installation et la réception de l'ouvrage,
- La période de confortement entre la réception de l'ouvrage jusqu'au démarrage de l'entretien courant,
- La période d'entretien courant qui commence après l'obtention d'un taux de couverture de plus de 80%.

Quelques préconisations peuvent être faites sur la gestion courante :

- Enlèvement des déchets apportés par le vent,
- Remise en place de la couche de culture en cas de déplacement par le vent ou la pluie,
- Désherbage manuel des végétaux indésirables,
- Effectuer des opérations complémentaires de semis et plantation si besoin,
- Fertilisation d'appoint selon le diagnostic du tenat du système de végétalisation,
- Nettoyage des dispositifs d'évacuation d'eaux pluviales,
- Arrosage si nécessaire,
- Conservation de bandes enherbées mi-hautes (jaune) par un fauchage tardif et des bandes rases (vert) selon le schéma présenté ci-contre.

Les plans proposés pour ce bâtiment permettent l'implantation d'arbustes et de landes en lisières du boisements conservés. Ces plantations permettent de compenser sur site, en partie, la perte d'habitat pour la Linotte mélodieuse.





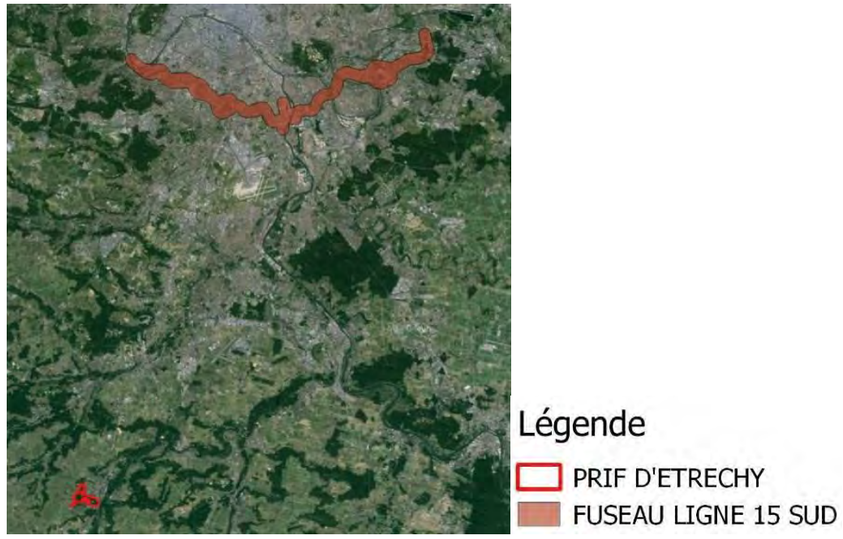
Alternance entre landes, pelouses rases à mi-hautes et zones boisées et lisières – source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014



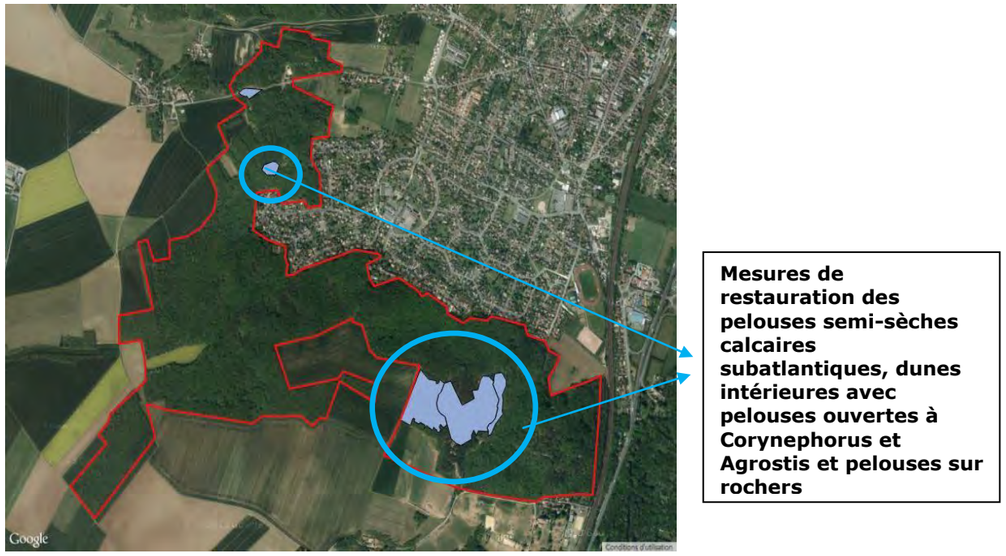
Palette végétale utilisée pour le toit terrasse du SMR de Champigny – source : Société du Grand Paris et architecte Richez Associés, 2014

2. Mesure de compensation *Ex situ* : création/restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives

Un partenariat entre la SGP et l'Agence des Espaces Verts est actuellement en cours d'échange afin d'inclure ce partenaire régional à la compensation ex-situ sur la forêt d'Etrechy. Située à environ 40 km au sud de Paris, la Forêt d'Étréchy, d'une superficie de 110 ha, est la propriété du Conseil Régional d'Ile-de-France.



La compensation prévoit la restauration de 8,67 ha avec des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques (3,85ha) et des dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis (4,82ha).



Cette action vise à améliorer l'état de conservation des habitats favorables à l'Azurée des cytises, le Conocéphale gracieux, l'Oedipode turquoise, et la Linotte mélodieuse.

Les mesures proposées visent à apporter une plus-value écologique au niveau du PRIF d'Etréchy dans une logique d'additionnalité (plus-value écologique) sans se substituer à des engagements publics ou privés. Il s'agit notamment de :

- Renforcer les dispositions recommandées sur ces habitats naturels ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestion ;
- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Péreniser la conservation des habitats pendant 30 ans, leur laissant ainsi la possibilité d'atteindre leur optimum écologique ;
- Renforcer la communication auprès du public ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.

Les actions à mener seront donc les suivantes :

- Coupes des arbres et arbustes responsables de la fermeture des milieux avec exportation des rémanents pour broyage ou brûlage, dessouchage ;
- Gyrobroyage des arbustres et des rémanents ;
- Coupe d'arbres, abattage de végétaux ligneux en conservant l'identité paysagère liée au Pin sylvestre pour l'habitat de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis. Il ne s'agit pas d'éradiquer systématiquement toute la végétation ligneuse mais au contraire de conserver une diversité de structures. Des buissons et arbustes devront donc être conservés au sein des zones débroussaillées. On conservera également les arbres morts ou creux ;
- Ne pas empêcher l'installation du Lapin sur l'habitat de *dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis* car il permet le maintien de la dynamique de ces milieux ;
- Fauche en différé et frationnée (dans le temps et l'espace) afin de conserver des zones refuges pour les insectes en dehors des périodes de nidification de la Linotte mélodieuse et de reproduction des insectes. Certaines plantes sont très sensibles à la période de fauche. La meilleure solution consiste donc à faucher en rotation sur plusieurs années, à dates variables ;
- Avant l'exportation des produits de fauche, il est préférable de le laisser deux semaines en bord de parcelle pour permettre aux chrysalides d'atteindre leur maturité au insectes de migrer vers les zones refuges ;
- Elimination de la végétation exotique envahissante si présence avérée.

La mesure de compensation sera associée à :

- La mise en place d'une gestion à long terme (30 ans) des milieux restaurés ou créés ;
- La mise en place d'un suivi à long terme.

c. <u>Compensation d'habitats aquatiques de reproduction de type mare et habitat terrestre d'hivernage de type milieux boisés en faveur des amphibiens</u>

<u>Espèces concernées</u> : Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué, Triton crêté

<u>Acteurs concernés (partenariat)</u> :

1. *In situ* : gestionnaire du site du SMR de Champigny après travaux
2. *Ex-situ* : Agence des Espaces Verts sur la forêt de Célie (à moins de 2km du fuseau d'étude et à 2,5km de l'impact)

<u>Type d'habitat à restaurer et à préserver</u> :

- Mares forestières à fonctionnalité équivalente ou supérieure
- Milieux boisés de caractéristiques écologiques similaires de type chênaie ou supérieures

<u>Précisions sur les mesures d'accompagnement et de compensation :</u>

Deux mesures de compensation sont en cours de définition lors de la rédaction de cette étude : (1) la création de mares dans le secteur d'aménagement du SMR de Champigny après travaux et (2) la restauration de mares et d'habitats terrestres boisés au sein d'un PRIF. Ces mesures sont présentées ci-après. Elles seront plus finement détaillées dans le cadre du dossier de demande de dérogation espèces protégées.

1. <u>Mesure d'accompagnement *In situ* : création et amélioration de zones humides terrestres (prairie humide, mares et milieux annexes)</u>

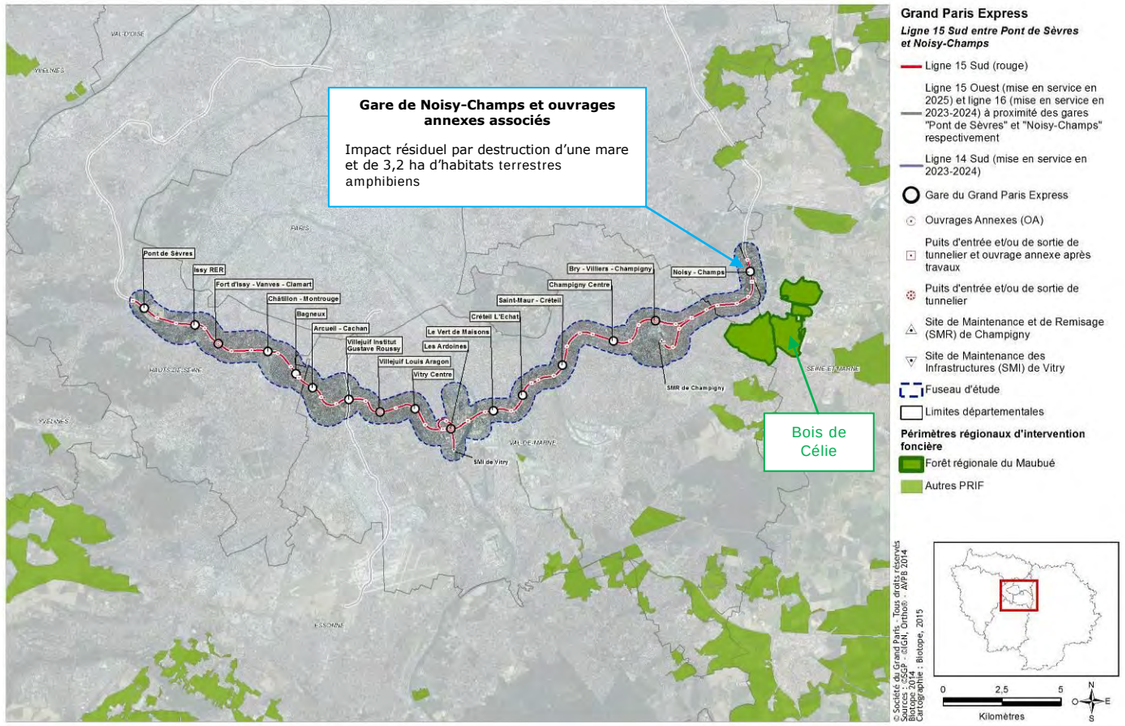
Sur le secteur sud-ouest du SMR de Champigny, il est envisagé de recréer des milieux herbacés humides. Sur cet emplacement, des prairies d'infiltrations en relation avec des mares permettront une gestion des eaux de pluies à la parcelle. Il est en effet proposé de recréer un réseau de mares sur le foncier disponible et non impacté par l'emprise projet à l'issue du chantier ou par les projets connexes. Ce réseau de mares interagira avec les milieux herbacés hygrophile à mésohygrophile. Cette mesure d'accompagnement est précisée dans le chapitre relatif aux zones humides.

2. <u>Mesure de compensation *Ex-situ* : création/restauration d'habitat aquatique et terrestre sur le bois de Célie avec l'Agence des Espaces Verts</u>

Un partenariat entre la SGP et l'Agence des Espaces Verts est actuellement en cours de négociation afin d'inclure ce partenaire régional privilégié à la compensation ex-situ.

Le site de compensation visé est localisé au sein du périmètre régional d'intervention foncière de la **Forêt régional de Maubué et plus particulièrement au sein du Bois de Célie inclus dans ce PRIF**. Ce bois, d'une superficie totale de 175 ha se situe sur le territoire des communes d'Emerainville et de Pontault-Combault en Seine-et-Marne.

Le bois de Célie se localise à environ 1,5 km du fuseau d'étude et à environ 2,5 km des impacts résiduels induits par le projet.



La compensation prévoit la création/restauration d'habitats aquatiques de reproduction et terrestres favorables aux amphibiens au niveau du bois de Célie qui est inclus dans le PRIF de la forêt régional de Maubué.

La conservation passe par le maintien ou la restauration d'un réseau de sites de reproduction (optimum : 4 à 10 mares au km² distantes de 500 mètres au maximum) interconnectées par des formations boisées proches des mares (Lescure et al 2010). En outre l'enjeu de la préservation des espèces réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction (habitat aquatique) en bon état de conservation. La compensation se fait par création d'une mare prairiale et recréation d'un réseau fonctionnel de mares et de plus de 3 ha d'habitats terrestre. Les actions à mener seront donc les suivantes :

- **Mare 1 :** restauration par une remise en lumière et re profilage de berge en pente douce
- **Mares 2 & 3 :** restauration par une remise ne lumière et re profilage de berge en pente douce
- **Mare 4 :** restauration par recreusement, il y a présence de 3 petites mares en profil de petits trous d'obus en cours d'atterrisement le but est de les fusionner avec une mise en lumière et profilage de berge en pente douce.
- **Mare 5 :** désembroussaillement des berges pour une mise en lumière et permettre le développement des herbiers aquatiques
- **Mare 6 :** création d'une mare prairiale pédagogique avec installation d'un panneau à l'attention du publique expliquant l'action et l'écosystème présent.

La mesure de compensation sera associée à :

- La mise en place d'une gestion à long terme (30 ans) des milieux restaurés ou créés ;
- La mise en place d'un suivi à long terme.

Localisation des mesures sur le bois de Célie avec l'AEV



Mare à créer

5 mares restaurées

→Renforcement d'un réseau fonctionnel entre la mare prairiale créée et les mares existantes

d. Compensation d'habitats en faveur du faucon hobereau

Espèces concernées : Faucon hobereau

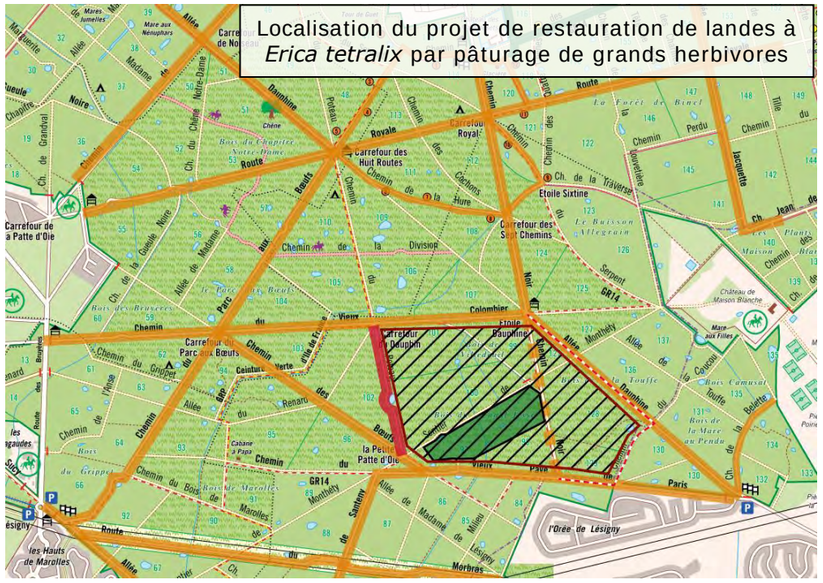
Acteurs concernés (partenariat) :

1. *Ex- situ : ONF Forêt de Notre- Dame*

Le Faucon hobereau est considéré comme nicheur possible au niveau de la friche Arrighi en raison de l'observation d'un adulte criant à de nombreuses reprises et poursuivant un Epervier d'Europe début juillet. Toutefois, au regard de la patrimonialité de l'espèce et de son comportement son caractère nicheur sera vérifié. Il est, en effet, reconnu que le Faucon hobereau est très peu fidèle à son nid. Cette espèce utilise des nids abandonnés par d'autres espèces. La présence de l'espèce sera donc vérifiée en période de nidification l'année précédant le démarrage des travaux. Si la nidification de l'espèce est avérée lors de ces passages, son site de nid sera localisé et celui-ci sera maintenu lors de la phase chantier dans la mesure du possible. Si le nid ne peut être maintenu lors de la phase chantier, les opérations de défrichement seront réalisées à l'automne-hiver 2016-2017 (en dehors de la période de reproduction de l'espèce) afin d'éviter tous risques de destruction de nichée.

Au regard des impacts induits par le projet sur le Faucon hobereau, la présente mesure de compensation vise à développer des habitats d'alimentation pour le Faucon hobereau afin de favoriser la nidification de l'espèce. En effet, le Faucon hobereau à tendance à nicher à proximité de milieux aquatiques favorables à son alimentation.

1. Mesure de compensation : création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame



Cette mesure s'intègre dans un projet plus vaste porté par l'ONF qui ambitionne de restaurer une lande à Erica tetralix par pâturage par de grands herbivores en forêt de Notre Dame. Dans le cadre de ce projet, l'ONF prévoit la création de mares dans un objectif d'alimentation en eau des espèces. La mesure de compensation vise donc à apporter une plus-value écologique au projet au travers des actions suivantes :

- Identification par un écologue de terrain des arbres favorables à la nidification du Faucon hobereau à maintenir dans le cadre du projet porté par l'ONF ;
- Appui technique à l'ONF pour la réalisation de berges en pentes douces favorables au développement d'une végétation aquatique et de la faune associée, source d'alimentation pour le Faucon hobereau ;
- Financement de la création des berges en pentes douces ;
- Mise en place d'un suivi de l'espèce à long terme.

Identification des arbres à maintenir dans le cadre du projet de l'ONF

Le projet porté par l'ONF intègre des opérations ciblées d'abattage d'arbres. En amont de ces opérations, un écologue expertisera le terrain afin d'identifier des résineux porteur de nids de corneilles noires favorables à la nidification de l'espèce (87 % des nids occupés par le faucon hobereau sont des nids de Corneilles noires H.VIGNEAU, Y.DUC & al. 2001), en particulier les Epicéas en lisière. Cette action permettra de localiser précisément ces éléments qui seront maintenus dans le cadre de la mise en œuvre du projet de l'ONF.

Profilage de la mare en pente douce

Le Faucon hobereau apprécie les zones humides et les territoires ouverts. Il n'est pas rare qu'il s'éloigne de son site de nidification pour chasser, mais il chassera volontiers à proximité du nid si la disponibilité en nourriture y est adéquate. Il chasse en vol de gros insectes ou des passereaux. La présence de la lande à *Erica tetralix* intraforestière et l'aménagement de mares favorables aux libellules constitueront un territoire de chasse idéal pour l'espèce.

Pour que la ou les mares soient effectivement favorables au Faucon hobereau, elles devront présenter un profil en coupe asymétrique possédant une pente douce à l'origine de l'installation d'une végétation aquatique et hélophytique favorable à la nidification de petits passereaux et la reproduction des odonates. La surface de ou des mares doit être relativement importante, c'est-à-dire au minimum de 1 are. Une fosse centrale permettra de maintenir un niveau d'eau même pendant la période sèche (voir schéma ci-dessous).

Une mise en défend d'une mare d'au moins 1 are sera réalisée par la pose de barrière imperméable aux grands mammifères afin d'éviter son piétinement.

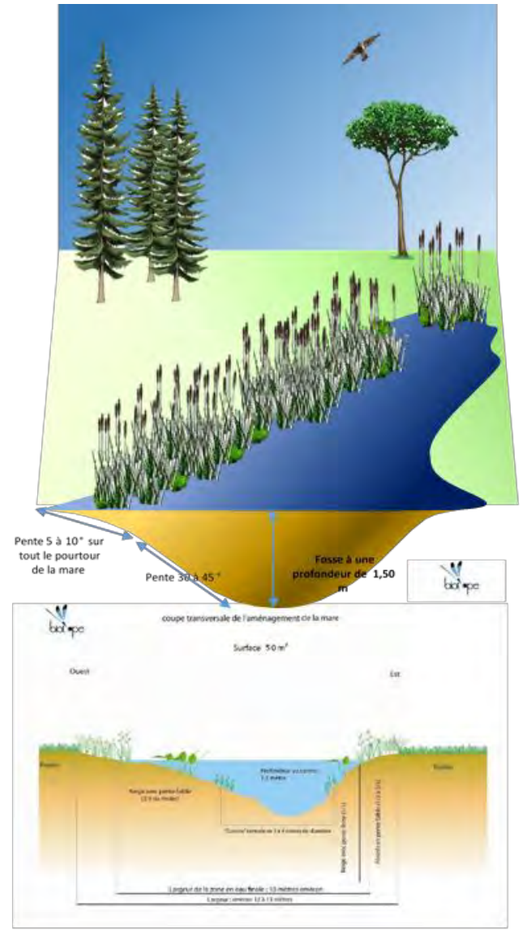


Schéma du profilage de berges en pentes douces – © Biotope

Mise en place d'un suivi à long terme

Un suivi annuel au cours des 3 premières années suivants la création de la mare sera réalisé afin d'en observer l'évolution et la colonisation par les espèces inféodées à ce type de milieux.

S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des habitats restaurés et de suivre spécifiquement le Faucon hobereau.

e. Conclusion sur les mesures de compensation

Les mesures de compensation en cours de définition avec l'AEV et l'ONF permettront d'aboutir à une équivalence écologique par rapport aux impacts résiduels induits par le projet.

En particulier, les mesures de compensation mises en œuvre respecteront une compensation surfacique selon un ratio égal ou supérieur à 1. Par ailleurs, les mesures seront mises en œuvre sur du foncier public et pérenne de manière à assurer la pérennité des mesures et le maintien des populations d'espèces. Enfin, il est important de souligner que l'état de conservation des milieux impactés est dégradé sur certains secteurs (friche de la base ferroviaire en cours de fermeture, mare de Noisy-Champs en cours d'atterrissement notamment). Les mesures de compensation mises en œuvre auront pour ambition d'apporter une plus-value écologique par rapport aux milieux impactés par la création / restauration de milieux dans un meilleur état de conservation.

Compte tenu des enjeux mis en évidence et des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement qui seront mises en place, il s'avère que le projet n'est pas de nature à nuire au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces protégées et patrimoniales à l'échelle locale.

1.10.6 Mesures de suivi concernant le milieu naturel

1.10.6.1 Le plan de management environnemental et démarche d'Eco-conception

Les outils de la démarche générale présentés dans le chapitre « Démarche environnementale pour le projet » de la pièce B2 (démarche d'écoconception, charte environnement des chantiers, registre des nuisances et plan de management environnemental) s'appliquent aux mesures relatives à la biodiversité et permettent à la fois de respecter la méthode « Evitemment-Réduction-Compensation » et d'assurer la traçabilité des opérations.

1.10.6.2 Mise en place d'un suivi environnemental de chantier par un écologue

Dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier sera mis en place. Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement s'assurera de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Il assurera des formations et animera si besoin des réunions d'information avec les différents partenaires, le coordinateur et les correspondants environnement et se rendra sur le terrain, à une fréquence à déterminer avec la Société du Grand Paris, pour s'assurer du bon déroulement du chantier.

L'ingénieur-écologue en charge du suivi écologique de chantier interviendra en appui :

- du référent environnement au sein de la maîtrise d'œuvre,
- des ingénieurs environnement des entreprises.

Cette mesure consiste en la participation d'un ingénieur écologue à la phase de préparation des travaux ainsi qu'à la phase chantier et post-chantier afin de s'assurer que les aspects environnementaux soient bien considérés.
Plus précisément, il interviendra :

1/ Phase préliminaire

- Suivi des espèces sur le terrain (mise à jour de l'état de référence et notamment de la localisation des éléments à enjeux : au cours de l'année précédant le démarrage des travaux) ;
- Rédaction d'un cahier des prescriptions écologiques à respecter par les entreprises (« doctrine de chantier »). Ce cahier est le plus souvent intégré directement dans les Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE).

2/ Phase préparatoire du chantier

- Appui à l'ingénieur environnement chantier pour la sensibilisation des entreprises aux enjeux écologiques. Cette sensibilisation se fera dans le cadre de la formation / accueil général des entreprises et sera faite par l'ingénieur environnement ;
- Localisation des éléments à enjeux écologiques (espèces protégées, habitats d'espèces protégées, etc.) et éventuellement leur présentation aux entrepreneurs, à travers notamment de la cartographie précise (1/1000 à 1/5000) des groupements végétaux et des habitats d'espèces animales ou végétales identifiés comme patrimoniaux ;
- Balisage des zones sensibles du point de vue écologique, situées à proximité de la zone de chantier ;
- Appui de l'ingénieur environnement chantier pour l'élaboration d'un programme d'exécution sur le volet biodiversité (document rédigé par les entreprises précisant les modalités et moyens mis en œuvre pour respecter les prescriptions écologiques de chantier définies dans la phase préliminaire ;
- Analyse des plans fournis par les entreprises (zones de stockage, voies d'accès) en fonction des contraintes écologiques et appui de l'ingénieur environnement pour la validation des plans.

3/ Phase chantier

- Appui à l'ingénieur environnement chantier pour la sensibilisation continue des entreprises au respect des milieux naturels ;
- Suivi sur le terrain du respect des prescriptions écologiques par les entreprises, via des visites régulières de chantier ;
- Suivi des espèces sur le terrain. Ce suivi concernera les zones sensibles identifiées à proximité du chantier mais aussi directement au sein de l'emprise des travaux ;
- Appui à l'ingénieur environnement pour la coordination, tout au long du chantier, avec le référent environnement des entreprises en charge des travaux ;
- Assistance dans le cadre des éventuelles opérations de déplacement des espèces (reptile notamment) ;
- Assistance pour l'éradication des espèces végétales invasives ;

- En fonction des difficultés rencontrées sur le terrain, proposition de nouvelles prescriptions ou révision de certaines prescriptions ;
- Vérification régulière sur le terrain du bon état des installations mises en place pour la protection des milieux naturels (balisage notamment).

4/ Phase post-chantier

- Assistance à l'ingénieur environnement du chantier pour définir les mesures de remise en état du site et suivi de la procédure de remise en état.

1.10.6.3 Suivi de la nidification du Faucon hobereau

Dans le cadre des expertises de terrain réalisées en 2014, le Faucon hobereau est considéré comme nicheur possible au niveau du secteur d'aménagement de la friche Arrighi en raison de l'observation d'un adulte criant à de nombreuses reprises et poursuivant un Epervier d'Europe début juillet 2014. Toutefois, au regard de la patrimonialité de l'espèce et de son comportement, son caractère nicheur sera vérifié.

Il est, en effet, reconnu que le Faucon hobereau est très peu fidèle à son nid. Cette espèce utilise des nids abandonnés par d'autres espèces (et principalement des nids de Corneille noire[11]).

Le suivi de l'espèce consistera à réaliser des expertises complémentaires en amont au démarrage des travaux. Trois passages de terrain seront réalisés aux mois de mai, juin et juillet 2016, les travaux débutant en mai 2017.

Si la nidification de l'espèce est avérée lors de ces passages, son site de nid sera localisé et celui-ci sera maintenu lors de la phase chantier dans la mesure du possible. Si le nid ne peut être maintenu lors de la phase chantier, les opérations de défrichement seront réalisées à l'automne-hiver 2016-2017 (en dehors de la période de reproduction de l'espèce) afin d'éviter tous risques de destruction de nichée.

1.10.6.4 Suivi de l'ensemble des espèces protégées et patrimoniales

Un suivi des populations des espèces protégées et patrimoniales sera mené pour évaluer leur évolution depuis l'état initial réalisé jusqu'en 2014. Un bilan écrit sera produit par le prestataire pour faire état de l'évolution des populations.

Ce suivi vise à vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre et le bon état de conservation :

- des populations sur l'aire d'étude pendant et après chantier ;
- des populations déplacées sur des milieux de report pendant et après travaux ;
- des populations sur les milieux restaurés *via* les mesures compensatoires.

La mesure consiste à réaliser un bilan des populations d'espèces protégées sur site, tous les 4 ans pendant 30 ans, à partir du démarrage des travaux.

Ces suivis visent à établir un suivi des espèces protégées et patrimoniales sur site en gardant le même effort de prospection que lors de la réalisation de l'état initial de l'étude d'impact. Cette étude d'impact avait nécessité la réalisation de plus de 20 journées de terrain sur l'ensemble de l'année pour couvrir la phénologie des différentes espèces. Le même effort de prospection de 20 journées de terrain sera maintenu pour chacune des occurrences.

Les travaux débutant fin 2015, le suivi débutera en 2016 et sera ensuite réalisé en 2020, 2024, 2028, 2032, 2036, 2040 et 2044.

A noter que des suivis complémentaires seront réalisés à intervalles de temps plus courts pour le groupe des insectes sur les milieux de report où les populations auront été déplacées. Ainsi, un suivi annuel sera réalisé les trois années qui suivront l'opération de déplacement réalisées sur les sites de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, de la friche Arrighi et du SMR de Champigny.

1.10.1 Synthèse des impacts et mesures associées relative au milieu naturel

A l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persistent sur les espèces suivantes : Conocéphale gracieux, Mante religieuse, Œdipode turquoise, Azurée des cytises, Grenouille agile, Triton alpestre, Triton ponctué, Triton palmé, Linotte mélodieuse et Faucon hobereau. Ces impacts concernent la destruction d'habitats des espèces précitées, à hauteur de 4,1 ha de friches herbacées et arbustives (dont 2,3 ha de friche thermophile haute, 0,8 ha de friche rase à écorchée et 1 ha de friche herbacée et arbustive), d'une mare et de 3,3 ha d'habitats boisés (dont 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens et 0,08 d'habitat de nidification du Faucon hobereau).

Des mesures de compensation in-situ et ex-situ sont mises en œuvre et font l'objet de partenariat avec l'Agence des Espaces Verts dans le cadre de la compensation « faune, flore » et avec l'Office National des Forêts. Par ailleurs la compensation « boisement » détaillée dans le chapitre suivant a été travaillée avec l'ONF afin d'apporter une plus-value forestière répondant aux attentes du code forestier mais aussi écologique afin de renforcer la cohérence des mesures de compensation écologiques proposées.

Pour conclure, il résulte que, compte tenu des enjeux mis en évidence et des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement qui seront mises en place, le projet n'est pas de nature à nuire au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces protégées et patrimoniales à l'échelle locale.

[11] *H.VIGNEAU, Y.DUC & al. 2001*

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – milieu naturel, faune, flore et continuités écologiques

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	**Ile de Monsieur**	Insectes patrimoniaux : destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Rendre la zone défavorable pour le groupe afin de favoriser le report des espèces sur les habitats alentours favorables Adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Gare Pont de Sèvres	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
	Place de la Résistance	Milieux aquatiques **:** déchets flottants dans la Seine**,** chute de matériaux et sédiments**,** pollution accidentelle par ruissellement des eaux usées	Mise en place de barge de récupération des déchets et tri effectué dans la base chantier Mise en place de barrière anti-MES Mesures simples de prévention		
	Gare Issy RER	Continuités écologiques : diminution de la fonctionnalité au sein de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne (définit par le SRCE)	Remise en état des abords de la gare par traitement paysager et plantation d'arbres sans imperméabilisation du sol		
Issy RER à Arcueil-Cachan	**Fort d'Issy-Vanves-Clamart**	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de la station Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Balisage de la station pour éviter l'impact de la phase chantier Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles Oiseaux : Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Parc Henri Barbusse Square Malleret Joinville Fort de Vanves Cimetière Parisien Pierre Plate	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
	Gare de Bagneux	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Parc Robespierre Gare d'Arcueil Cachan	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	**Square du Général de Gaulle**	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : mise en défense ou déplacement de l'espèce sur le parc Raspail Oiseaux : adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Jardin panoramique	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : mise en place d'un balisage des stations Oiseaux : Adaptation de la période de travaux		
	Villejuif Institut Gustave Roussy	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations Insectes : dégradation, destruction d'habitat et d'individus Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Amphibiens : dégradation d'habitat terrestre, dérangement	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Insectes : déplacement des populations des orthoptères, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes Oiseaux : adaptation de la période de travaux Amphibiens : mise en place de barrières anti-retour, gestion adaptée du chantier		**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ :</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
	Rue du Génie Vitry Centre	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
Vitry centre à Champigny Centre	**Rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas**	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	SMI de Vitry	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Gare Le Vert de Maisons	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Impasse de l'Abbaye	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Vitry Centre à Champigny Centre	**Friche Arrighi**	Flore patrimoniale : destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Insectes : déplacement des populations des orthoptères (Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Caloptère italien, Decticelle chagriné et Carroyée) Oiseaux : adaptation de la période de travaux et suivi avant travaux pour vérifier la nidification du Faucon Hobereau Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis **<u>Compensation Faucon hobereau :</u>** création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame
	Avenue Charles Floquet	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
Champigny Centre à Noisy-Champs	**Gare de Champigny Centre Clos du pré de l'étang**	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Bry-Villiers-Champigny Ave Henri Dunant Villiers	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Espèces invasives : Risque de propagation des invasives	Adaptation de la période de travaux Espèces invasives : délimitation des stations		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Champigny Centre à Noisy-Champs	**SMR de Champigny et OA 0813P**	Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité Espèces invasives : risque de propagation des invasives	Insectes : déplacement des populations de Conocéphale gracieux et de Mante religieuse, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles Continuités écologiques : réaménagement du site prenant en compte cette dimension Espèces invasives : délimitation des stations	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : programme expérimental de transplantation ou de recueil de graine pour replantation Insectes : déplacement des populations d'Œdipode turquoise Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence de l'espèce avérée		**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
	Sentier des marins	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retraites refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Place des Yvris	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Oiseaux : adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Champigny Centre à Noisy-Champs	**Rue du Ballon**	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Gare de Noisy-Champs **OA Bd du Ru de Nesles** **OA Bd de Champs Nesles**	Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Amphibiens : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Chiroptères : destruction d'arbres âgés potentiellement favorables à l'accueil de chauve-souris en hibernation ou en repos Mammifères : dérangement, dégradation et destruction d'individus et d'habitats Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE Espèces invasives	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Amphibiens : mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces Chiroptères : adaptation du calendrier de défrichement, passage d'un écologue, précaution lors de l'abatage d'arbres si gîte avéré Mammifères : adaptation du calendrier travaux Continuités écologiques : compensation boisée prenant en compte cette dimension de fonctionnalité et de continuité écologique Espèces invasives : export de terre limité et traitement dans une filière adaptée, suivi des espèces invasives par un écologue de chantier		**<u>Compensation amphibiens :</u>** Création d'une mare prairiale et participation à la restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (AEV)

1.10.2 Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Coûts des mesures concernant la Faune, la flore et les habitats naturels

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
	Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires	**Estimation chiffrée des coûts**
Mesures générales		
Formation obligatoire du personnel de chantier	À intégrer à la mission du Coordinateur environnemental	-
Éviter la prolifération d'espèces invasives	Décapage et mise en dépôt, ou évacuation de la terre végétale (sans traitement) : 3 à 4 euros le m3 Ensemencement d'espèces rustiques et locales : 1 à 2 euros le m²	Pas de données relatives aux volumes des déblais
Remise en état du sol après travaux	Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m3 Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m3 Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m3 Plantations : dépendant des essences sélectionnées	La plupart des infrastructures sont situées en contexte urbain Dépend du volume exporté
Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels et élaboration d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles	- Bassin de décantation provisoire : 20 à 35 € par m² - Fossé provisoire de collecte : 2 à 3 € par ml - Imperméabilisation par géomembrane : 8 à 10 € par m²	S'agissant du plan de lutte contre les pollutions accidentelles, il convient de se référer à la partie milieu physique superficiel.
Balisage de l'emprise du chantier	<u>Coût du balisage :</u> - Rubalise entre 15€ le rouleau de 500 m (rubalise simple) et 32€ le rouleau de 250 m (rubalise biodégradable et personnalisable) - Grillage plastique : de 48 à 58 € les 50 m en fonction de l'épaisseur - Cordage - Piquets : 15 à 30 € les 10 (un piquet tous les 3-4 mètres environ) <u>Coût des clôtures</u> : - clôtures à mailles fines pour petite faune : 15 à 20 € par mètre linéaire	Intégré dans le programme de conception
Adapter le calendrier des travaux	Pas de coût associé. Il convient de l'intégrer au plus tôt au programme de travaux et à la mission du maître d'œuvre lors de la planification du chantier.	À intégrer dans le programme de conception
Ne pas éclairer le chantier la nuit	Le coût de cette mesure est difficilement estimable. Il apparait vraisemblablement comme négatif, puisqu'il permet une économie d'énergie.	-
Mesures spécifiques		
Déplacement d'individus en amont de la phase chantier et comblement des milieux de reproduction	Intervention de l'écologue à intégrer à la mission du coordinateur environnemental Barrières anti-retour : 20 € / ml environ (variable selon matériel choisi) Prestation de déplacement des individus d'amphibiens : coût variable selon le prestataire choisi -	Coût variable selon le prestataire choisi pour le déplacement
Mise en place de barrières anti-retour pour les amphibiens	Barrières anti-retour : 20 € / ml environ (variable selon matériel choisi)	**50 000 €** (pour 2,5 km de barrière)

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
	Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires	**Estimation chiffrée des coûts**
Rendre la zone de travaux peu attractive	A intégrer dans le programme de travaux	Pas de surcoût
Précaution à prendre pour de l'abattage d'arbre	A réaliser dans le cadre du suivi de chantier par un écologue	Pas de surcoût estimé si intégré suffisamment en amont des travaux
Réaliser des caches de substitution pour la petite faune	Intervention de l'écologue à intégrer à la mission du coordinateur environnemental Plaque à reptiles : 5€ / m² Caches de substitution de type tas de pierres, de branchage, etc. : pas de surcoût	Variable selon le choix des caches de substitution
Mise en place d'une capture/déplacement des individus d'orthoptères en amont de la phase chantier puis fauche et terrassement des habitats d'espèces	Passage d'écologue pour la capture et le déplacement : environ 500 €	**4 500 €** pour 9 passages (3 passages par site)
Mise en place de murets en pierres sèches	Muret en pierres sèches : 100 € / ml environ	Variable suivant la longueur réalisée
Mesures de compensation		
Création d'une toiture végétalisée constituée de friches herbacées et arbustives (1,3 ha) en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny	Création d'habitats favorables aux insectes. Coût intégré dans le programme de travaux	A intégrer au programme de travaux
Mesure de compensation sur la forêt de Célie (Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares dans le bois de Célie (10 ha d'habitats terrestres))	Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares forestières : 36 000 € Conception, réalisation et installation d'un panneau d'information à l'attention du public : 6 000 € Entretien sur 30 ans : 7 000 €	**49 000 €**
Mesure de compensation sur la forêt d'Etrechy (AEV) (restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques, dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis et pelouses sur rocheur calcaréo-siliceux)	Restauration d'habitats favorables aux insectes et à la Linotte mélodieuse : 15 000 € Entretien sur 30 ans : 25 000 €	**40 000 €**
Assistance pour la définition des conditions nécessaires à la mise en œuvre de berges en pentes douces favorables à l'alimentation du Faucon hobereau et création de ces berges	Non évalué à ce stade	Non évalué à ce stade
Mesure de suivi		
Suivi de la nidification du Faucon hobereau	Trois expertises de terrain par un écologue : 1 800 € Rapport de synthèse : 500 €	**2 300 €**
Suivi de l'ensemble des populations d'espèces protégées et patrimoniales	20 journées de terrain par un écologue : 12 000 € Rapport de synthèse : 2 000 €	14 000 € par année de suivi, soit un total de **98 000 €**

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
	Détails pratiques et financiers de la mesure et comment aires	Estimation chiffrée des coûts
Suivi complémentaires des populations d'insectes déplacées	3 journées de terrain par an par un écologue sur les 3 sites concernés par des opérations de déplacement : 1 800 € Rapport de synthèse : 500 €	**4 600 €**
Suivi sur 30 ans de la mesure de restauration d'habitats de friche favorables aux insectes et à la Linotte mélodieuse sur la forêt d'Etrechy	Suivi à long terme de la mesure : 10 000 €	**10 000 €**
Suivi sur 30 ans de la mesure de création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares dans le bois de Célie (10 ha d'habitats terrestres)	Suivi à long terme de la mesure : 10 000 €	**10 000 €**
Suivi écologique du chantier	Mise en place d'un PRE (plan de Respect de l'Environnement) et SOPRE (Schéma Organisationnel du PRE), suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au Document de Consultation des Entreprises de travaux Suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j <u>Coût du suivi de chantier :</u> - Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux : coût approximatif : au minimum 50 000 € pour l'assistance à MOE lors de la planification du chantier et entre 10 à 20 k€ HT / an en sus des autres prestations de suivis - Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois ou selon une fréquence adaptée aux risques potentiels des opérations à mener	Suivi écologue = 25 000 €

1.11 Boisements au sens du Code forestier

1.11.1 Méthodologie d'évaluation des niveaux d'impact

Chaque impact est caractérisé selon son type (direct, indirect) et sa durée (temporaire, permanent).

Un projet peut présenter deux types d'impacts :

- **des impacts directs** : ils se définissent par une interaction directe avec l'élément considéré (espèce, habitat naturel, topographie, etc.).
- **des impacts indirects** : ils se définissent comme les conséquences secondaires liées aux impacts directs du projet et peuvent également se révéler négatifs ou positifs.

A cela s'ajoute le fait qu'un impact peut se révéler temporaire ou permanent :

- l'**impact** est **temporaire** lorsque ses effets ne se font ressentir que durant une période donnée (la phase chantier par exemple) ;
- l'**impact** est **permanent** dès lors qu'il persiste dans le temps et peut demeurer immuable.

La quantification de l'impact potentiel du projet (et plus spécifiquement des opérations de défrichement induites par le projet) est basée sur le croisement de plusieurs critères fonction des thématiques considérées. Ces critères sont présentés dans chacune des thématiques correspondantes.

1.11.2 Synthèse des surfaces de boisements défrichées

Tableau de synthèse des surfaces de boisements soumis au Code forestier défrichées

Boisement	Commune	Superficie totale du boisement	Ouvrage concerné	Superficie impactée par l'emprise chantier
Boisement du Fort de Vanves	Malakoff	0,95 ha	Ouvrage annexe 2001P	959 m²
Boisement de Bry-Villiers-Champigny	Villiers-sur-Marne	0,57 ha	Gare de Bry-Villiers-Champigny	5 691 m²
Boisement du SMR de Champigny	Champigny-sur-Marne	1,04 ha	SMR de Champigny	4 942 m²
Boisements de Noisy-Champs	Noisy-le-Grand /Champs-sur-Marne	8,12 ha	Gare, avant-gare et arrière-gare de Noisy-Champs	57 725 m²
TOTAL		**10,68 ha**	**-**	**69 317 m² (6,9 ha)**

1.11.3 Impacts et mesures d'évitement et de réduction à l'échelle du fuseau d'étude

1.11.3.1 Impacts sur le climat

A l'échelle du projet, les travaux de défrichement portent sur moins de 7 ha. A l'échelle de chacune des opérations de défrichement (opérations de défrichement inférieures à 1 ha à l'exception de Noisy-Champs), le taux d'humidité dans l'air ne sera pas sensiblement modifié suite à une diminution du phénomène d'évapotranspiration du boisement.

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.

L'impact résiduel du projet sur le climat (impact indirect, permanent et à court terme) est donc considéré comme négligeable à l'échelle régionale et locale et nul à l'échelle macrosystémique.

1.11.3.2 Impacts sur la topographie

Les opérations de défrichement sur l'ensemble des boisements considérés ne sont pas de nature à modifier la topographie du terrain naturel.

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.

L'impact résiduel du défrichement sur la topographie (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme négligeable.

1.11.3.3 Impacts sur les sols

Les opérations de défrichement nécessiteront l'utilisation d'engins sylvicoles de fort tonnage qui pourraient être à l'origine d'une perturbation de la structure des sols notamment par tassement. Toutefois, le défrichement porte sur des bois qui ne font l'objet d'aucune exploitation forestière. En conséquence, le défrichement et la réutilisation des sols par les emprises du projet ne génèreront pas de perte de sols à valeur forestière.

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.

L'impact résiduel du défrichement par dégradation de la structure des sols (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme nul.

1.11.3.4 Impacts sur les eaux superficielles et souterraines

En ce qui concerne les eaux superficielles, la mise à nu des sols liée aux travaux de défrichement augmentera la vitesse et le volume des eaux de ruissellement. En ce qui concerne la concentration en matières en suspension (M.E.S), celle-ci est liée à la pente d'un terrain. En raison de la topographie des terrains concernés, la concentration en M.E.S sera négligeable.

Ce n'est pas tant l'opération de défrichement que les moyens utilisés (circulation des engins notamment) pour réaliser ce défrichement qui sont susceptibles de générer un risque de pollution accidentelle (fuites d'hydrocarbures ou d'huiles, rejet de matières en suspension, etc.). Cette

pollution accidentelle provenant du matériel utilisé peut également être à l'origine d'un impact sur les eaux souterraines.

Afin de réduire au maximum les risques de pollutions accidentelles, l'entretien, la réparation et le ravitaillement des engins de chantier se feront exclusivement sur des zones réservées à cet effet et disposant de systèmes de récupération des eaux souillées pour être évacuées et traitées.

En cas de pollution accidentelle au moment des travaux sur le chantier lui-même, les mesures seront immédiatement prises pour confiner cette pollution : (1) prélèvement et isolement des terres souillées et (2) récupération des eaux de ruissellement dirigées vers des bacs de rétention spécifiques, ou dans l'ouvrage de traitement de la pollution chronique si celui-ci est atteint.

Compte tenu des faibles superficies à défricher, du nombre réduit d'engins sylvicoles nécessaires, des courtes périodes d'intervention et des mesures mises en œuvre, **l'impact résiduel du défrichement sur les eaux superficielles et souterraines (impact direct, temporaire et à court terme) est considéré comme faible à modéré.**

1.11.3.5 Impacts sur les risques majeurs naturels (mouvement de terrain, incendies, état phytosanitaire des végétaux)

a. Impact sur le risque d'érosion (mouvement de terrain)

Le système racinaire des arbres maintient le sol en place. La mise à nu du sol sera à l'origine d'une augmentation de la vitesse des eaux de ruissellement. Les risques d'érosion du sol seront donc accrus par les travaux de défrichement. Toutefois, les superficies concernées et la morphologie des terrains relativement plane au droit des boisements les rendent naturellement peu sensibles à ce phénomène d'érosion. Seul le boisement du SMR de Champigny est localisé sur un terrain présentant une déclivité depuis la rue de Bernaü vers la rue Benoît Frachon. Toutefois, cette déclivité est plus importante sur les terrain localisés au nord du boisement et décroit en direction du boisement concerné par les travaux.

Ces risques d'érosion restent par ailleurs temporaires au niveau des futures emprises des ouvrages du projet (ouvrages annexes, gares et sites de maintenance) puisque les opérations de terrassement succèderont à celles du défrichement et participeront à compacter le substrat.

Afin de réduire au maximum les impacts liés à la mise à nu des sols, les secteurs non concernés par de futures emprises projet seront pour la plupart vouées à être paysagées et donc végétalisées ce qui annihilera les risques d'érosion.

L'impact résiduel du défrichement sur l'érosion des sols (impact direct, temporaire et à court terme) est donc considéré comme négligeable sur les boisements du Fort de Vanves, de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny. A Noisy-Champs, l'impact du défrichement sur l'érosion des sols (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible en raison du maintien à nu des sols à l'issue des travaux.

b. Impact sur le risque d'incendie

Les travaux de défrichement, en tant qu'intervention humaine et mécanisée, sont susceptibles d'augmenter le risque d'incendie. Toutefois, les opérations de défrichement seront réalisées sur de courtes périodes en raison des faibles surfaces concernées par ces travaux. Par ailleurs, les données météorologiques, issues de la station Météo-France de Paris-Montsouris montrent que, sur cette station, les vents sont relativement faibles puisque les vents de sud-ouest et les vents de nord-est dont la vitesse est inférieure à 4,5m/s sont dominants. Les vents dont la vitesse est supérieure à 8m/s sont quasiment absents.

Par ailleurs, et afin de réduire au maximum les risques d'incendie, les travaux de défrichement seront réalisés à l'automne ou en hiver.

L'impact résiduel du défrichement sur les risques incendie (impact direct, temporaire et à court terme) est considéré comme négligeable.

c. Impact sur l'état phytosanitaire des végétaux

Les poussières émises seront limitées aux périodes de défrichement. Les particules émises sont susceptibles d'obstruer les stomates des végétaux alentours. Toutefois, en raison des faibles superficies à défricher, la quantité de particules émise devrait être limitée et éliminée lors des premières pluies importantes consécutives aux travaux de défrichement.

Dans la mesure du possible, le bois ne sera pas broyé sur place de manière à limiter au maximum les émissions de poussières.

L'impact résiduel du défrichement sur l'état phytosanitaire des végétaux, lié à l'émission de poussières (impact indirect, temporaire et à court terme), est donc considéré comme faible.

Par ailleurs, les précautions seront prises afin que le passage des véhicules écrase le moins possible les racines et évite de donner des chocs aux arbres appelés à être conservés en limite des zones de défrichement. Le boisement de Bry-Villiers-Champigny, intégralement voué à être défriché, n'est pas concerné par cet impact.

Afin de réduire au maximum cet impact, un balisage des arbres voués à être défrichés sera réalisé en amont du démarrage des travaux de défrichement.

L'impact résiduel du défrichement sur l'état phytosanitaire des végétaux (impact indirect, temporaire et à court terme) est considéré comme faible.

1.11.3.6 Impacts sur les milieux naturels

Les travaux de défrichement seront à l'origine de la destruction de boisements neutrophiles de type Chênaie-Charmaie et de boisements nitrophiles pionniers. Le tableau ci-dessous synthétise les superficies défrichées par type de peuplement forestier.

Tableau de synthèse des surfaces de boisements défrichées en fonction du type de peuplement forestier

Type de peuplement forestier	Boisements	Essence(s) forestière(s) majoritaire(s)	Superficie totale par type de peuplement forestier	Surface du défrichement et pourcentage par rapport à la superficie totale
Boisements neutrophiles de type Chênaie-Charmaie	Noisy-Champs (partie sud)	Bouleau, Frêne, Chêne sessile, Frêne, Charme, Tilleul, Noisetier, Erable champêtre	6,6 ha	4,2 ha (soit 65% des boisements de type chênaie-charmaie présents à l'échelle du projet)
Boisements nitrophiles pionniers	Boisement du Fort de Vanves	Tilleul, Frêne	2,6 ha	2,7 ha (soit 65 % des boisements de type boisements nitrophiles pionniers présents à l'échelle du projet)
	Boisement de Bry-Villiers-Champigny	Frêne		
	Boisement du SMR de Champigny	Frêne, Merisier, Orme		
	Boisement de Noisy-Champs (partie nord)	Bouleau, Frêne, Chêne sessile, Charme, Tilleul, Noisetier, Erable champêtre, Chêne pédonculé, Merisier	1,5 ha	
TOTAL			**10,7 ha**	**6,9 ha**

Les superficies vouées à être défrichées sont significatives à l'échelle des boisements soumis au Code forestier (environ 65 % des boisements neutrophiles de type chênaie-charmaie et 65 % des boisements nitrophiles pionniers). Toutefois, les boisements nitrophiles pionniers sont une forme rudérale de boisements anthropisés par les activités humaines qui ne présentent pas d'enjeux de conservation. Les boisements neutrophiles de type Chênaie-Charmaie présentent, eux, une valeur patrimoniale plus importante.

Aucune espèce végétale inféodée aux boisements voués à être défrichés n'est patrimoniale ou protégée.

La zone de chantier ayant été définies au strict nécessaire, les emprises de défrichement ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

L'impact résiduel du défrichement sur les habitats et sur la flore (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme modéré pour le boisement de Noisy-Champs et faible pour l'ensemble des autres boisements.

1.11.3.7 Impacts sur les milieux naturels, la faune et la flore liés aux zonages du patrimoine naturel

Les boisements identifiés au sein du fuseau d'étude et voués à être défrichés dans le cadre du projet ne sont concernés par aucun zonage lié au patrimoine naturel.

L'impact résiduel du défrichement sur les zonages du patrimoine naturel (impact indirect, permanent et à court terme) est donc nul.

1.11.3.8 Impacts sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles

Les boisements voués à être défrichés dans le cadre du projet ne font l'objet d'aucune exploitation forestière.

L'impact résiduel du défrichement sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles (impact indirect, permanent et à court terme) est donc nul.

1.11.3.9 Impacts sur les risques majeurs industriels et technologiques

Les boisements identifiés au sens du Code forestier ne sont pas localisés à proximité d'installations industrielles dites « à risques » (ICPE hors Seveso et ICPE SEVESO).

L'impact résiduel du défrichement sur les risques majeurs industriels et technologiques (impact indirect, permanent et à court terme) est donc nul.

1.11.3.10 Impacts sur le tourisme et les loisirs

Aucun des boisements voués à être défrichés n'est à l'origine d'activités touristiques ou de loisirs. Ils sont pour la plupart inaccessibles (boisements clôturés ou occupés par des gens du voyage).

Par ailleurs, aucune activité cynégétique n'est associée aux boisements voués à être défrichés.

L'impact résiduel du défrichement sur le tourisme et les loisirs (impact indirect, permanent et à court terme) est donc faible à négligeable.

1.11.4 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du Fort de Vanves

1.11.4.1 Impacts sur la faune

Parmi les espèces forestières identifiées lors des expertises de terrain, seul le cortège d'oiseaux des parcs et jardins est présent au niveau du boisement du Fort de Vanves. Toutefois, l'ensemble de ces espèces sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale. Par ailleurs, les surfaces à défricher (0,1 ha) sont limitées au regard des habitats de reports qui existent à proximité pour les espèces concernées.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement du fort de Vanves. La période de nidification est une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières sont protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

L'impact résiduel du défrichement sur la faune (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible.

1.11.4.2 Impacts sur les continuités écologiques

Le boisement du Fort de Vanves ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional.

L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme négligeable.

1.11.4.3 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel

Dans le secteur du boisement du Fort de Vanves, les pentes sont douces et les anciennes terrasses alluviales accueillent un tissu résidentiel et collectif dense pourvu de rares espaces verts dont fait partie le boisement considéré. L'emprise chantier liée à l'ouvrage annexe du Fort de Vanves est limitée à l'extrémité nord du boisement. Par ailleurs, des opérations de réaménagement permettront d'intégrer cet ouvrage réduit en surface dans le contexte urbain dans lequel il se situe.

L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible.

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme nul.**

1.11.5 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Bry-Villiers-Champigny

1.11.5.1 Impacts sur la faune

Parmi les espèces forestières identifiées lors des expertises de terrain, seul le cortège d'oiseaux des milieux boisés et ouverts est présent au niveau du boisement de Bry-Villiers-Champigny. Toutefois, l'ensemble de ces espèces sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale. Par ailleurs, les surfaces à défricher (0,6 ha) sont limitées au regard des habitats de reports qui existent à proximité pour les espèces concernées.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement de Bry-Villiers-Champigny. La période de nidification est une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières sont protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

L'impact résiduel du défrichement sur les oiseaux (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible.

1.11.5.2 Impacts sur les continuités écologiques

Le boisement de Bry-Villiers-Champigny ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional. Toutefois, il participe, avec le boisement du SMR de Champigny, à une liaison dite d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite couronne (SRCE Ile-de-France). Le défrichement de ce boisement conduira donc à une réduction de la fonctionnalité de la liaison à laquelle il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible à modéré.

1.11.5.3 Impacts par propagation d'espèces végétales invasives

Une espèce végétale invasive a été identifiée à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit d'une station de Robinier Faux Acacias. Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de cette espèce.

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de cette espèce, la station considérée fera l'objet d'une délimitation en amont des travaux de défrichement. Cette action se fera en présence d'un expert écologue.

L'impact par propagation d'espèces végétales envahissantes (impact indirect, permanent, à court terme) est considéré comme négligeable.

1.11.5.4 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel

Le boisement de Bry-Villiers-Champigny est aujourd'hui occupé par des gens du voyage et ne présente pas d'intérêt paysager. Par ailleurs, la gare de Bry-Villiers-Champigny prend place dans un contexte urbain qui favorise son insertion paysagère. Des opérations de réaménagement permettront d'intégrer cette gare dans le contexte urbain dans lequel il se situe.

L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme négligeable.

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme nul.**

1.11.6 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement du SMR de Champigny

1.11.6.1 Impacts sur la faune

Parmi les espèces forestières identifiées lors des expertises de terrain, seul le cortège d'oiseaux des milieux boisés est présent au niveau du boisement du SMR de Champigny. Toutefois, l'ensemble de ces espèces sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale. Par ailleurs, les surfaces à défricher (0,5 ha) sont limitées au regard des habitats de reports qui existent à proximité pour les espèces concernées.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement du SMR de Champigny. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières étant protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

L'impact résiduel du défrichement sur les oiseaux (impact direct, permanent et à court terme) est donc considéré comme faible.

1.11.6.2 Impacts sur les continuités écologiques

Le boisement du SMR de Champigny ne participe pas aux continuités écologiques d'intérêt régional. Toutefois, il participe, avec le boisement de Bry-Villiers-Champigny, à une liaison dite d'intérêt écologique à l'échelle de Paris et de la Petite couronne (SRCE Ile-de-France). Le défrichement de ce boisement conduira donc à une réduction de la fonctionnalité de la liaison à laquelle il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

La zone de chantier ayant été définies au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible à modéré.

1.11.6.3 Impacts sur les zones humides

Le boisement du SMR de Champigny a partiellement été identifié comme zone humide à faible enjeu en raison de sa fonctionnalité réduite. Les travaux de défrichement conduiront donc à une destruction partielle de la zone humide considérée.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact. Dans ce contexte et malgré le faible enjeu porté par cette zone humide, elle fera l'objet d'une mesure compensatoire détaillée dans le chapitre relatif aux zones humides.

L'impact résiduel par destruction partielle de la zone humide du boisement du SMR de Champigny (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible à modéré.

1.11.6.4 Impacts par propagation d'espèces végétales invasives

Deux espèces végétales invasives ont été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et du Buddléia de David. Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de ces espèces.

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement (par exemple à l'aide de semences d'espèces herbacées locales) pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

L'impact par propagation d'espèces végétales envahissantes (impact indirect, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible.

1.11.6.5 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel

Le projet du SMR de Champigny prend place au sein d'une zone d'activité occupée par des locaux commerciaux. Il est bordé au Sud par le parc Départemental du Plateau et ses jardins familiaux et à l'Est par un second espace boisé public.

Malgré le contexte urbain dans lequel se situe le SMR, une attention particulière a été portée vis-à-vis de l'insertion du bâtiment dans le site. En effet, les dimensions du site (plus de 80 hectares) engagent des enjeux de nivellement et de traitement fin des espaces extérieurs.

Dans ce contexte, l'emprise du chantier sera occultée dans la mesure du possible avec des palissades. En phase exploitation, un traitement paysager des abords du SMR sera mis en place en cohérence avec le contexte paysager. La figure ci-dessous présente une vue 3D de l'intégration paysagère étudiée.



Vue 3D du SMR de Champigny en phase exploitation

L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme négligeable.

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme nul.**

1.11.7 Impacts et mesures d'évitement et de réduction spécifiques au boisement de Noisy-Champs

1.11.7.1 Impacts sur la faune

A l'issue des expertises de terrain, le cortège d'oiseaux des milieux boisés ainsi que plusieurs espèces d'amphibiens ont été identifiées au niveau du boisement de Noisy-Champs.

a. Avifaune

En ce qui concerne les oiseaux, seul le cortège d'oiseaux des milieux boisés est présent au niveau du boisement de Noisy-Champs. Toutefois, l'ensemble des espèces présentes sont relativement communes et non menacées à l'échelle régionale.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

En ce qui concerne les individus, plusieurs espèces nichent au niveau du boisement de Noisy-Champs. La période de nidification s'avère être une période critique pour les œufs et les nichées car ils sont particulièrement exposés. Bien que les espèces concernées soient communes, ces dernières sont protégées, il est notamment interdit de détruire les individus, nids et couvées.

Dans ce contexte, la période des travaux de défrichement sera adaptée aux sensibilités de l'avifaune. Ces travaux seront donc réalisés en dehors de la période favorable à la reproduction, c'est-à-dire en automne/hiver.

L'impact résiduel du défrichement sur les oiseaux (impact direct, permanent et à court terme) est considéré comme faible.

b. Amphibiens

Concernant les amphibiens, les travaux de défrichement liés à la construction de la gare de Noisy-Champs seront à l'origine d'une diminution des habitats d'hivernage disponibles pour les espèces identifiées lors des expertises de terrain (Triton alpestre, Triton crêté, Triton ponctué et Grenouille agile). Toutefois, une partie non négligeable du boisement est conservée dans le cadre du projet.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

L'impact résiduel par destruction/dégradation des habitats d'hivernage en phase chantier (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme modéré.

Par ailleurs, les mares forestières présentes dans le boisement voué à être défriché seront également détruites lors de la phase chantier. Parmi ces mares, la première, située le plus au nord, est un lieu de reproduction pour le Triton ponctué. Cette mare est toutefois dégradée en raison de la présence récente de gens du voyage à proximité immédiate. La deuxième mare, située au sud du boisement, accueille quatre espèces d'amphibiens (Grenouille agile, Triton alpestre, Triton crêté et Triton ponctué). Cette mare est toutefois aujourd'hui naturellement menacée d'atterrissement.

La zone chantier a été définie au strict nécessaire et un travail de réduction de cette emprise a été mené afin d'éviter la mare concernée par la présence d'amphibiens. Toutefois, les modalités techniques de construction n'ont pas permis de réduite davantage l'emprise chantier.

L'impact résiduel par destruction des habitats de reproduction en phase chantier (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme modéré pour la Grenouille agile, le Triton alpestre, le Triton crêté et le Triton ponctué.

Enfin, les emprises chantier étant situées au sein des habitats d'hivernage et de reproduction, un impact par destruction d'individus d'amphibiens existe.

Dans ce contexte, un processus de capture/déplacement des individus de Grenouille agile, de Triton alpestre, de Triton ponctué et de Triton crêté en amont de la phase chantier sera mis en place. Cette mesure permettra de limiter la mortalité des populations présentes.
Par ailleurs, des barrières anti-retour seront mise en place autour des emprises chantier et en amont du démarrage des travaux.

L'impact résiduel par destruction d'individus en phase chantier (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme faible pour le Triton crêté, le Triton alpestre, le Triton ponctué et la Grenouille agile. Il est considéré comme négligeable pour le Crapaud commun et la Grenouille verte, espèces non présentes au sein du boisement de Noisy-Champs (mais à proximité, dans le parc de la Butte Verte).

1.11.7.2 Impacts sur les continuités écologiques

Le boisement de Noisy-Champs participe à un corridor arboré d'intérêt régional (SRCE Ile-de-France). Ce dernier, identifié comme à fonctionnalité réduite, relie les massifs boisés à proximité du parc de la Butte Verte (bois Saint Martin, bois de la Grange et bois de Grâce notamment) au bois de Vincennes. Les autres boisements ne sont pas considérés comme des entités participant aux continuités écologiques d'intérêt régional. Le défrichement de ce boisement conduira à une réduction de la fonctionnalité du corridor auquel il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement.

La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure ne pourra être mise en œuvre pour réduire cet impact.

L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme modéré.

1.11.7.3 Impacts par propagation d'espèces végétales invasives

Deux espèces végétales invasives ont été identifiées au sein et à proximité de l'emprise chantier. Il s'agit du Robinier Faux Acacias et de la Renouée du Japon. Les opérations de défrichement et la mise à nu du sol peuvent favoriser la propagation de ces espèces, notamment celle de la Renouée du Japon dont la dynamique de propagation est plus importante.

Dans ce contexte et afin de réduire au maximum les risques de propagation de ces espèces en phase chantier (notamment lors de l'exportation des gravats et surtout de la terre végétale), l'export de terre et de gravats sera évité au maximum et les résidus seront traités par une filière adaptée. Les emprises chantier de Noisy-Champs ne faisant pas l'objet d'une opération de réaménagement, les surfaces mises à nu ne seront pas revégétalisées. Dans ce contexte, un suivi sera réalisé par un écologue de terrain pour contenir voire gérer au maximum les repousses.

L'impact par propagation d'espèces végétales envahissantes (impact indirect, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible à modéré.

1.11.7.4 Impacts sur le paysage et le patrimoine culturel

Le boisement de Noisy-Champs est en partie occupé par des gens du voyage et se situe dans un contexte urbain. Par ailleurs, la gare de Noisy-Champs prend place dans un contexte urbain qui favorise son insertion paysagère. Toutefois, les emprises chantier liées à la construction de la gare ne seront pas réaménagées après travaux en raison de l'existence d'un programme d'aménagement plus vaste et piloté par un autre opérateur.

L'impact résiduel sur le paysage (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme faible à modéré.

Par ailleurs, le boisement n'est pas situé à proximité d'un monument du patrimoine culturel. **L'impact résiduel sur le patrimoine culturel (impact direct, permanent, à court terme) est considéré comme nul.**

1.11.8 Mesures de compensation concernant les boisements

6,9 ha de boisements vont être défrichés pour débuter les travaux de la Ligne 15 Sud.

Dans ce contexte, des mesures de compensation seront mises en œuvre. Le détail de ces mesures de compensation est en cours de concertation entre les différents organismes concernés. La compensation s'oriente notamment sur la mise en œuvre d'opérations d'enrichissement par plantation en ligne ou en nid à proximité du fuseau de la Ligne 15 Sud, pour un montant équivalent calculé sur la base d'une superficie d'hectare "objectif".

L'Office national des forêts (ONF) est identifié pour porter la réalisation de ces opérations, dans l'objectif de permettre l'identification des actions conduites et de les rendre accessibles aux usagers du Grand Paris Express et habitants concernés par le défrichement.

L'identification de deux secteurs pertinents pour ces opérations de reboisement est en cours de finalisation avec l'ONF. Les secteurs cohérents avec des enjeux pour les continuités écologiques et les milieux humides forestiers sont favorisés.

1.11.9 Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement précisées dans ce chapitre sont communes à d'autres thématiques. Les coûts liés à ces mesures y sont détaillés dans chacun des paragraphes correspondants. A noter que les principaux coûts seront liés au réaménagement des emprises après travaux.

1.11.10 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux boisements

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – Boisements au sens du Code forestier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence du boisement du **Fort de Vanves**	Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration	-
		Impact négligeable sur la topographie	-
		Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement	-
		Impact faible à modéré par pollutions accidentelles	Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet. Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle.
		Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie	-
		Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux	Limitation du broyage du bois sur place. Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux.
		Impact faible sur les habitas, la flore et la faune	-
		Impact négligeable sur les continuités écologiques	-
		Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles	-
		Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques	-
		Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs	-
		Impact faible sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel	Réaménagement après travaux.
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Vitry centre à Champigny Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet : - boisement de **Bry Villiers Champigny** - boisement du **SMR de Champigny** - boisement de **Noisy-Champs**	Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration	-
		Impact négligeable sur la topographie	-
		Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement	-
		Impact faible à modéré par pollutions accidentelles	Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet. Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle.
		Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie	-
		Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux	Limitation du broyage du bois sur place. Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux.
		Impact faible sur les habitas et la flore pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny à modéré à Noisy-Champs	-
		Impact faible sur la faune pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny et modéré à Noisy-Champs	Adaptation de la période de défrichement aux sensibilités de l'avifaune. Mise en œuvre d'un processus de capture/déplacement des individus de Grenouille agile, de Triton alpestre, de Triton ponctué et de Triton crêté en amont de la phase chantier (Noisy-Champs). Mise en place de barrières anti-retour (Noisy-Champs).
		Impact faible à modéré sur les continuités écologiques	-
		Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles	-
		Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques	-
		Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs	-
		Impact faible à modéré sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel	Réaménagement après travaux au niveau des boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny.

1.12 Natura 2000

L'objectif de cette partie est de caractériser les interactions possibles du projet sur les sites Natura 2000 à proximité du fuseau d'étude. **Le projet, prévu en souterrain en totalité, ne prévoit pas d'implantation d'ouvrage, de gare ou de base de chantier en site Natura 2000**. Il est localisé dans un contexte urbain et péri-urbain et le site Natura 2000 le plus proche est la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis », dont l'entité la plus proche est le parc de la Haute-Ile (moins de 1 km de la zone d'étude).

Rappel : l'évaluation des incidences au titre de Natura 2000 s'intéresse uniquement à l'incidence d'un projet sur les espèces ayant permis la désignation du site. Les impacts du projet sur les autres espèces sont traités dans le volet faune-flore-milieux naturels de l'étude d'impact.

1.12.1 Présentation du site Natura 2000 le plus proche

Le Réseau Natura 2000 comprend des sites naturels contenant des habitats et des espèces d'importance européenne en application des directives européennes 79/409/CEE dite Directive « Oiseaux » et 92/43/CEE modifiée dite Directive « Habitats ».

Il s'agit des propositions de Sites d'Intérêt Communautaire (pSIC), des Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) et des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) de la Directive 92/43/CEE modifiée, dite Directive « Habitats », et des Zones de Protection Spéciales (ZPS) de la Directive 79/409/CEE, dite Directive « Oiseaux ».

Les projets, dans ou hors site Natura 2000, doivent faire l'objet d'une évaluation de leurs incidences dès lors qu'ils sont susceptibles d'avoir un impact notable sur les habitats ou les espèces d'intérêt communautaire d'un site Natura 2000. Ces zones Natura 2000 font l'objet d'une réglementation particulière au titre du Code de l'environnement, art. R414-19 : « *Sauf mention contraire, les documents de planification, programmes, projets, manifestations ou interventions listés au I sont soumis à l'obligation d'évaluation des incidences Natura 2000, que le territoire qu'ils couvrent ou que leur localisation géographique soient situés ou non dans le périmètre d'un site Natura 2000.* »

Ainsi, une analyse des sites Natura 2000 5km autour du fuseau d'étude permet d'apprécier la situation du projet vis-à-vis de ces espaces remarquables pour les milieux naturels.

Le site Natura 2000 le plus proche se situe à moins de 1km du fuseau d'étude sur l'extrémité est. Il s'agit du Parc Départemental de la Haute Ile. Les autres sites les plus proches se situent à environ 5km avec le parc intercommunal du Plateau d'Avron et la Promenade de la Dhuis.

Ces sites sont intégrés à la ZPS « FR1112013 - Sites de Seine-Saint-Denis », de la directive « Oiseaux ».

La Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR 1112013 « Sites de Seine-Saint-Denis » est constituée de 15 entités, réparties sur le territoire du département de Seine-Saint-Denis (93), et une petite partie sur le département du Val d'Oise (95). Cette ZPS s'étend sur 20 communes, soit la moitié des villes du département de Seine-Saint-Denis et couvre une superficie de 1 152 hectares.

Entités de la Zone de Protection Spéciale FR 1112013 « Sites de la Seine-Saint-Denis »

Entités	Superficie intégrée à la ZPS (ha)
Parc départemental du Sausset	187
Parc départemental Georges Valbon (anciennement Parc de la Courneuve)	312
Parc départemental de l'Ile-Saint-Denis	33
Bois de la Tussion	19
Parc forestier de la Poudrerie	123
Bois de Bernouille	39
Parc départemental de la Fosse Maussoin	27
Parc départemental Jean Moulin – Les Guilands	26
Parc communal des Beaumonts	25
Parc départemental de la Haute-Ile	73
Coteaux et plateau d'Avron	66
Coteaux de Coubron	82
Forêt régionale de Bondy	166
Bois de Chelles	22
Promenade la Dhuis	11

Source : DocOb « Sites de Seine-Saint-Denis »

1.12.2 Les entités de la ZPS à proximité du fuseau d'étude

Liste des entités de la ZPS « Sites de Seine Saint Denis »

Entités de la ZPS « Sites de Seine Saint Denis »	Situation par rapport au fuseau d'étude
Parc départemental de l'Ile-Saint-Denis	A plus de 20km
Parc départemental Georges Valbon	Plus de 15km
Parc départemental Jean-Moulin – Les Guilands	Plus de 5km
Parc départemental des Beaumonts	Plus de 4km
Parc départemental du Sausset	Plus de 10km
Futur parc intercommunal du Plateau d'Avron	Plus de 4km
Parc départemental de la Fosse Maussoin	Plus de 5km
Parc Forestier de la Poudrerie	A 10km
Bois de la Tussion	A 10km
Parc départemental de la Haute-Ile	**Moins de 1km**
Forêt régionale de Bondy	Plus de 5km
Promenade de la Dhuis – b-c	Plus de 5km
Coteaux de l'Aulnoye (comprenant Coteau de Coubron, Bois de Bernouille, Bois de Chelles, Promenade de la Dhuis – a)	Plus de 5km

Aucune entité de la ZPS n'est en interaction avec le projet. Toutefois, un focus particulier est fait sur le Parc départemental de la Haute Ile du fait sa présence aux abords du fuseau d'étude (à moins de 1km).

1.12.3 Incidences du projet en phase chantier

Le parc de la Haute Ile, situé à environ 1 km au nord-ouest du fuseau d'étude, fait l'objet d'une évaluation des incidences au titre de Natura 2000 en raison de sa proximité avec la gare de Noisy-Champs et de ses ouvrages annexes attenant.

Le projet ne prévoit pas d'implantation d'ouvrage, de gare ou de base de chantier sur le parc de la Haute Ile. Il n'y a donc pas d'incidence directe, temporaire ou permanente, par effet d'emprise.

Compte tenu de la proximité de ce parc et du fait que le projet sera réalisé entièrement en souterrain, les interactions hydrauliques potentielles entre les plans d'eau du parc et le projet ont été étudiées dans le détail. Il s'avère que les plans d'eau sont alimentés par les eaux souterraines provenant du piémont de la butte de l'Aulnoye, en amont du Canal de Chelles. La Marne constitue une barrière hydraulique, qui ne permet aucune alimentation en eau de la rive gauche de la Marne.

Le projet étant situé en rive gauche et n'étant pas concerné par une nappe d'eau au niveau des gares de Bry/Villiers/Champigny et de Noisy-Champs, il n'y a donc pas d'interaction et d'impact sur les milieux humides du parc de la Haute-Ile, et plus largement du site ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ».

Par ailleurs, les habitats présents à l'échelle du fuseau d'étude ne constituent pas le support de vie ou de refuge des espèces ayant permis la désignation du site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis ». Le contexte urbain du fuseau d'étude limite sa capacité d'accueil des espèces et habitats communautaires.

La phase chantier n'aura pas d'incidence sur le réseau hydrologique du parc de la Haute-Ile.

1.12.4 Incidences du projet en phase exploitation

Le projet n'augmentera pas l'accessibilité actuelle du parc, puisque ce dernier est en correspondance avec une gare existante, celle de Noisy-Champs.

Par ailleurs, compte tenu de la distance de ce site par rapport au projet, la phase exploitation du projet n'aura pas d'incidence sur le réseau hydrologiquede la Haute Ile.

1.12.5 Mesure de suivi

Aucune mesure de suivi n'est nécessaire pour ce site.

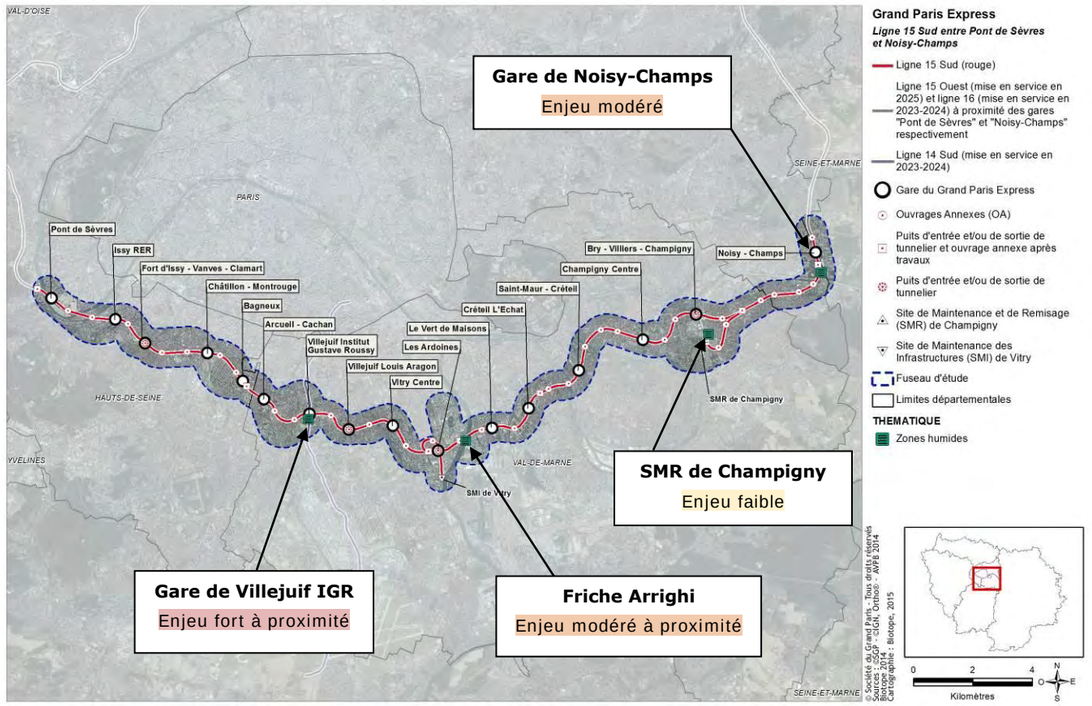
1.12.6 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux sites Natura 2000

Compte tenu de la distance par rapport au projet, du fait qu'aucun ouvrage ne soit prévu sur le site ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et de l'absence d'interaction hydraulique , le projet ne porte pas atteinte de façon notable aux objectifs de conservation du site Natura 2000.

1.13 Zones humides

1.13.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de zones humides

A l'issue de l'état initial fait sur les zones humides, seuls quatre secteurs présentent des zones humides. Il s'agit des secteurs d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, de la Friche Arrighi Vitry, du SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Champs.



1.13.2 Impacts et mesures sur les zones humides en phase chantier

Aucune zone humide n'est identifiée en dehors des secteurs d'aménagement présentés ci-avant. Ainsi, les impacts sur les zones humides sont nuls sur l'ensemble des secteurs d'aménagement autres que ceux précités.

Pour les secteurs d'aménagement concernés par la présence de zones humides, des impacts directs et indirects ont été identifiés sur la base des informations issues du chapitre précédent (localisation des ouvrages émergents, des emprises chantiers, des interventions sur site et de la temporalité).

1.13.2.1 Impacts et mesures générales

a. *Identification des impacts généraux*

L'installation de bases chantiers à proximité ou directement sur des zones humides peut avoir diverses conséquences directes sur leur fonctionnement :

- Le risque de pollution lié à la présence d'engins de chantier est aléatoire et difficilement quantifiable,
- Le risque de mortalité de la faune inféodée aux zones humides,
- Le risque de dérangement de la faune terrestre durant le chantier,
- Le risque de destruction de zones humides et de faune associée à proximité.

b. *Mesures générales d'évitement et de réduction*

Précautions et limitation des pollutions

Concernant les pollutions accidentelles, les contaminants et sources de pollution au sein des bases chantier seront éloignés au maximum des zones humides afin de limiter le risque de contamination directe par ruissellement des eaux superficielles. Le traitement des eaux de ruissellements, chargée en boue (terrassement, passage engins), en hydrocarbures devra également être réalisé afin de ne pas rejeter directement dans le milieu naturel. Les bases chantiers seront étanchéifiées couplé à un système de récupération des eaux qui débouchera sur un bassin de décantation. Ces eaux, une fois stockées et traitées, seront rejetées dans les réseaux collectifs/ acheminées par camions citernes en centre de traitement.

L'entreprise aura à charge la surveillance des conditions de stockage et de manipulation des produits toxiques et potentiellement dangereux. Il est par conséquent important de respecter quelques précautions élémentaires lors de la mise en place et de l'occupation du chantier, afin de prévenir le maximum de ces risques :

- Les bassins de dépollution, s'ils sont nécessaires, seront installés au niveau des aires de lavage, d'entretien et de stationnement des véhicules, qui devront se situer sur les aires de chantier étanches,
- Le ravitaillement des engins sera effectué sur les aires d'entretien, à l'aide de volucompteurs équipés de becs verseurs à arrêt automatique et éloignés des zones humides,
- Les opérations d'entretien des engins, réalisées dans tous les cas sur des aires étanches aménagées et munies d'installation de traitement des eaux résiduaires (aires étanches + déshuileur), ne seront pas effectuées à proximité des zones humides,
- Les produits dangereux et toxiques devront être éloignés des zones humides en cas de non utilisation, à l'abri du vent pour éviter l'envol et protégés de l'eau afin de limiter la solubilité ou le ruissellement sur les zones humides à proximité,
- En cas de pollution accidentelle, un dispositif de limitation de la pollution sera mis en place rapidement (matériaux d'absorption, barrage flottant, paillage, kit de dépollution, etc.),
- Les installations fixes seront équipées d'un dispositif de fosse étanche efficace récupérant les eaux usées.
- Les zones de stockage seront signalées vis-à-vis de la circulation avec une signalétique appropriée.

D'autre part, les grilles et avaloirs pour réception des eaux de ruissellement des voies et parkings, ou d'assèchement des fouilles, devront être conçus avec une décantation suffisante et un système de siphonage pour éviter les déchets légers ne soient entraînés dans les réseaux publics.

Enfin, la qualité des eaux usées rejetées du chantier devra respecter les contraintes liées aux valeurs limites de qualité des eaux rejetées. Des essais mensuels, sur un échantillon moyen de 24 h proportionnel au débit écoulé, permettront d'analyser la qualité des rejets. En outre, une convention de rejet des eaux usées pourra être signée entre l'entreprise, la Société du Grand Paris et le gestionnaire de réseau.

Suite à la mise en place de dispositifs de précautions et de limitation des pollutions, l'impact sur la faune et les zones humides est jugé comme faible.

Gestion des déchets

Les chantiers sont à l'origine de déchets qui peuvent accidentellement être déversés au niveau de zones humides.

La gestion des déchets devra être assurée rapidement et dans des conditions de stockage, de collecte et de traitement optimales en faisant appel si nécessaire à des entreprises agrées.

Les déchets seront récupérés, collectés puis traités dans les conditions adéquates. Un tri systématique des déchets sera effectué.

Quant aux déchets industriels spéciaux solides et liquides (bois traités, huiles, solvants, etc.), le tri sera effectué conformément à la réglementation en vigueur.

Au cas où, pour des raisons de manque de place, un tri sélectif ne peut pas être mis en place sur l'emprise chantier, l'entreprise devra avoir l'accord de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris pour qu'un tri équivalent soit effectué dans un centre de tri extérieur à la zone. L'entreprise fournira les justificatifs de ce tri.

L'impact par les déchets est considéré comme négligeable.

Adapter le calendrier des travaux

L'impact sur les zones humides est différents entre les différents ouvrages. Toutefois, afin de limiter la mortalité de la faune inféodée aux zones humides, les périodes les plus favorables à la reproduction des espèces seront écartées. **Le calendrier des travaux sera adapté** de telle sorte que les opérations de défrichement et/ou de terrassement commencent en dehors de la période de **nidification des oiseaux (mars-juin)** notamment **et respecteront les mesures prises dans le cadre du volet faune/flore .**

Limiter le dérangement de la faune (bruit, poussières)

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, les dérangements pour les espèces d'oiseaux sont déjà en partie existants. Les travaux accentueront la fréquentation au niveau des emprises chantier (utilisation et circulation d'engins de chantier sur l'aire d'étude) et par conséquent le dérangement de l'avifaune en période de reproduction. Toutefois les espèces concernées sont communes et adaptées à un contexte urbain.

Concernant l'émission de poussière, en cas de temps sec susceptibles d'entraîner une augmentation de l'émission de poussière sur les pistes et aux abords, les véhicules du chantier adopteront une vitesse réduite afin de limiter les impacts. L'humidification des dessertes sera également envisagée.

Enfin, pour la faune aquatique, les travaux étant ponctuels et d'une durée limitée, l'impact sera très limité. L'adaptation des périodes d'intervention permettra également de réduite le dérangement.

L'impact par dérangement en phase chantier est considéré comme faible pour la faune de zones humides.

Balisage des habitats humides et la faune associée présents à proximité

La destruction d'habitats humides présents à proximité des ouvrages représente un impact potentiellement important. Dans l'objectif de limiter l'impact indirect sur les habitats de vie de la faune présents à proximité des emprises chantier et de l'ouvrage, les interventions seront limitées à l'emprise stricte du chantier. Un balisage des zones favorables à proximité et non impactées sera effectué. La mise en défens consistera à baliser le chantier et exclure toute nouvelle emprise à proximité. La mise en défens de ces secteurs s'accompagnera de la mise en place de panneaux de signalisation et d'une information de l'ensemble des personnels de chantier par un écologue en charge de l'accompagnement des travaux. La mise en défens des secteurs terrestres et le balisage avec des bouées visibles des ouvriers (pour les milieux aquatiques) seront réalisés durant la phase préparatoire de chantier, avant le passage des engins et les travaux.

L'impact indirect de l'installation des bases chantiers et des travaux, par destruction ou dégradation d'habitats humides sera faible.

Limiter la dissémination d'espèces de flore et de faune envahissantes

Des espèces végétales ont été identifiées au droit des emprises chantiers et des ouvrages. Un repérage au sein des emprises chantier sera réalisé en amont du démarrage des travaux par un écologue. Celui-ci donnera suite à une éradication des stations les plus localisées ou un isolement des stations susceptibles d'être favorisées par le chantier et dont la destruction ne pourrait être conduite en intégralité (méthode d'éradication étudiée en fonction de l'espèce observée avant le démarrage des travaux). Par ailleurs, toute dispersion des espèces végétales invasives en phase chantier sera évitée (notamment lors de l'exportation des déblais). L'export de terre et de gravats sera évité au maximum. Si cet export doit être réalisé, la terre sera contenue dans des systèmes clos (camions bâchés) et subira un traitement permettant la destruction de l'ensemble des propagules (compostage en site contrôlé).

Les surfaces mises à nu seront revégétalisées rapidement à l'aide de semences d'espèces herbacées locales pour éviter une nouvelle expansion des espèces végétales invasives. Les repousses seront contenues, dans la mesure du possible, par l'entretien de la zone identifiée.

Des mesures spécifiques (nettoyage du matériel et des engins, en particulier les godets, roues, chenilles, etc.) seront mises en œuvre afin d'éviter la propagation d'espèces invasives avant que les engins de terrassement ne quittent le chantier.

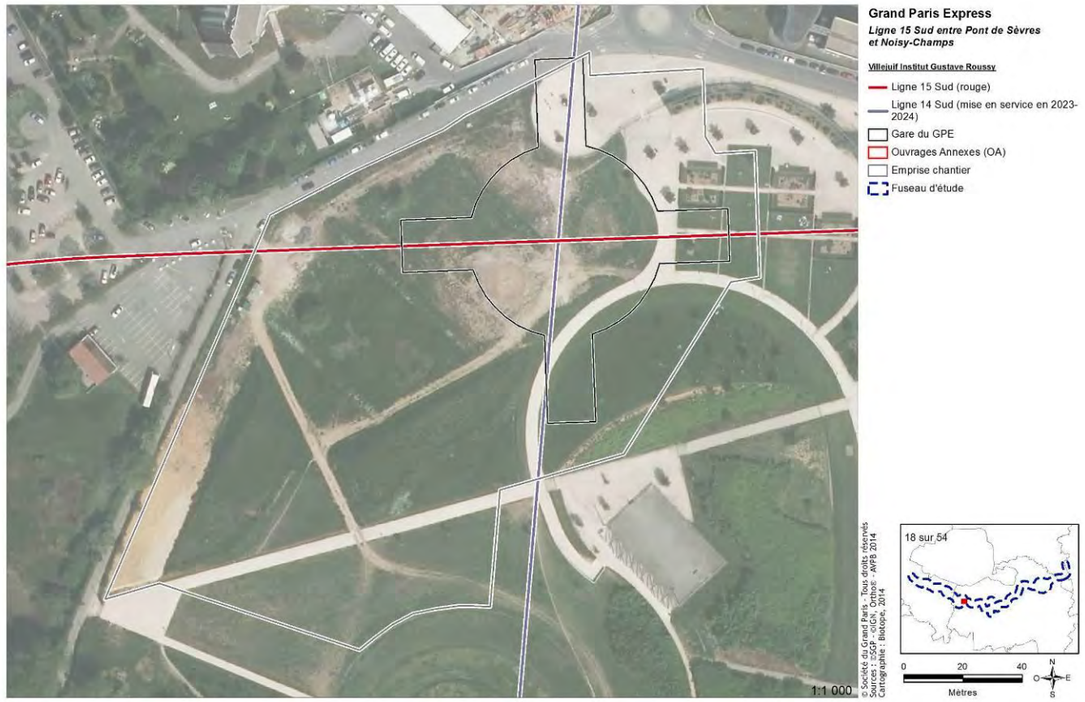
La présence d'espèces de poissons envahissants au droit du secteur d'aménagement de l'Ile-de-Monsieur ne présente pas une contrainte forte. Toutefois, en cas d'observation d'individus d'Ecrevisse ou de Poisson chat, une destruction des individus est obligatoire. Les spécimens ne devront pas être réintroduits dans la Seine.

L'impact sur la dissémination d'espèces envahissantes est faible à négligeable.

1.13.2.2 Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

a. *Présentation de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy*

Concernant le secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, la mise en place de l'emprise chantier sera l'impact majeur à considérer. Elle représente 6 hectares.



Représentation des emprises chantiers et de l'emplacement des ouvrages

b. *Identifiaction des impacts*

Aucune zone humide n'a été identifiée sur les emprises chantier de Villejuif Institut Gustave Roussy, cependant des zones humides sont présentes à proximité. L'analyse du projet et la connaissance de terrain des zones humides permet de conclure qu'il n'y aura aucune interaction entre le chantier, l'infrastructure et les zones humides à proximité.

L'impact direct et indirect par destruction de zones humides est nul.

Toutefois, l'habitat d'espèce que sont ces zones humides pour les amphibiens sont identifiés à proximité et pourraient être déranger ou impactés indirectement.

c. *Mesures d'évitement*

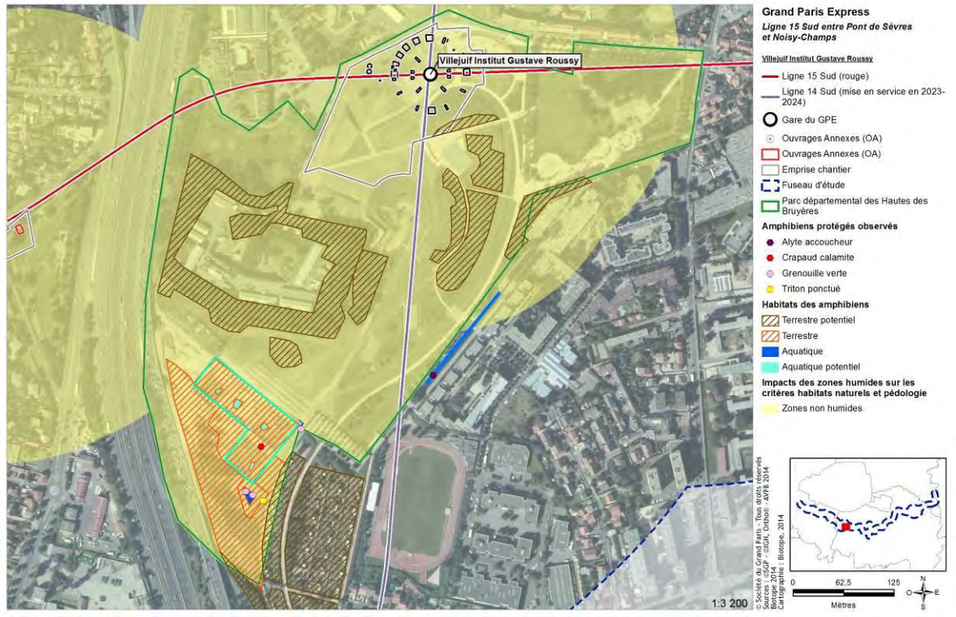
Mise en place de barrières anti-retour pour éviter la destruction d'individus situés à proximité

Les amphibiens adoptent des comportements grégaires lors des périodes de reproduction et peuvent se déplacer massivement des lieux d'hivernage (habitats terrestres) vers les sites de reproduction (habitats aquatiques). De la même manière, ils effectuent des déplacements postnuptiaux vers les sites d'estivage puis d'hivernage. Les emprises chantier de la gare de Villejuif IGR sont localisées au nord du parc des Hautes Bruyères et en marge de l'ensemble des habitats favorables aux amphibiens. Il est donc très peu probable que les emprises chantier du projet soient concernées par un axe de migration.

Deux espèces pionnières ont été identifiées au niveau du parc des Hautes Bruyères et à proximité de la future gare de Villejuif IGR : l'Alyte accoucheur et le Crapaud calamite. Ces espèces ont tendance à coloniser les milieux pionniers, tels que peuvent l'être des ornières ou des mares temporaires créées lors de la phase de chantier. Toutefois, ces deux espèces restent relativement éloignées par rapport à l'emprise chantier (respectivement 250 m et 350 m) et des habitats peu favorables seraient à franchir pour accéder aux emprises chantier depuis les habitats d'espèces. Par ailleurs, les habitats et les populations identifiées ne semblent pas à saturation.

Ces espèces, et en particulier le Crapaud calamite, ont tendance à coloniser les milieux pionniers tels que peuvent l'être des ornières ou des mares temporaires créées lors de la phase de chantier. Pour cela, des barrières anti-retour, ou barrières-piège, seront disposées tout autour de la zone de chantier de telle manière à ce que les individus puissent sortir de la zone de chantier, mais ne pas y entrer. Ces barrières sont particulièrement efficaces pour les espèces ciblées dont les capacités de saut sont très limitées. Ces barrières seront disposées avec l'appui d'un écologue.

L'impact par destruction d'individu est négligeable à faible.



Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement de Villejuif Institut Gustave Roussy

1.13.2.3 OA 1302P - Friche Arrighi

a. *Présentation de l'ouvrage annexe Friche Arrighi*

Concernant la friche Arrighi Vitry, plusieurs aménagements sont nécessaires :

- La création de l'emprise chantier de 10 hectares à l'écart des berges de Seine,
- la réfection des 5 pontons d'accostages présents à 5 m des berges,
- la réfection de 2 quais de respectivement 34 ml et 43 ml,
- Le dragage annuel d'entretien de la Seine au droit du secteur d'aménagement sur environ 100 ml, au-delà des ducs d'Albe présents, durant 7 à 8 ans,
- La présence de 2 à 4 barges en stationnement et chargement et un trafic de l'ordre de 2 barges/ jours sur 7 à 8 ans.



Représentation des quais et barge pour l'évacuation des déblais

b. *Identification des impacts*

Aucune zone humide n'a été identifiée sur les emprises de la Friche Arrighi Vitry, cependant des zones humides sont présentes à proximité. L'analyse du projet et la connaissance de terrain de ces zones humides permet de conclure qu'il n'y aura aucune interaction entre le chantier, l'infrastructure et les zones humides à proximité.

L'impact direct et indirect par destruction de zones humides est nul.

Les travaux s'effectuant en bord de berge de Seine, une analyse fine des impacts sur les zones de frayères est effectuée dans la partie « frayère s» de ce document.

c. *Mesures d'évitement*

Aucune mesure ne nécessite d'être mise en œuvre.



Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi

1.13.2.4 SMR de Champigny

a. Présentation du SMR de Champigny

Concernant le secteur d'aménagement du SMR de Champigny, la mise en place de l'emprise chantier est l'impact majeur à considérer. L'emprise chantier représente 10 hectares.



Représentation des emprises chantiers et de l'emplacement des ouvrages

b. Identification des impacts

Une zone humide à fonctionnalité réduite présentant un enjeu faible a été identifiée sur le secteur d'aménagement. Après optimisation et précision des plans du Site de Maintenance et de Remisage (SMR) 0,57 ha de zones humides sont impactés par son emprise sur les 1,83 de zones humides au total. Toutefois, au vu du contexte et de la qualité de la zone humide, les impacts sont limités.

Aucune espèce de faune inféodée aux milieux humides n'a été identifiée sur le SMR de Champigny. Par conséquent, aucun impact sur la faune inféodée aux milieux humides n'est identifié.

Par ailleurs, des projets tiers sont connus sur les extrémités sud-est et sud-ouest au sein de l'emprise du SMR de Champigny.

Les projets tiers affectant l'opération du SMR sont les suivants:

- La réalisation du prolongement de la voie Frachon (opération nommée "Frachon prolongée"), par le Conseil départemental du Val-de-Marne;
- La réalisation du bassin de la bonne eau par le Conseil départemental du Val-de-Marne, permettant le raccordement des eaux pluviales de l'opération au réseau;
- La réalisation de l'opération Altival, sur l'emprise de la RD10, par le Conseil départemental du Val-de-Marne;
- La reconstruction du parc départemental du plateau par le Conseil départemental du Val-de-Marne.

Les mesures proposées prennent donc en considération les contraintes liées à ces futurs projets.

c. Mesure de réduction

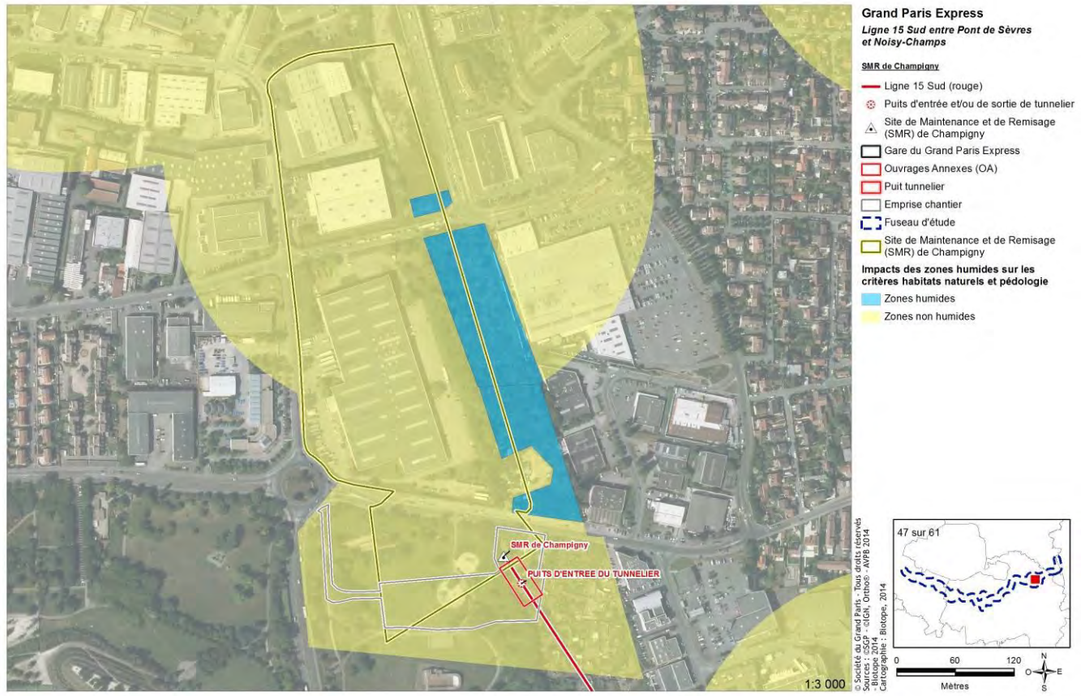
Optimisation de l'emprise chantier

L'emprise du SMR a été réduite au maximum afin de conserver la zone humide présente sur le site.

1,26 ha de boisement sur sol humide sont ainsi préservés.

L'impact par destruction de zones humides est faible à modéré au vu de la surface concernée et de l'absence de fonctionnalités avérées de cette zone humide autre que l'infiltration.

0,57 ha de zones humides seront directement impactés par le SMR de Champigny.



Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement du SMR de Champigny

d. Mesure d'accompagnement

Création et amélioration de zones humides terrestres (prairie humide, mares et milieux annexes)

La mise en place de la toiture végétalisée inclue l'insertion d'une zone humide entre le terrain naturel et la toiture végétalisée. Ainsi, 685m² de zones humides artificelles sont prévues dans la conception du toit végétalisé.

Dans la continuité de cette zone humide alimentée par les eaux de pluies, sur le secteur sud-ouest et sud-est du SMR de Champigny, il est envisagé de recréer des milieux herbacés humides. Sur cet emplacement, des prairies d'infiltrations en relation avec des mares permettront une gestion des eaux de pluies à la parcelle. Il est en effet proposé de recréer un réseau de mares sur le foncier disponible et non impacté par l'emprise projet à l'issue du chantier ou par les projets connexes. Ce réseau de mares interagira avec les milieux herbacés hygrophile à mésohygrophile.

Cet aménagement s'intégrera dans les 8 245 m² environ de terrain à valoriser au Sud-Est du SMR et dans ceux de 7000 m² localisés au Sud-Ouest du SMR. Ce réseau de mares et milieux herbacés hygrophiles seront couplés avec des îlots de reboisement qui viendront ponctuer une lisière forestière à reconstruire.

L'objectif de l'aménagement écologique est de valoriser le ruissellement et de contrôler l'infiltration de l'eau de pluie. La pente en direction des mares sera d'environ 3 à 10 %, et les fonds de talweg intégrant les mares seront terrassés avec des matériaux argileux étanches, permettant ainsi un écoulement optimum des eaux vers la périphérie du site et vers les mares qui ont une vocation d'écrêtement et de zones humides.

Cet aménagement nécessitera la couverture et le nivellement du terrain avec l'apport et le terrassement de terre. Ensuite, il faudra apporter, ou réutiliser des marnes existantes, et terrasser plusieurs m3 d'argile pour étancher la future zone humide.

Le calage altimétrique des remblais permettra dans la mesure du possible aux venues d'eau gravitaires et aux apports de toitures d'alimenter la zone humide créée. Les venues d'eau existantes qui ne pourront pas gravitairement alimenter la zone humide seront guidées soit à l'ouest par la création de prairies végétalisées d'infiltration le long des voies de communication, soit à l'est par écoulement naturel en pied des remblais créés pour la voie de communication.

L'ensemble des zones terrassées seront revêtues de terre végétale puis engazonnées pour garantir une stabilisation des talus et limiter les érosions de sols. Ces engazonnements permettront également la mise en place de milieux herbacés diversifiés allant de la prairie hygrophile jusqu'à la pelouse rustique ou fleurie. Des saules et aulnes glutineux seront plantés sur certains espaces.

Les mares en lien avec les espaces végétalisées d'infiltrations en périphérie seront créées lors de la conception en phase chantier sur le secteur sud-Ouest. A proximité de ces mares et sur le secteur sud -Est, une fois le gros des travaux finalisés le sol sera nettoyé en enlevant un maximum de végétation et autres organes souterrains (rhizomes...), notamment pour éliminer les repousses d'espèces invasives. Ensuite, la zone sera exposée à l'air libre pendant 3 à 4 semaines. La mise en lumière brutale va stimuler la germination des graines enfouies dans le sol. C'est ce qu'on appelle la pratique du faux-semis. Le but de cette opération est de forcer un maximum de graines du sol à germer.

La zone sera ensuite binée afin de détruire les jeunes plantules fraîchement germées et d'extraire du même coup les rhizomes et racines des d'espèces envahissantes ou trop concurrentes restantes. Le but de cette opération est d'éliminer les plantes concurrentes qui viennent de germer.

Le sol sera ameubli et finement préparé par labourage, fraisage ou bêchage. Le hersage permettra d'ameublir les sols après le labour. Les mottes, seront cassées. Le but de cette opération est de préparer le sol afin d'assurer une germination optimale des graines semées.

Le semis des prairies herbacées respectera quelques règles générales :

- ne jamais enfouir profondément les graines dans le sol mais se limiter à quelques millimètres de terre seulement pour les recouvrir,
- pour les surfaces de taille réduite, le semis s'effectuera à la volée, les graines étant préalablement mélangées avec du sable afin d'augmenter l'homogénéité du semis. (semis fin d'été, début d'automne et hors gel),
- pour les grandes surfaces, la projection de graines en suspension dans de la boue (technique du gunitage) est possible,
- le mélange de graines comprend 70 à 80 % en poids de semences de graminées et au maximum 5 % de légumineuses pour un total de 30 kg/ha (3 g/m²),
- Si des plantes indésirables envahissent la surface semée avant que ces graminées ne couvrent la surface, il suffit d'effectuer une tonte/ fauche suffisamment haute pour ne pas détruire les espèces semées.

Afin de retrouver un couvert végétal de type prairie, des graminées (Dactyle agglomérée, Fétuque des prés, Pâturins, Agrostis commun …) des légumineuses (lotier corniculé, Minette, etc.) sur la base d'un mélange rustique devra être privilégié.

Sur les secteurs plus humides des espèces avec un caractère plus hygrophile (Joncs, Reine des Prés, Pulicaire dysentrique, etc.) seront semés sur des surfaces plus réduites (5 à 10 m² et 0,10 plants/ m²) afin de permettre la colonisation de ces espaces par des espèces adaptées aux conditions stationnelles.

Le réseau de mares recréé comportera trois et quatre mares, soit une distance de liaison entre les mares de 20 et 50 m. Elles feront entre 20 à 100 m². La mare sera alimentée uniquement par le ruissellement et la récupération d'eau, une profondeur de 80 cm est un minimum pour qu'elle soit en eau toute l'année et qu'elle ne souffre pas trop des variations de température. Une profondeur d'1,20 m, plus satisfaisante sera proposée pour 2 d'entre elles.

Les mares créées auront des ceintures amphibies et des herbiers aquatiques qui se développent sur des pentes douces orientées au sud (maximum 10 à 20°). Des pentes moyennes (20 à 30 %) pourront également être créées de manière plus sommaire (sans végétation) afin de favoriser des habitats pionniers. Elles permettent l'installation d'une ceinture végétale diversifiée étagée en fonction de son exigence écologique et de sa tolérance de survie (profondeur et variation du niveau d'eau, nature du sol entre autres). Toutefois, les parties les plus hautes des banquettes doivent être inondées au moins temporairement lors des hautes eaux.

Dans le cas de mare temporaire, il peut être envisagé de créer une mare de plus faible profondeur. L'idéal est de recréer des mares différentes et permettant d'attirer diverses espèces en fonction de la disponibilité en eau et de la végétation.

Elle se localisera sur un sol meuble et sans cailloux ou sans racines qui aura été travaillé au préalable. Les berges seront en pente douce avec des contours sinueux (forme en 8 par exemple).

A terme, le site réhabilité offrira une diversité de milieux naturels :

- 2500 m² de prairie humide, au sens large (sous l'influence des ruissellements de surfaces de l'eau) avec des herbacées adaptées à cette humidité variable,
- 2500 m² de zones humides submergés partiellement et de mares d'eaux stagnantes. La végétation sera dominée par les hélophytes issus de l'engazonnement ou de plantations spécifiques. Les écoulements seront faibles, stagnants voire absents à certaines périodes sur certains secteurs.. Les mares seront permanentes avec une profondeur minimale de 80 à 120 cm,
- 3000 m² de prairies fleuries sur les secteurs en lisières de boisements secs et sur les surfaces engazonnées plus sèches,

Une pré-étude déterminant précisément la localisation, le périmètre, la profondeur et les pentes des mares, ainsi que le choix des matériaux est en cours de réalisation et fera l'objet d'un DCE spécifique pour les entreprises de travaux. (Ces éléments seront

également intégrés aux fiches de lots espaces publics ou privés lors de la réalisation de la ZAC).



Exemple de modelé de terrain argileux, avec différentes profondeurs de terrassement, permettant d'avoir des zones en eau temporaire et/ou permanente, qui se végétaliseront plus ou moins rapidement en fonction de la profondeur. Les différentes noues et mares ne sont pas toutes connectées hydrauliquement entre elles.

En termes de gestion :

- la partie privative sera gérée par la co-propriété,
- Au niveau du lien entre le parc public et le SMR, les différentes parties prenantes décideront de l'usage futur de ce site et de sa gestion qui, compte tenu de son emplacement particulier, pourrait avoir une vocation ludique, récréative et sportive

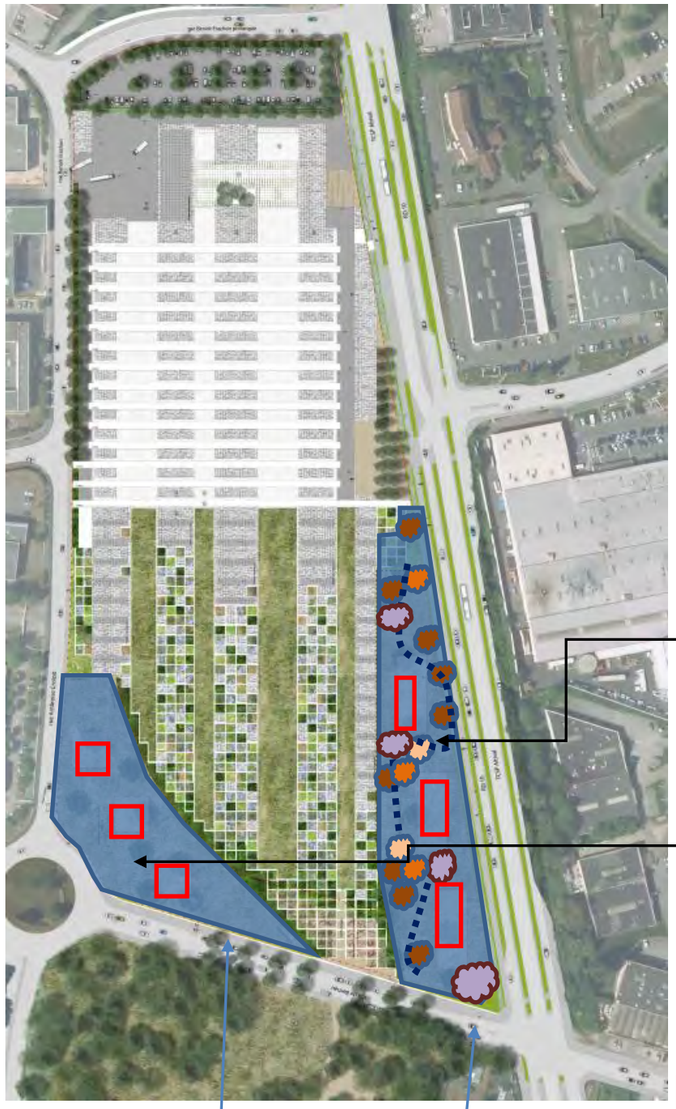
<u>Restauration d'îlots boisés (secteur sud-Est)</u>

Le boisement actuel présente des essences intéressantes (Merisier, Fresnes, Ormes). Le projet de restauration après chantier intègrera la replantation de ces espèces et organisera leur implantation sous forme d'îlots boisés.

<u>Conclusion</u>

L'impact sur la zone humide relictuel est significatif et la surface de zone humide impactée (0,57 ha) doit être compensée (Cf. mesures compensatoires).

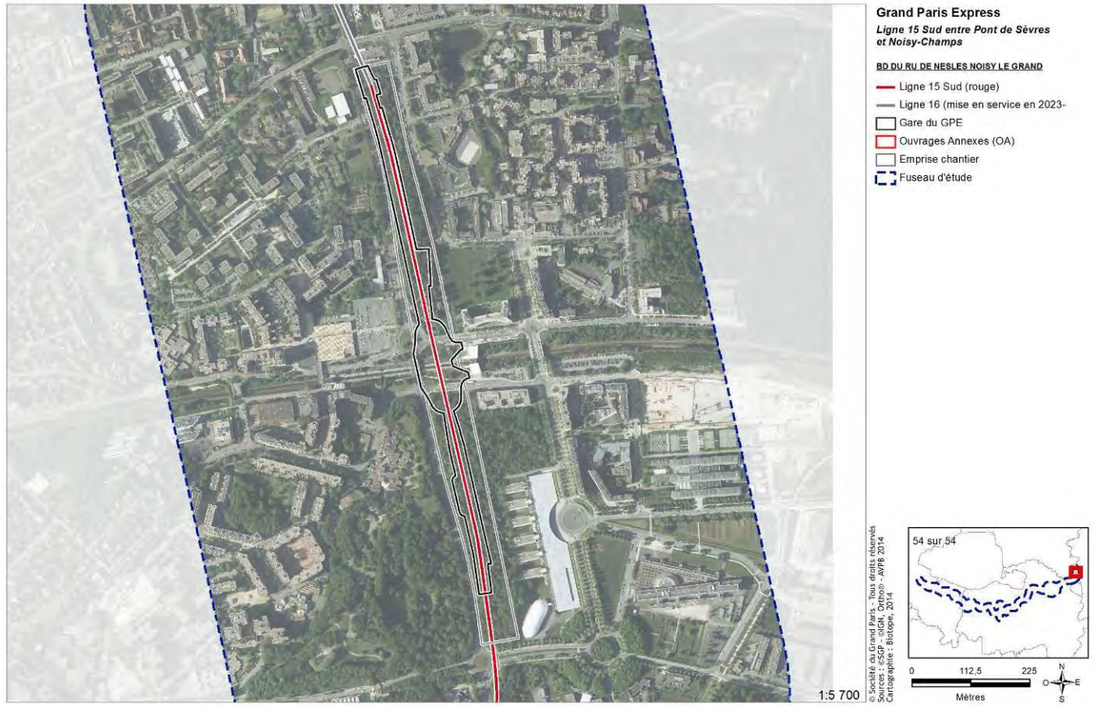
Proposition de mesures d'accompagnement au niveau du SMR de Champigny



1.13.2.5 Gare Noisy-Champs et ouvrages annexes

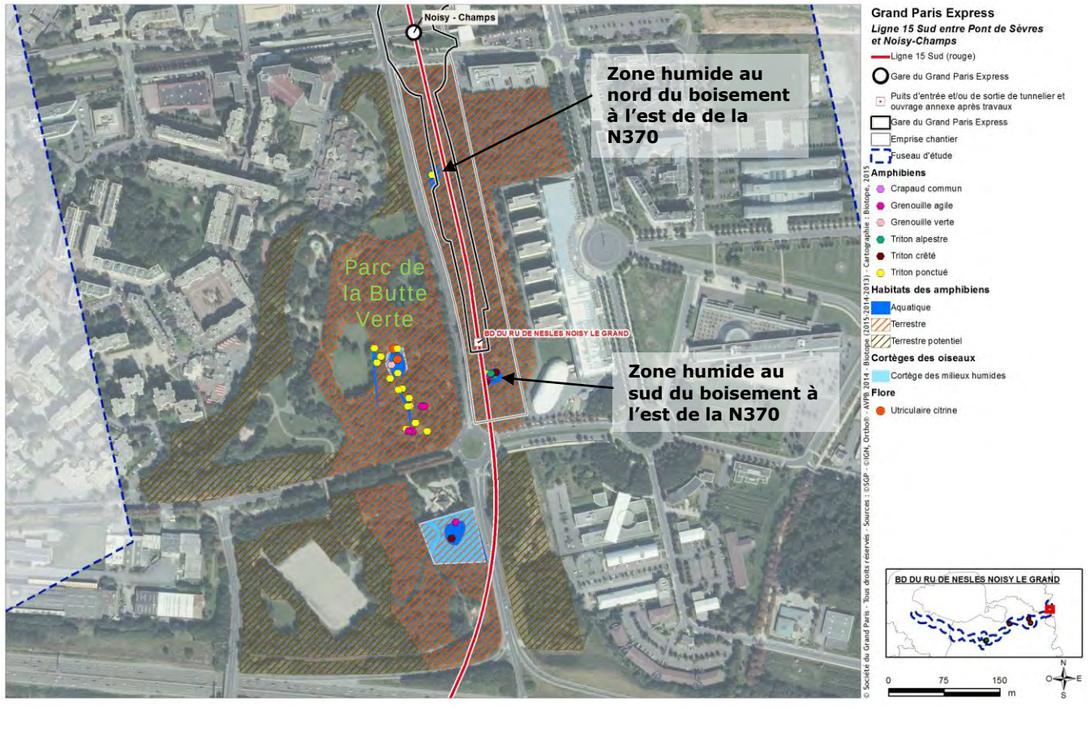
a. <u>Présentation de la gare de Noisy-Champs</u>

Concernant le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-champs et ses annexes, la mise en place de l'emprise chantier et des ouvrages permanents est l'impact majeur à considérer. L'emprise temporaire de la phase travaux représente 18 hectares.



Représentation des emprises chantiers et de l'emplacement des ouvrages

Mares, respectivement au nord et au sud, du boisement à l'est de la N370 dans l'emprise chantier de la Gare de Noisy-Champs– source : BIOTOPE-SGP 2015



b. Identification des impacts

L'emprise chantier concerne directement deux zones humides. Une zone humide sert d'habitat de reproduction à quatre espèces d'amphibiens. La destruction de cette mare menace donc les populations d'espèces qui lui sont inféodées. A noter que cette mare est aujourd'hui naturellement menacée d'atterrissement. Par ailleurs, le parc de la Butte Verte (ouest) ne sera pas concerné par les emprises chantier et ses boisements qui constituent également des habitats d'hivernage favorables aux amphibiens seront maintenus.





c. Mesures d'évitement

Protection de la flore associée aux zones humides présente à proximité

L'Utriculaire citrine est la seule espèce de flore recensée au droit du secteur d'aménagement de Noisy-Champs. Cependant, cette espèce est localisée au sein des mares de la Butte verte à l'ouest de la N370. Ce secteur est totalement exclu des emprises chantiers, et son alimentation ne sera aucunement modifiée, l'espèce ne sera donc pas impactée.

L'impact par destruction d'individus de flore associés aux zones humides est nul.

L'impact par modification du réseau hydrographique est également nul.

d. Mesures de réduction

Optimisation de l'emprise chantier

Deux mares, situées dans le boisement est de l'emprise de Noisy-Champs ont été identifiées comme zones humides mais ont toutes deux subi des dégradations plus ou moins important résultat de l'occupation de leurs abords par des campements (notamment pour la mare située au nord). La mare au nord est comblée par des détritus divers et ne présente un enjeu écologique que faible (observation de Triton ponctué en 2015). La mare au sud, colonisée par des lentilles d'eau et en cours d'atterrissement, représente un enjeu écologique fort en étant le support de reproduction de trois espèces de tritons et une espèce de grenouille (Grenouille agile, Triton alpestre, Triton crêté et Triton ponctué).

Ces deux zones humides d'une surface de 599 m² seront détruites lors de la phase travaux. La zone de chantier ayant été définie au strict nécessaire, ses emprises ne peuvent être réduites davantage et aucune mesure d'évitement ne pourra être mise en œuvre pour éviter les mares.

L'impact par destruction de zones humides, au vu de l'état de conservation dégradé des habitats, est faible sur la mare au nord et modéré sur la mare au sud.

L'impact par destruction des habitats de reproduction est considéré comme modéré pour les espèces directement impactées : la Grenouille agile, le Triton alpestre, le Triton crêté et le Triton ponctué. L'impact est considéré comme négligeable pour les espèces situées à proximité (à l'ouest de la N370 au niveau du parc de la Butte verte) : le Crapaud commun et la Grenouille verte.

L'impact sur les zones humides est significatif et les surfaces de zones humides impactées (599 m²) seront compensées (Cf. mesures compensatoires).

<u>Mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces</u>

Les emprises chantier sont situées au sein des habitats d'hivernage et de reproduction de la Grenouille agile, du Triton crêté, du Triton alpestre et du Triton ponctué. Elles intersectent donc nécessairement des axes de migrations à l'origine d'une destruction d'individus de ces quatre espèces.

En ce qui concerne le Triton ponctué, espèce peu commune à l'échelle régionale, seuls quelques individus ont été identifiés au sein du boisement à l'est de la route nationale. La majeure partie de la population de cette espèce est localisée au sein du parc de la Butte Verte (à l'ouest de l'emprise chantier). Il s'agit vraisemblablement d'une petite population.

La Grenouille agile est quant à elle assez commune en Ile-de-France.

Le Triton crêté n'a été identifié qu'au niveau du boisement à l'est de la route nationale. L'intégralité de sa population est donc concernée par les travaux de la gare de Noisy Champs. Cette espèce est par ailleurs peu commune en Ile-de-France.

En ce qui concerne le Triton alpestre, quelques individus ont été observés en 2014 dans la mare la plus au sud au niveau de l'emprise chantier. En 2015, une vingtaine d'individus a aussi été observée. Il s'agit vraisemblablement d'une petite population. Cette espèce est par ailleurs assez rare en Ile-de-France.

Enfin, et bien qu'aucun axe de déplacement préférentiel des amphibiens n'ait été mis en évidence lors des prospections de terrain, il est toutefois probable que des individus traversent la route nationale pour rallier les points d'eau du parc de la Butte verte et les mares du boisement à l'est de la voirie.

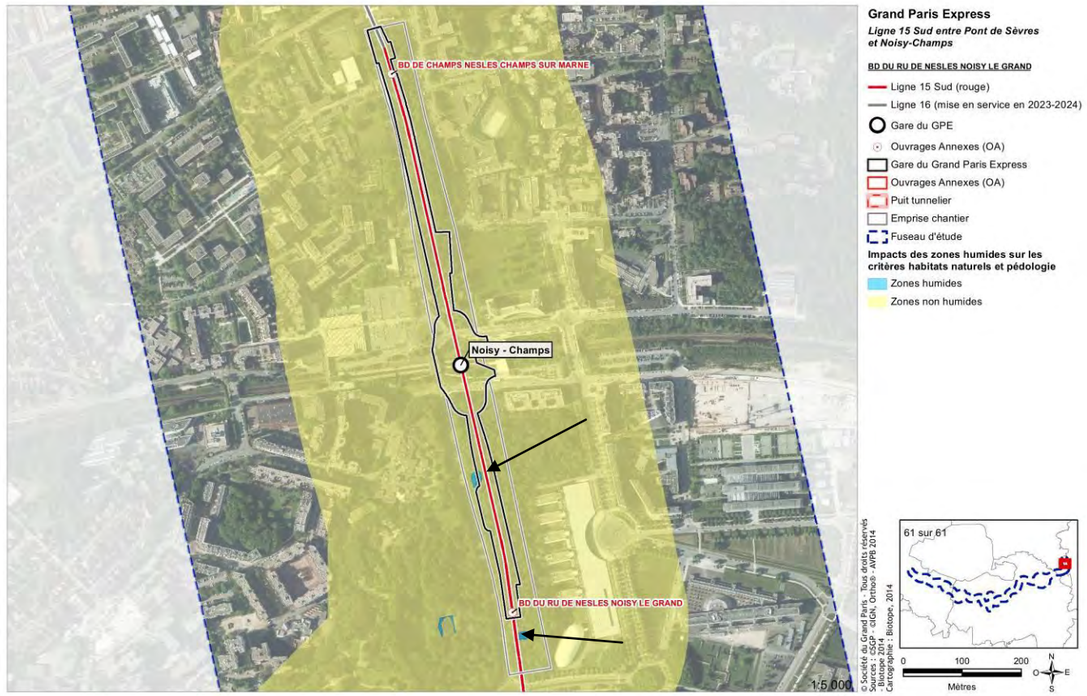
Le Crapaud commun et la Grenouille verte sont donc également concernés par une destruction potentielle d'individus. Ces espèces restent toutefois communes à assez communes à l'échelle régionale.

Pour éviter la mortalité des espèces, des barrières anti-retour, ou barrières-piège, seront disposées tout autour de la zone de chantier de telle manière à ce que les individus puissent sortir de la zone de chantier, mais ne pas y entrer. Ces barrières sont particulièrement efficaces pour les espèces ciblées dont les capacités de saut sont très limitées. Ces barrières seront disposées avec l'appui d'un écologue.

Pour les espèces présentent au sein du boisement à l'est, impacté par le projet, un processus de capture/déplacement des individus d'amphibiens sera réalisé avant le démarrage des travaux. Cette opération de transfert de populations consistera à déplacer des individus présents dans la mare détruite pour les placer dans une autre à proximité.

Les amphibiens seront capturés lors de leur période de reproduction. Les habitats aquatiques seront ensuite comblés ou isolés par la mise en place d'une clôture imperméable aux amphibiens afin d'éviter leur recolonisation.

L'impact par destruction d'individus est considéré comme faible.



Emprises chantier et zones humides sur le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs

1.13.3 Mesures d'accompagnement sur les zones humides

1.13.3.1 Dispositif de veille écologique

Au regard des objectifs écologiques des aménagements et de leur pérennité, la mise en place d'un dispositif de suivi et de veille écologique est nécessaire. Le financement d'un tel dispositif est identifié comme une mesure d'accompagnement.

Cette mesure consiste à accompagner et contrôler la réhabilitation des milieux dans le temps. L'évolution est mesurée par rapport à un état initial (avant travaux), après travaux, puis à des pas de temps à définir en fonction des dynamiques naturelles des différents milieux.

Ce dispositif sera établi sous la forme d'un protocole de suivi détaillant les indicateurs biologiques choisis et les modalités d'analyse qui permettront d'attester de l'évolution du site.

La mise en œuvre d'un tel suivi nécessite de faire appel à des personnes compétentes (fédération de pêche, associations naturalistes, bureaux d'études spécialisés). Ce suivi s'inscrit dans une démarche longue (25 à 30 ans), d'acquisition d'information et de retour d'expérience.

1.13.3.2 Faciliter la reconquête des milieux

Afin de faciliter la reconquête des milieux restaurés ou créés, des protections amovibles permettant de limiter temporairement les agressions extérieures (piétinements, arrachages, destruction, etc.) seront mises en place.

1.13.3.3 Sensibilisation et communication

Une des solutions privilégiées pour permettre une bonne reconquête des milieux reconstitués consiste à informer et sensibiliser efficacement les promeneurs et habitants sur les enjeux d'un tel projet. L'information sur la nécessité de respecter les aménagements qui ont été mis en œuvre sur le site est primordiale. La pose de panneaux explicatifs est la solution proposée.

1.13.3.4 Choix de la palette végétale

Les plantations de végétaux indigènes, adaptées au milieu et l'emploi de supports pré-végétalisés permettront de restaurer ou de créer des habitats fonctionnels et susceptibles de s'enrichir rapidement.

1.13.4 Impacts et mesures sur les zones humides en phase exploitation

Les impacts sont nuls sur l'ensemble des secteurs d'aménagement, autres que les secteurs d'aménagement concernés et décrits ci-après.

1.13.4.1 Gare Villejuif Institut Gustave Roussy

a. Impacts directs et mesures

Aucune zone humide n'est présente sur le secteur d'aménagement de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy. En phase exploitation, le projet ne sera donc pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière directe.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

b. Impacts indirects et mesures

Impact par destruction/ dégradation de zones humides et de la faune associée à proximité

Aucune zone humide n'était présente directement sur le secteur d'aménagement, mais plusieurs sont présentent à proximité. Les habitats des amphibiens sont relativement éloignés de la future gare de Villejuif Institut Gustave Roussy et de ses aménagements paysagers. La gestion de ces derniers n'aura donc aucune incidence sur les habitats et les amphibiens.

L'impact sera nul.

Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine) sur les amphibiens présents à proximité

Bien que les gares soient à l'origine d'une augmentation de la fréquentation humaine, ces dernières seront localisées dans un contexte local fortement marqué par les activités humaines. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont donc déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations.

L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.

1.13.4.2 OA 1302P - Friche Arrighi

a. Impacts directs et mesures

L'entrée du puits du tunnelier sera exploitée uniquement en phase chantier lors de la création du tunnel. En phase exploitation, un ouvrage annexe sera présent sur le site. Toutefois, cet ouvrage, dont l'emprise sera limitée, ne sera à l'origine d'aucun impact sur les zones humides et la faune associée.

L'impact direct est donc nul.

b. Impacts indirects et mesures

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière indirecte.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

1.13.4.3 SMR de Champigny

c. *Impacts directs et mesures*

Impact par destruction/ dégradation de zones humides et de la faune associée

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides.

L'impact sera nul.

Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines, aucune espèce ne sera dérangée.

L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme négligeable.

d. *Impacts indirects et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière indirecte.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

1.13.4.4 Gare Noisy-Champs et ouvrages annexes

a. *Impacts directs et mesures*

Impact par destruction/ dégradation de zones humides et de la faune associée

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides. Les habitats des amphibiens non détruits au sein de la Butte Verte sont relativement éloignés par rapport à la future gare de Noisy-Champs et à ses aménagements paysagers. La gestion de ces derniers n'aura donc aucune incidence sur les habitats humides et les amphibiens.

L'impact sera nul.

Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)

Au regard du contexte local fortement marqué par les activités humaines et de la localisation des habitats d'espèce au sein d'un parc urbain, les dérangements pour les amphibiens sont déjà existants. Par ailleurs, si la gare engendre une augmentation de la fréquentation humaine, celle-ci sera davantage concentrée au nord du parc.

L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.

b. *Impacts indirects et mesures*

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière indirecte.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

1.13.5 Conclusion relative aux impacts sur les zones humides

En phase chantier, les emprises du projet impactent directement des zones humides sur les secteurs du SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Champs par effet d'emprise. De manière indirecte, des impacts restent potentiels au niveau de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy sur la faune inféodée aux milieux humides (amphibiens). Des mesures simples permettent de limiter les impacts sur ces espèces.

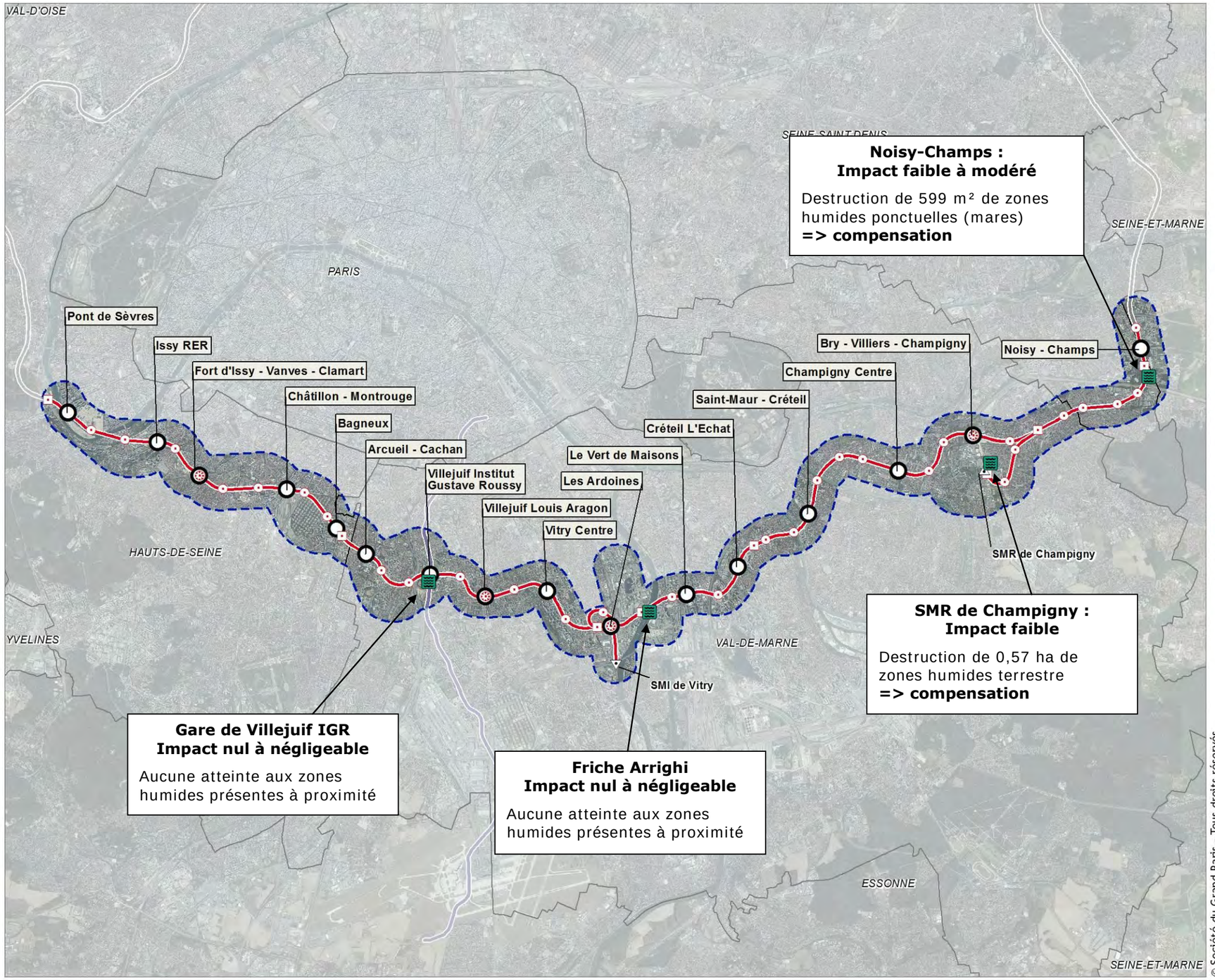
En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises chantiers seront retirées suite aux travaux et les milieux à proximité seront remis en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

A l'issue de la séquence Éviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,63 ha de zones humides sont impactées par le projet :

- **599 m² de mares sont détruits sur le secteur d'aménagement de Noisy-Champs,**
- **5737 m² de zones humides dégradées sont détruites sur le secteur d'aménagement SMR de Champigny.**

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.

Synthèse des impacts résiduels relatifs aux zones humides



1.13.6 Mesures de compensation « Zones Humides »

1.13.6.1 Principes employés pour la compensation

Les mesures de compensation proposées ont été définies sur la base de plusieurs critères, en lien avec les objectifs du SDAGE Seine-Normandie, dont :

- La distinction sur la localisation : mesures in-situ, mesures ex-situ mais au sein du fuseau, mesures ex-situ,
- la temporalité : durant les travaux, suite à la phase chantier,
- le maître d'ouvrage : mise en place de mesures de compensations avec un partenaire identifié,
- le type de compensation : gain de fonctionnalité sur un habitat existant, recréation de milieu,
- Les surfaces : identiques à minima aux surfaces impactées.

1.13.6.2 Synthèse des besoins de compensation

Dans le respect du SDAGE, sur la base des impacts résiduels et des objectifs de préservation des zones humides et de la faune associée sur le projet de la Ligne 15 Sud, les surfaces de compensation seront comprises entre :

- **0,63 ha (compensation surfacique et fonctionnelle de 100% au sein de la masse d'eau concernée),**
- **0,95 ha (compensation surfacique et fonctionnelle de 150% en dehors de la masse d'eau concernée).**

Synthèse des besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble du projet

Ouvrages concernés	Surface impactée	Surface compensée à 100%	Surface compensée à 150% (objectif maximal)
Gare de Noisy-Champs	599 m²	599 m²	898,5 m²
SMR de Champigny	5 737 m²	5 737 m²	8 607 m²
Total	**6 336 m²**	**6 336 m²**	**9 505,5 m²**

1.13.6.3 Création de mares (liées à l'impact de la Gare de Noisy-Champs- AEV)

Cette problématique zone humide recoupe celle sur les amphibiens et leurs habitats. Le descriptif de la mesure est présenté de manière détaillée dans le dossier CNPN. Cette mesure de compensation consiste en la création d'une mare prairiale et la restauration de cinq mares fonctionnelles sur un site de l'AEV.

a. Rappel des besoins de compensation

Dans le cadre des travaux liés au projet de la Ligne 15 Sud du Grand Paris, des impacts résiduels persistent pour les zones humides et le groupe des amphibiens, malgré les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre.

En effet, le déplacement des populations d'amphibiens permettra d'éviter les risques de destruction d'individus. Toutefois, les emprises chantier ayant été définies au strict nécessaire, l'impact sur les zones humides (habitats de reproduction) reste significatif. L'emprise chantier relative à la construction de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes BD du Ru de Nesles à Noisy-le-Grand et BD de Champs Nesles à Champs-sur-Marne conduit, en effet, à la destruction de deux mares (habitats de reproduction avérée pour plusieurs espèces d'amphibiens).

Quatre espèces d'amphibiens sont concernées par les impacts résiduels : le Triton crêté, la Grenouille agile, le Triton alpestre et le Triton ponctué. Parmi ces espèces, le Triton crêté et la Grenouille agile sont protégées au titre de leurs individus et de leurs habitats (espèces inscrites à l'article 2 de l'arrêté du 19 novembre 2007). Le Triton alpestre et le Triton ponctué sont protégés uniquement au titre de leurs individus (espèces inscrites à l'article 3 de l'arrêté du 19 novembre 2007).

Les mesures de compensation mises en œuvre visent donc à compenser les impacts spécifiquement induits sur les zones humides. Elles seront toutefois également favorables au Triton crêté, à la Grenouille agile, au Triton alpestre et au Triton ponctué. A ce titre, les mares impactées présentes des fonctionnalités limitées avec des fonctions qui se cantonnent essentiellement à un habitat d'espèce.

b. Principe de la mesure

Au regard des impacts induits par le projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les amphibiens et les zones humides de Noisy-Champs (habitats de reproduction), la présente mesure de compensation vise à créer une mare prairiale en connexion avec le bois de Célie et à participer à restaurer 5 autres mares forestières de ce boisement dans l'objectif de restaurer un réseau de mares fonctionnelles pour les espèces visées. La restauration d'habitats de reproduction augmentera indirectement l'offre en habitats d'hivernage pour les amphibiens. En effet, les espèces ciblées utilisent leurs habitats terrestres sans grandes discriminations de leurs états de conservation. Le maintien des populations passe par le maintien ou la restauration d'un réseau de sites de reproduction interconnectés par des formations boisées proches des mares. En outre l'enjeu de la préservation de ces espèces réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction en bon état de conservation.

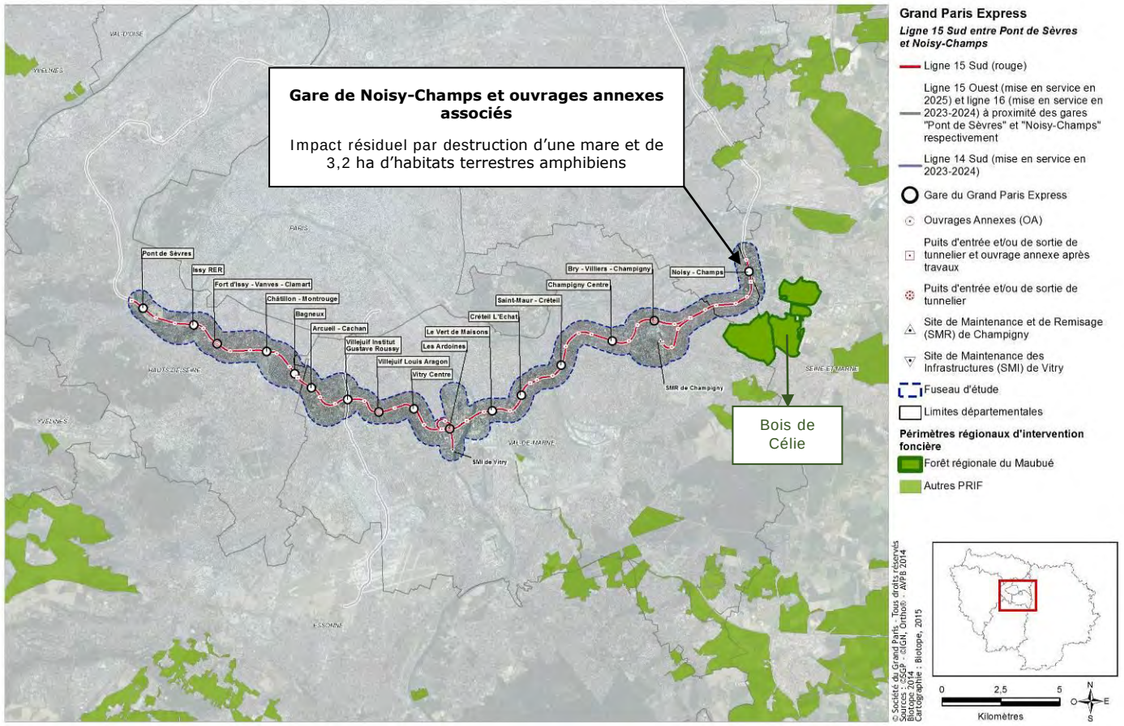
Espèces ciblées par la mesure de compensation : Triton crêté, Grenouille agile

Autres espèces concernées par la mesure de compensation : Triton alpestre, Triton ponctué.

c. *Localisation de la mesure de compensation*

Le site de compensation visé est localisé au sein du périmètre régional d'intervention foncière de la Forêt régional de Maubué et plus particulièrement au sein du Bois de Célie inclus dans ce PRIF. Ce bois, d'une superficie totale de 175 ha se situe sur le territoire des communes d'Emerainville et de Pontault-Combault en Seine-et-Marne.

Il se localise à environ 1,5 km du fuseau d'étude et à environ 2,5 km des impacts résiduels induits par le projet.



d. *Présentation de la mesure de compensation*

La présente mesure de compensation prévoit la création/restauration de zones humides favorables aux amphibiens et notamment aux espèces précitées. Il est important de souligner que ces espèces utilisent leurs habitats terrestres sans grandes discriminations de leurs états de conservation. La conservation passe par le maintien ou la restauration d'un réseau de sites de reproduction (optimum : 4 à 10 mares au km² distantes de 500 mètres au maximum) interconnectées par des formations boisées proches des mares (Lescure et al 2010). En outre l'enjeu de la préservation de ces espèces réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction (habitat aquatique) en bon état de conservation.

La mesure consiste en la création d'une mare prairiale et la restauration de 5 autres mares présentes dans le bois de Célie. L'identification et la caractérisation de ces mares fait suite à deux visites sur le terrain :

- Une première visite diurne afin de localiser et de caractériser les mares présentes au sein du boisement et d'identifier l'emplacement optimale de la mare prairiale à créer ;
- Une deuxième visite nocturne visant à caractériser l'état des populations présentes.

Le résultat de ces diagnostics est présenté dans le tableau ci-dessous qui identifie également les mesures à mener pour restaurer les mares identifiées.

Mare	Diagnostic	Mesure
Mare 1	Mare ombragée avec très peu de végétation aquatique et présence d'un chêne abattu sur la mare. Présence de Tritons alpestres et de Tritons ponctués.	Restauration par une remise en lumière et reprofilage de berge en pente douce.
Mares 2 et 3	Mare ombragée avec très peu de végétation aquatique. Aucune espèce d'amphibien identifié lors de l'expertise de terrain (biotope, 2015)	Restauration par une remise en lumière et reprofilage de berge en pente douce.
Mare 4	Réseau de 3 petites mares en profil trou d'obus espacées de 10 à 15 m les unes des autres. Mares en cours d'atterrissement sans végétation aquatique. Présence de larves d'anoures.	Restauration par recreusement de 3 petites mares en profil de petits trous d'obus en cours d'atterrissement : le but est de les fusionner avec une mise en lumière et profilage de berge en pente douce.
Mare 5	Mare ombragée avec présence de végétation aquatique. Présence d'une population importante de Triton alpestre et présence de Triton ponctués.	Désembroussaillement des berges pour une mise en lumière et permettre le développement des herbiers aquatiques.
Mare 6	Mare non existante	Création d'une mare prairiale pédagogique avec installation d'un panneau à l'attention du public expliquant l'action et l'écosystème présent.

Localisation des mesures

5 mares restaurées

→Renforcement d'un réseau fonctionnel entre la mare prairiale créée et les mares existantes



Mares à créer

Création d'une mare prairiale pédagogique

La mesure consiste en la création d'une mare prairiale près de la lisière forestière en recherchant un profil adapté et un positionnement optimal pour l'ensoleillement à proximité d'habitats terrestres.

Un panneau explicatif sera élaboré afin d'associer cette mesure de restauration écologique à un objectif pédagogique.



Exemple de modalité de creusement d'une mare prairiale

Mise en place d'une gestion à long terme des milieux restaurés ou créés

Les mesures de gestion seront définies en fonction de la gestion actuellement conduite, à la fois sur le bois de Célie et sur la prairie.

e. Mise en place d'un suivi à long terme

Un suivi annuel au cours des 3 premières années sera réalisé sur les mares restaurées/créées ainsi que sur la mare prairiale créé afin d'en observer l'évolution et la colonisation par les espèces ciblées par la compensation.

S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des populations d'amphibiens et des habitats terrestres et aquatiques.

Un bilan écrit sera produit par le prestataire pour faire état de l'évolution des populations et des habitats naturels.

Plusieurs rapports de suivi seront produits dont un suivi aux années 1,2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 25 et 30 ans sera réalisé.
Ce rapport sera adressé à la DRIEE Île-de-France, à l'ONEMA et au CNPN.
Ce suivi vise à vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre et le bon état de conservation :

- des populations sur l'aire d'étude avant et après mise en œuvre des mesures préconisées,
- des populations sur les milieux recréés via mesures compensatoires,
- la bonne réalisation et la validité de la gestion.

Suite à ces suivis, des mesures de corrections pourront être apportées aux aménagements en concertation avec les services de l'ONEMA et de la DRIEE.

f. Plus-value écologique

Cette mesure compensatoire apporte une plus-value écologique au niveau d'un des PRIF de L'Agence des Espaces Verts (AEV) d'Ile-de-France. Actuellement l'AEV projette d'intervenir sur quelques mares de ce PRIF à moyen terme. La mesure de compensation des 599 m² vient compléter et renforcer ce dispositif et assurer une mise en œuvre plus rapide.

Cette mesure s'inscrit ainsi dans la logique d'additionnalité de la démarche ERC. L'additionnalité se doit d'être à la fois écologique et de ne pas se substituer à des engagements publics ou privés.

Il s'agit notamment de :

- Renforcer et compléter les dispositions déjà prises ou à venir sur ces espaces;
- Proposer des actions complémentaires ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestions ;
- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Renforcer la communication auprès du public ;
- Mettre en place des expérimentations quant à la mise en œuvre de mesure de gestions et de restauration de la biodiversité ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.

g. Coûts estimatifs de la mesure

- Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares forestières : 36 000 €
- Conception, réalisation et installation d'un panneau d'information à l'attention du public : 6 000 €
- Entretien sur 30 ans : 7 000 €
- Suivi à long terme de la mesure : 10 000 €

Le coût total de cette mesure est évalué à environ 59 000€.

Le calendrier de mise en œuvre de cette mesure est détaillé dans le dossier CNPN. L'engagement est de réaliser ces travaux hors période de reproduction des amphibiens sur la période automne-hiver 2015-2016.

La convention précisant les modalités de réalisation et de gestion de cette mesure entre l'AEV et la SGP est en cours de rédaction. L'ensemble sera transmis au service Police de l'eau avant le 31 décembre 2015.

1.13.6.4 Restauration de landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame

a. Rappel des besoins de compensation

Dans le cadre des travaux liés au projet de SMR de la Ligne 15 Sud du Grand Paris, des impacts résiduels persistent pour les zones humides.

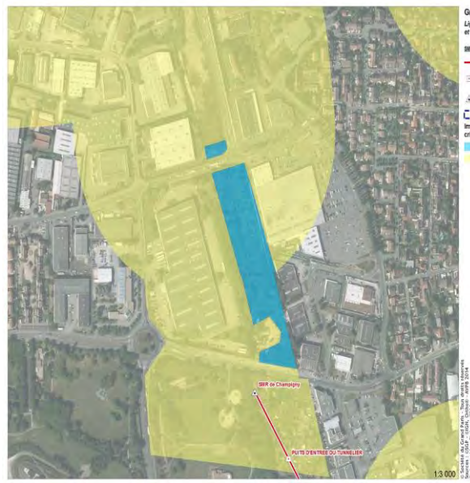
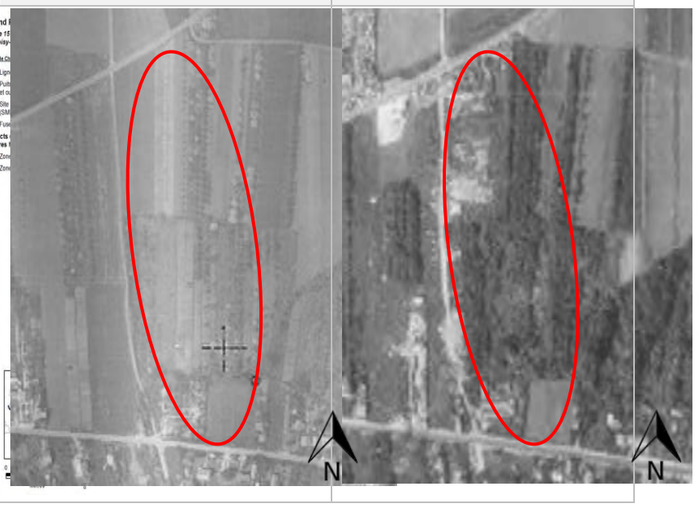
En effet, l'impact du projet sur les zones humides identifiées sur critère pédologique sur le secteur du SMR de Champigny reste significatif à hauteur de 5 700 m².

Pour rappel, cette zone humide qui a été délimitée sur le critère pédologique, ne présente pas d'enjeu écologique pour la faune et la flore. Elle a une fonctionnalité très dégradée et des fonctions très limitées. La végétation qui est présente est composée de friches et fourrés et de boisement rudéral sans aucune valeur patrimoniale.



Végétation sur le secteur du SMR de Champigny (photo prise sur site – BIOTOPE)

Il est difficile de dresser un portrait historique de cette zone humide. Les photographies aériennes de 1956 et 1972 avant que le secteur ne soit totalement urbanisé laissent entrevoir des prairies cultivées puis le développement de boisement. Comme expliqué dans l'état initial, il semble que la route actuelle en provoquant des modifications de l'écoulement des eaux et en les dirigeant spécifiquement sur ce secteur est favorisée le maintien des traces d'humidité dans les sols.

Photographie aérienne (IGN, 2011)	**Photographie aérienne de 1956** (Source : Géoportail)	**Photographie aérienne de 1972** (Source : Géoportail)
		

La mesure d'accompagnement proposée autour du SMR une fois les travaux réalisés vise à maintenir la présence d'habitats humides en lien avec la récupération des eaux de ruissellement sur le site. Il s'agit de conserver la mémoire de la présence de cette zone humide et de restaurer des fonctions écologiques sur ce secteur. Par contre, la construction du SMR nécessitant une excavation de sol importante, les relations souterraines-subsurface ne peuvent être maintenues à l'identique. Ce sont donc ces fonctions qu'il convient de compenser et qui ont orientées la recherche de mesures de compensation.

b. Principe de la mesure

Au regard des impacts induits par le projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur la zone humide relictuelle identifiée selon le critère pédologique dans le secteur du SMR de Champigny et des mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre, une mesure de compensation doit être proposée.

La compensation n'étant pas possible à proximité après réduction sur le secteur impacté, une compensation ex-situ a été étudiée. Elle s'inscrit dans le respect du SDAGE Seine-Normandie qui demande une compensation surfacique et fonctionnelle de 150% en dehors de la masse d'eau concernée.

Pour rappel, la zone humide relictuelle impactée ne présente plus aucune fonction biologique au vu de son état de conservation et du contexte urbain autre que potentiellement une fonction d'infiltration des eaux de ruissellement.

La mesure de compensation proposée vise donc à restaurer des milieux humides à haute valeur patrimoniale et fonctionnels et notamment en termes d'infiltration et d'épuration.

Cette mesure s'intègre dans un projet plus vaste porté par l'ONF en Forêt de Notre-Dame qui souhaite voir le retour d'un pâturage de grands herbivores dans ces massifs forestiers. Cette mesure ambitionne de restaurer un boisement humide et une lande humide à *Erica tetralix* en forêt de Notre Dame. Cette forêt anciennement humide a fait l'objet d'une exploitation et de drains qui ont conduit à son assèchement et aux modifications de son écosystème. Ce projet de restauration passe par différentes étapes de faisabilité préalable :

- L'exploitation des plantations afin de rouvrir le milieu,
- La restauration d'une fonctionnalité hydrogéologique et hydraulique nécessaire au maintien d'une lande humide. En l'état, lors des ouvertures précédentes réalisées par l'ONF, la recolonisation des milieux ouverts par des fougères démontraient un niveau de la nappe trop bas et des drainages trop importants sur la zone.

Dans le cadre de ce projet, l'ONF prévoit également la création de mares dans un objectif d'alimentation en eau des espèces. La SGP apporte déjà une plus-value à ce projet en proposant la création d'une mare à fort potentiel pour le Faucon Hobereau (Cf. Mesure compensatoire sur le Faucon Hobereau de la partie Faune/Flore). La mesure de compensation « zone humide » vise donc à apporter une plus-value écologique au projet au travers des actions suivantes :

- Recréation d'une zone humide forestière (mosaïque de boisements et de landes) ;
- Identification par un écologue de terrain des arbres favorables à la nidification du Faucon hobereau et à l'ensemble des espèces patrimoniales à maintenir dans le cadre de cette réouverture du milieu qui sera réalisée par l'ONF ;
- Appui technique à l'ONF :
    - pour la réalisation d'un schéma de principe du fonctionnement hydraulique et hydrogéologique de la forêt de Notre Dame. Ce diagnostic vise ensuite à localiser et installer des piézomètres afin d'approfondir le fonctionnement théorique de la nappe et des écoulements et d'en assurer le suivi. Le diagnostic complet et le suivi des piézomètres permettra de localiser précisément l'emplacement les bouchons à mettre sur les fossés de drainage et la faisabilité de cette opération ;
    -

- sur la localisation de la pose de bouchons par rapport aux habitats naturels et à la faune de la zone.

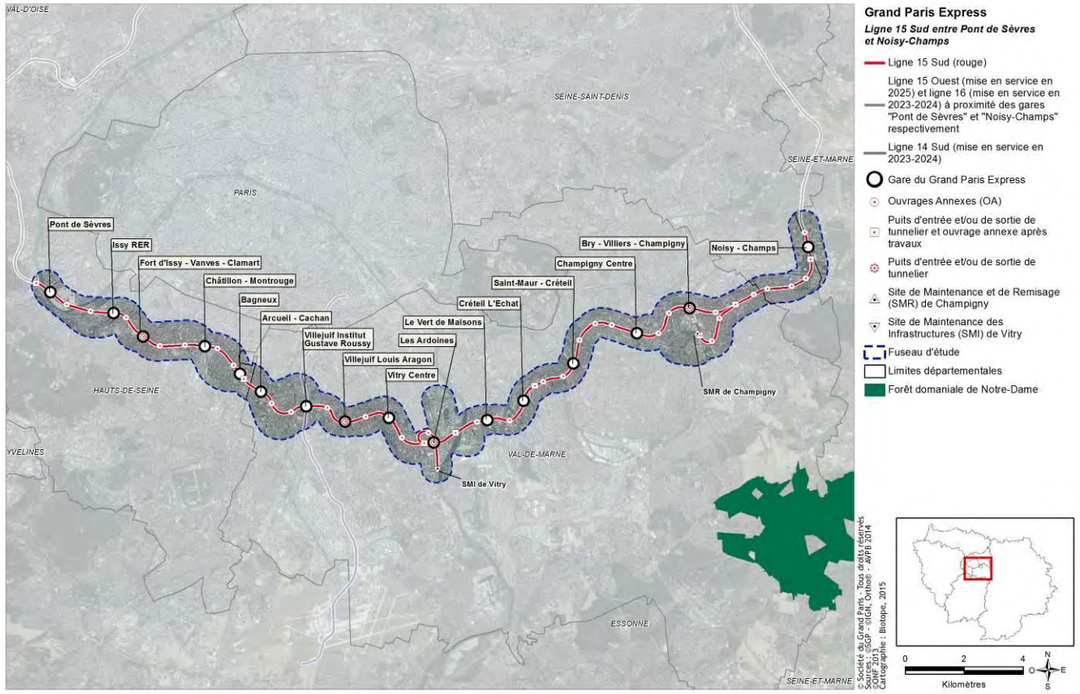
- Financement du diagnostic, du dossier Loi sur l'eau, de la pose des piézomètres et de la pose des bouchons ;
- Mise en place d'un suivi à long terme.

Fonctions concernées : fonctions écologiques (habitats) et fonction hydrologiques

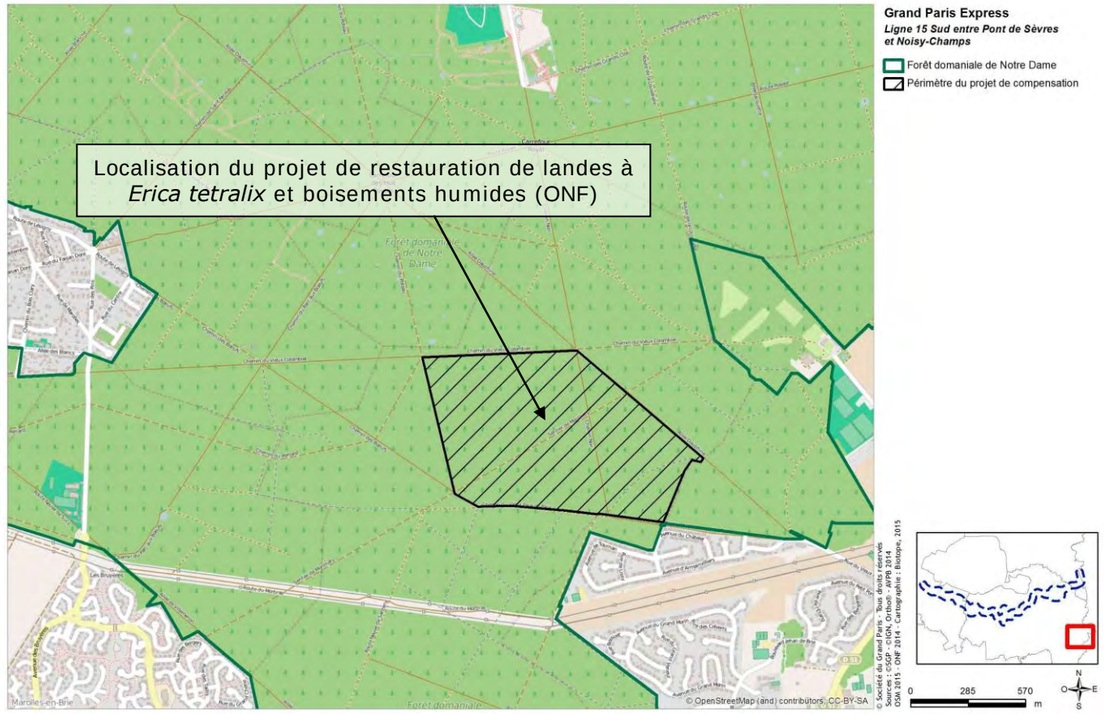
<u>Espèces concernées</u> : Cortège de faune des milieux humides et aquatiques

c. <u>Localisation de la mesure de compensation</u>

La mesure sera mise en œuvre dans la forêt de Notre Dame. **La mesure se localise à environ 4,5 km du fuseau d'étude et à environ 6 km des impacts résiduels induits par le projet**.



Localisation de la forêt de Notre-Dame par rapport au fuseau d'étude



Localisation de la mesure de compensation en Forêt de Notre-Dame

d. <u>Présentation de la mesure de compensation</u>

<u>Modalités de gestions et identification des arbres à maintenir dans le cadre du projet de l'ONF</u>

Le projet qui sera porté en maitrise d'ouvrage par l'ONF intègre des opérations ciblées d'abattage d'arbres. En amont à ces opérations, un écologue expertisera le terrain afin d'identifier des résineux porteur de nids de corneilles noires favorables à la nidification du Faucon Hobereau (87 % des nids occupés par le faucon hobereau sont des nids de Corneilles noires (H.VIGNEAU, Y.DUC & al. 2001)), en particulier les Epicéas en lisière. Cette action permettra de localiser précisément ces éléments qui seront maintenus dans le cadre de la mise en œuvre du projet de l'ONF.

Un état initial des principales parcelles forestières concernées a été réalisé par l'ONF et le bureau d'étude OGE en 2011 -2012. Il sera actualisé afin de préciser le plan de gestion de cette mesure.

<u>Généralités sur le fonctionnement hydraulique de la foret de Notre Dame</u>
Une étude bibliographique et un complément de terrain sur la base de récolte d'études existantes (géologie, hydrogéologie, macrorelief, exutoires, cours d'eau récepteurs) permettront d'avoir une vision du fonctionnement général de la zone.

<u>Fonctionnement hydraulique plus détaillé de la zone considérée (celle délimitée sur plan ci-dessous)</u>

Dans le cas où il n'existe pas de topographie fine sur la zone de projet, deux expertises seront menées :

- un parcours des allées du périmètre pour identifier les points de sortie superficiels (buses, ponts, chenaux, etc.),
- un parcours de l'intérieur de la zone pour appréhender de manière générale la microtopographie.

Identification de points de pose de piézomètres

Suite aux études précédentes, un réseau de pose de piézomètre sera défini afin de suivre le fonctionnement hydrogéologique de la zone.

Selon le type de données à récolter, un cahier des charges sera défini permettant de définir la localisation, la profondeur des sondages et leurs justifications.

Cette étude comprend la réalisation d'un dossier Loi sur l'eau pour la pose de piézomètres.

En parallèle, des relevés floristiques et faunistiques seront réalisés par un écologue afin de définir le niveau d'enjeu écologique.

Identification de la localisation des bouchons

Le croisement des différentes données hydraulique, hydrogéologique, topographique et écologique permettra de définir la localisation des bouchons qui seront réalisés en matériaux de récupération des bois exploitées ou par remblais.

La mise en œuvre de ces bouchons sur les drains existants et les abatages ciblés vont permettre rapidement de faire remonter le niveau de la nappe et ciblés de modifier les habitats et la structure de la végétation.

e. Mise en place d'un suivi à long terme

Un suivi annuel au cours des 3 premières années suivants la restauration sera réalisé afin d'en observer l'évolution et la colonisation par les espèces de flore et de faune inféodées à ce type de milieux.

S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des habitats restaurés.

Dans le cadre d'une convention de gestion, l'ONF assurera la gestion de ce milieu humide recréé.

f. Plus-value écologique

Cette mesure compensatoire apporte une plus-value écologique au niveau d'une forêt domaniale d'Ile-de-France. Cette mesure s'inscrit ainsi dans la logique d'additionnalité de la démarche ERC. L'additionnalité se doit d'être à la fois écologique et de ne pas se substituer à des engagements publics ou privés.

Il s'agit notamment de :

- Renforcer et compléter les dispositions déjà prises ou à venir sur ces espaces;
- Proposer des actions complémentaires ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestions ;
- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Renforcer la communication auprès du public ;
- Mettre en place des expérimentations quant à la mise en œuvre de mesure de gestions et de restauration de la biodiversité ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.

Une convention précisant l'ensemble de ces modalités est en cours de réalisation entre la SGP et l'ONF. Le plan de gestion précisant ces modalités sera transmis au service de la police de l'eau avant le 31 décembre 2015. La mise en œuvre effective de cette mesure est projetée à l'hiver 2015/2016.

g. Coûts estimatifs de la mesure

Le coût estimatif de la mesure est estimé entre 17 000 et 20 000 euros.

Ce coût intègre les études et la réalisation des travaux et des suivis. La forêt de Notre-Dame est une forêt domaniale, il ne s'agit donc pas avec cette compensation de réaliser de l'acquisition mais d'apporter des éléments techniques et financiers pour la restauration d'une zone humide à travers la restauration de son fonctionnement hydrologique.

1.13.6.5 Synthèse sur les mesures de compensation

Concernant les zones humides, des mares vont être recrées sur deux secteurs à minima, l'un sur le fuseau (SMR de Champigny) et l'autre sur le bois de Célie (PRIF de l'AEV) et une restauration de boisements et landes humides à *Erica tetralix* en forêt de Notre-Dame va être réalisée pour compenser la zone humide du SMR de Champigny.

Enfin, sur le secteur du SMR de Champigny, la zone humide très dégradée et non impactée par le projet de SMR et projets connexes sera réhabilitée avec la création d'un réseau de mares et de milieux associés hygrophiles. De nouvelles zones humides (noues artificielles et mares) seront recrées suite à la phase chantier sur le secteur sud-ouest.

Secteurs concernés	Surface impactée	Espèce ciblée par la compensation	Habitats d'espèces	Surface compensée in situ	Surface compensée ex situ mais au sein du fuseau de la Ligne 15 Sud	Mesure de compensation réalisée ex-situ, hors fuseau d'étude	Surface compensée	Commentaire
SMR de Champigny	5 737 m²	Espèces communes et ubiquiste	ZH : Boisement rudéral – Zone humide relictuelle sur critère pédologique	Restauration de zones humide (mesures d'accompagnement) Aucune mesure de compensation possible in-situ	Aucune mesure de compensation possible dans le fuseau d'étude	Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF)	80 ha de boisement et landes humides	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet
Noisy-Champs	599 m²	Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué, Triton crêté	ZH : 2 mares forestières en cours d'assèchement	Aucune mesure de compensation possible in-situ	Aucune mesure de compensation possible dans le fuseau d'étude	Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (PRIF AEV) Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF)	1 mare créée et 5 autres restaurées (> 600 m²) Boisement et lande humides (>80 ha)	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet

Au total ce sont plus de 80 ha de zones humides qui vont être recréées et restaurées afin de compenser moins d'un hectare de zones humides relictuelles détruites en secteur urbain. Cette compensation à travers des actions de restauration en forêt domaniale et au sein d'un PRIF va être mise en œuvre sur des fonciers préservés à long terme et avec un engagement de gestion de la SGP auprès des gestionnaires.

La superficie compensée en forêt de Notre-Dame est bien plus importante que ce qui pouvait être attendu. Ce choix est fait car cette mesure ne s'appuie pas sur la mise en œuvre d'une nouvelle acquisition foncière qui va être pérennisée puisque les terres concernées sont déjà dans le domaine public domanial.

La compensation zone humide proposée est uniquement mobilisée pour le besoin compensatoire de la ligne 15 Sud.

1.13.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux zones humides

Section	Ouvrages concernés	Niveau d'enjeu	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet	Mesures compensatoires
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides.					
Issy RER à Arcueil-Cachan	Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides.					
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux forts à proximité	*Impact direct* Pas d'impact sur les zones humides *Impact indirect* Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité Destruction d'individu Dérangement	- Balisage des zones humides à proximité - Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Mise en place de barrière anti-retour - Adaptation des vitesses de circulation - Humidification des pistes de chantier - Gestion des déchets	Négligeable	Aucune
Vitry Centre à Champigny Centre	OA Friche Arrighi	Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux modéré à proximité	*Impact direct* Pas d'impact sur les zones humides *Impact indirect* Pas d'impact sur les zones humides	- Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune
Champigny Centre à Noisy-Champs	Gare de Noisy-Champs	Enjeu faible à modéré	*Impact direct et indirect* Destruction et dégradation de zones humides Destruction d'individu *Impact indirect* Dégradation de zones humides Destruction d'individu Dérangement	- Optimisation de l'emprise chantier - Balisage des zones humides et de la flore associée présentes à proximité - Balisage de la Renouée du Japon/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Mise en place de processus de capture/ déplacement - Mise en place de barrière anti-retour - Adaptation des vitesses de circulation, humidification des pistes de chantier	Faible à Modéré Destruction de zones humides (599 m²)	**Recréation de zones humides** *Création de mares sur le bois de Célie en partenariat avec l'AEV (>600 m²)* *Restauration de boisements et landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (< 80 ha)*
	SMR de Champigny	Enjeu faible	*Impact direct* Destruction de zones humides Dégradation de zones humides par dissémination *Impact indirect* Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité	- Optimisation de l'emprise chantier - Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Balisage des zones humides présentes à proximité - Balisage de Robinier Faux acacias/ Eradication et retraitement en filière spécialisée Mesure d'accompagnement : *Restauration et amélioration de zones humides terrestres sur le SMR de Champigny*	Faible à Modéré Destruction de zones humides non fonctionnelles (0,57 ha)	**Recréation de zones humides** *Restauration de boisements et landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (<80 ha)*

1.13.8 Coûts liés aux mesures

Coûts des mesures concernant les zones humides et la faune associée

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
	Détails pratiques et financiers de la mesure	Estimation chiffrée des coûts
Formation obligatoire du personnel de chantier	A intégrer à la mission du Coordinateur environnemental	-
Eviter la prolifération d'espèces invasives	Décapage et mise en dépôt, ou évacuation de la terre végétale (sans traitement) : 3 à 4 euros le m3 Ensemencement d'espèces rustiques et locales : 1 à 2 euros le m²	Pas de données relatives aux volumes des déblais
Remise en état du sol après travaux	Reprise de terre végétale stockée : de 3 à 5 € par m3 Apport de terre végétale : de 10 à 18 € par m3 Remodelage, talutage : 4 à 6 euros par m3 Plantations : dépendant des essences sélectionnées	La plupart des infrastructures sont situées en contexte urbain Dépend du volume exporté
Suivi écologique du chantier	Mise en place d'un PRE (plan de Respect de l'Environnement) et SOPRE (Schéma Organisationnel du PRE), suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au Document de Consultation des Entreprises de travaux Suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j <u>Coût du suivi de chantier :</u> - Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux : coût approximatif : au minimum 50 000 € pour l'assistance à MOE lors de la planification du chantier et entre 10 à 20 k€ HT / an en sus des autres prestations de suivis - Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois ou selon une fréquence adaptée aux risques potentiels des opérations à mener	Suivi écologue = 25 000 €
Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels et élaboration d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles	- Bassin de décantation provisoire : 20 à 35 € par m² - Fossé provisoire de collecte : 2 à 3 € par ml - Imperméabilisation par géomembrane : 8 à 10 € par m² - Barrage flottant intervention rapide : 600 € (5 m) à 2 700 € (20 m)	S'agissant du plan de lutte contre les pollutions accidentelles, il convient de se référer à la partie milieu physique
Adapter le calendrier des travaux	Pas de coût associé. Il convient de l'intégrer au plus tôt au programme de travaux et à la mission du maître d'œuvre lors de la planification du chantier.	A intégrer dans le programme de conception Pas de surcoût estimé si intégré suffisamment en amont des travaux
Ne pas éclairer le chantier la nuit	Le coût de cette mesure est difficilement estimable. Il apparait vraisemblablement comme négatif, puisqu'il permet une économie d'énergie.	-
Déplacement d'individus	En lien avec le suivi extérieur par un écologue : en fonction du chantier et des pics d'activité Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j <u>Coût du suivi de chantier :</u> - Suivi en interne par le coordinateur et les correspondants environnement : à intégrer au cahier des charges des entreprises de travaux : coût approximatif : au minimum 50 000 € pour l'assistance à MOE lors de la planification du chantier et entre 10 à 20 k€ HT/ an en sus des autres prestations de suivis - Suivi extérieur par un écologue : 900 € /j, deux visites par mois ou selon une fréquence adaptée aux risques potentiels des opérations à mener	Suivi écologue = 18 600 €
Rendre la zone de travaux peu attractive	A intégrer dans le programme de travaux	Pas de surcoût
Balisage de l'emprise du chantier	Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j pour la mise en place <u>Coût du balisage :</u> - Rubalise entre 15€ le rouleau de 500 m (rubalise simple) et 32€ le rouleau de 250 m (rubalise biodégradable et personnalisable - Grillage plastique : de 48 à 58 € les 50 m en fonction de l'épaisseur - Cordage - Piquets : 15 à 30 € les 10 (un piquet tous les 3-4 mètres environ) - flotteurs ligne d'eau : 70 € les 20 unités - bouées de mouillage : 7 € l'unité - points morts : ancres à 11 € pièce	Fonction du balisage envisagé lors du démarrage du chantier

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure	
	Détails pratiques et financiers de la mesure	**Estimation chiffrée des coûts**
	Coût des clôtures : - clôtures à mailles fines pour petite faune : 15 à 20 € par mètre linéaire	
Barrage anti-MES	Coût jour d'un chargé d'étude : 580 €/j pour la mise en place Barrage avec jupe en géomembrane : 2 500 à 5 000 €	Selon fréquence du dragage et travaux en Seine
Dispositif antichute de matériaux en Seine	Filet maille fine et épaisse Clapet métallique en bord d'estacade Godet à clapets	Pas de surcoût si pris en amont pour la constitution de l'estacade
Suivi spécifique des sites à forts enjeux	Coût indicatif pour le suivi d'une zone à enjeux écologiques de 30 ha : - Suivi des amphibiens (2 passages d'expertise annuels) : 1 400€/an - Suivi des oiseaux (4 passages d'expertise annuels) : 2 800€/an - Suivi des mammifères (1 passage d'expertise annuel) : 700 € /an - Suivi des poissons (2 passages d'expertise annuel)	Passage d'un fauniste (Villejuif Institut Gustave Roussy) et berge de l'Ile-de-Monsieur =2 800€
Mesure de compensation en forêt de Notre Dame (ONF) Restauration de landes humides en forêt de Notre Dame	Restauration de landes humides à *Erica tetralix* en forêt de Notre Dame (<80 ha)	17 000 et 20 000 euros.
Mesure de compensation sur la forêt de Célie (AEV) Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares dans le bois de Célie (10 ha d'habitats terrestres)	Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de 5 mares forestières (> 600 m²) : 36 000 € Conception, réalisation et installation d'un panneau d'information à l'attention du public : 6 000 € Entretien sur 30 ans : 7 000 €	59 000 €

1.14 Frayères

1.14.1 Secteurs d'aménagements concernés par la présence de frayères

Pour les 3 secteurs d'aménagement concernés par la présence de faryères en interaction avec le projet (Ile de Monsieur, Pont de Sèvres et Friche Arrighi), des impacts directs et indirects ont été identifiés sur la base des informations issues du chapitre précédent.

Dans un premier temps, tous les impacts et les mesures communs aux trois ouvrages seront présentés. Les impacts et mesures spécifiques à chaque ouvrage seront précisés dans les chapitres des ouvrages concernés.

1.14.2 Impacts et mesures sur les frayères en phase travaux

1.14.2.1 Impacts et mesures communs aux 3 secteurs d'aménagement

a. Impacts bruts généraux

L'installation de bases chantiers en bord de Seine peut avoir diverses conséquences directes sur les berges, les habitats aquatiques et la qualité physico-chimique des eaux de la Seine :

- Le risque de pollution des eaux liée à la présence d'engins de chantier est aléatoire et difficilement quantifiable,
- Le risque de pollution par la chute de déchets flottants.

Les travaux en berges de Seine pourront également avoir des impacts sur le faune piscicole :

- Le dérangement,
- La mortalité par chute de matériaux en Seine,
- La mortalité par la destruction de frayères.

b. Mesures d'évitement

Précautions et limitation des pollutions

Concernant les pollutions accidentelles, les contaminants et sources de pollution au sein des bases chantier seront éloignés au maximum de la Seine et des zones humides afin de limiter le risque de contamination directe par ruissellement des eaux superficielles. Le traitement des eaux de ruissellements, chargée en boue (terrassement, passage engins), en hydrocarbures devra également être réalisé afin de ne pas rejeter directement dans le milieu naturel. Les bases chantiers seront étanchéifiées couplé à un système de récupération des eaux qui débouchera sur un bassin de décantation. Ces eaux, une fois stockées et traitées, seront rejetées dans les réseaux collectifs/ acheminées par camions citernes en centre de traitement.

L'entreprise aura à charge la surveillance des conditions de stockage et de manipulation des produits toxiques et potentiellement dangereux. Il est par conséquent important de respecter quelques précautions élémentaires lors de la mise en place et de l'occupation du chantier, afin de prévenir le maximum de ces risques :

- Les bassins de dépollution, s'ils sont nécessaires, seront installés au niveau des aires de lavage, d'entretien et de stationnement des véhicules, qui devront se situer sur les aires de chantier étanches,
- Le ravitaillement des engins sera effectué sur les aires d'entretien, à l'aide de volucompteurs équipés de becs verseurs à arrêt automatique et éloignés de la Seine,
- Les opérations d'entretien des engins, réalisées dans tous les cas sur des aires étanches aménagées et munies d'installation de traitement des eaux résiduaires (aires étanches + déshuileur), ne seront pas effectuées à proximité de la Seine et des zones humides,
- Les produits dangereux et toxiques devront être éloignés des berges de Seine et des zones humides en cas de non utilisation, à l'abri du vent pour éviter l'envol et protégés de l'eau afin de limiter la solubilité ou le ruissellement en Seine,
- En cas de pollution accidentelle, un dispositif de limitation de la pollution sera mis en place rapidement (matériaux d'absorption, barrage flottant, paillage, kit de dépollution, etc.),
- Les installations fixes seront équipées d'un dispositif de fosse étanche efficace récupérant les eaux usées.

Les zones de stockage seront signalées vis-à-vis de la circulation avec une signalétique appropriée.

D'autre part, les grilles et avaloirs pour réception des eaux de ruissellement des voies et parkings, ou d'assèchement des fouilles, devront être conçus avec une décantation suffisante et un système de siphonage pour éviter les déchets légers ne soient entraînés dans les réseaux publics.

Enfin, la qualité des eaux usées rejetées du chantier devra respecter les contraintes liées aux valeurs limites de qualité des eaux rejetées. Des essais mensuels, sur un échantillon moyen de 24 h proportionnel au débit écoulé, permettront d'analyser la qualité des rejets. En outre, une convention de rejet des eaux usées pourra être signée entre l'entreprise, la Société du Grand Paris et le gestionnaire de réseau.

Suite à la mise en place de dispositifs de précautions et de limitation des pollutions, l'impact sur la faune et les zones humides est jugé comme faible.

Gestion des déchets

Les chantiers sont à l'origine de déchets qui peuvent accidentellement être déversé en Seine et créer une pollution flottante (plastiques, bois, etc.)

La gestion des déchets devra être assurée rapidement et dans des conditions de stockage, de collecte et de traitement optimales en faisant appel si nécessaire à des entreprises agrées.

Des barrages flottants seront implantés autour des zones de travail. Ils permettront de récupérer les déchets flottants qui seront ensuite collectés puis traités dans les conditions adéquates. Un tri systématique des déchets sera effectué.

Quant aux déchets industriels spéciaux solides et liquides (bois traités, huiles, solvants, etc.), le tri sera effectué conformément à la réglementation en vigueur.

Au cas où, pour des raisons de manque de place, un tri sélectif ne peut pas être mis en place sur l'emprise chantier, l'entreprise devra avoir l'accord de la maîtrise d'œuvre et de la Société du Grand Paris pour qu'un tri équivalent soit effectué dans un centre de tri extérieur à la zone. L'entreprise fournira les justificatifs de ce tri.

L'impact par les déchets est considéré comme négligeable.

Précautions lors du transfert de matériaux

Dans l'objectif de limiter la chute de matériaux dans la Seine, lors du transfert entre la berge et les barges, plusieurs systèmes seront mis en place.

Concernant l'Ile-de-Monsieur, un système de bande transporteuse viendra prendre le relais des bandes transporteuses souterraines. Cette bande transporteuse de déversera dans la seconde qui transportera les matériaux directement dans la barge. Cette bande transporteuse sera hermétique, sans mouvement d'air et se déversera directement dans les barges.

Pour le Pont-de-Sèvres et la Friche Arrighi Vitry, des parapets métalliques et des filets à maille très fines (laissant passer la lumière) faisant le lien entre la berge et la barge limiteront la chute en Seine.

De plus, des barrages anti-MES seront disposés autour de la zone de chargement en barge pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire.

L'impact direct sur les habitats humides par la chute de matériaux dans la Seine est jugé comme négligeable.

Préserver les frayères de la faune piscicole en lit majeur

L'impact direct sur les berges est faible à négligeable étant donné leur nature (berges maçonnées, palplanches et enrochements liés). La présence de quelques jeunes arbustes et arbres affleurants ne représente pas un impact important sur le projet. Les emprises chantier ne concernent aucun habitat piscicole en berge.

L'impact par destruction/dégradation des habitats piscicoles en berge en phase chantier est considéré comme négligeable.

Limiter l'augmentation du batillage

L'augmentation du trafic sur le secteur de Pont de Sèvres et de la Friche Arrighi Vitry aura pour impact de reporter temporairement l'ensemble des poissons sur les habitats de vie à proximité. L'augmentation du trafic sur la faune présente à proximité n'aura pas d'impact notable.

L'impact par augmentation du batillage sur les zones humides et la faune inféodée est considéré comme négligeable à faible.

Adapter le calendrier des travaux

L'impact sur les frayères est variable entre les différents ouvrages. Toutefois, afin de limiter la mortalité de la faune piscicole, les périodes les plus favorables à la reproduction des espèces seront écartées. **Le calendrier des travaux sera adapté** de telle sorte que les opérations en Seine **soient réalisées en dehors des périodes de reproduction des espèces piscicoles (avril-juillet).**

Périodes de reproduction des espèces piscicoles d'après la bibliographie

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Perche fluviatile			***12 à 14°C***					
Ablette				***15°C***				
Chevaine				***15°C***				
Gardon				***20°C***				
Grémille				***10 à 15°C***				
Sandre				***11 à 16°C***				
Brème				***12 à 16°C***				
Rotengle				***18 à 27°C***				
Carassin					***15 à 19°C***			
Silure glane					***20 à 25°C***			
Brème bordelière					***12 à 16°C***			
Tanche					***> 18°C***			
Perche soleil					***15 à 30°C***			

Selon Calendrier des périodes de frai des espèces autochtones (BRUSLE et al., 2001)

Eviter la dissémination des Matière En Suspension

La réalisation de travaux en Seine va engendrer une remise en suspension des particules les plus fines. La restitution des matériaux en suspension, même localisée en rive gauche du chenal de navigation, aura des impacts indirects sur les habitats aquatiques à proximité et en aval. Ce panache de MES se développera vers l'aval sur une distance estimée d'environ 1 000 m. La remise en suspension de sédiments est également susceptible de provoquer la modification physico-chimique du milieu, la surabondance d'éléments nutritifs, la réduction de la limpidité de l'eau, l'échange de contaminants et l'enfouissement d'organismes benthiques. Ces changements de caractéristiques physico-chimique et nutritive de la Seine, sur un linéaire, une aire d'influence et une temporalité réduite, aura un impact limité sur la faune piscicole mais potentiellement important sur les habitats aquatiques présents à proximité. Même si ces zones sont très localisées dans l'axe du panache et s'estompent rapidement avec la décantation des MES, l'impact sur les milieux à l'aval est potentiel.

Afin de limiter, l'impact, des barrages anti-MES seront disposés autour des engins de dragage et de la zone de chargement en barge pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire. De plus, des godets à clapets seront utilisés sur les pelles mécaniques pour éviter la dispersion des sédiments à la remontée. (Si technique d'extraction par pelle mécanique).

Par ailleurs, seules des techniques mécaniques seront employées (type pelles mécaniques à godets clapet) et non des techniques pouvant entraîner de forts rejet de matières en suspension en Seine (suceuse avec rejet latéral par exemple).

L'impact de la remise en suspension de fines lors de travaux en Seine, sur les habitats aquatiques et la faune, sera négligeable à faible.

Balisage des frayères présentes à proximité

La présence d'habitats aquatiques, et notamment de frayères, présents à proximité des ouvrages représente un impact potentiellement important. Dans l'objectif de limiter l'impact indirect sur les habitats de vie de la faune piscicole présents à proximité des emprises chantier et de l'ouvrage, les interventions seront limitées à l'emprise stricte du chantier. Un balisage des zones favorables à proximité et non impactées sera effectué. La mise en défens consistera à baliser le chantier et exclure toute nouvelle emprise à proximité. La mise en défens de ces secteurs s'accompagnera de la mise en place de panneaux de signalisation et d'une information de l'ensemble des personnels de chantier par un écologue en charge de l'accompagnement des travaux. La mise en défens des secteurs terrestres (berges) et le balisage avec des bouées visibles des ouvriers (pour les milieux humides et aquatiques) seront réalisés durant la phase préparatoire de chantier, avant le passage des engins et les travaux en Seine.

L'impact indirect de l'installation des bases chantiers et des travaux, par destruction ou dégradation d'habitats aquatiques et de berges sera négligeable à faible.

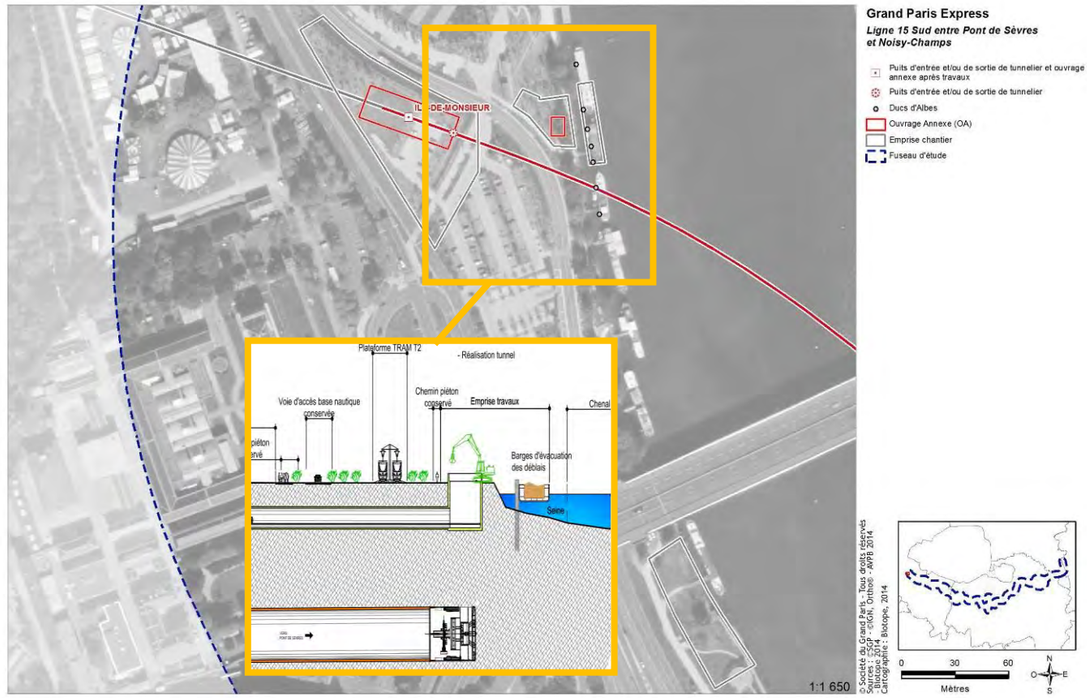
1.14.2.2 OA 2301P - Ile de Monsieur

a. Présentation de l'ouvrage annexe de l'Ile-de-Monsieur

L'ouvrage annexe de l'Ile-de-Monsieur nécessite lors de la phase travaux :

- La mise en place d'emprise chantier sur les berges de la Seine de 622 m² et 30 ml en aval du pont et 2000 m² et 82 ml en amont du Pont,
- La réfection de 7 Ducs d'Albe distants d'environ 5 m de la berge,
- Le dragage annuel d'entretien de la Seine au droit du secteur d'aménagement sur environ 100 ml, au-delà des ducs d'Albe présents, durant 7 à 8 années,
- La présence de 2 barges de 570 T ou d'une barge de 1880T dédiées aux déblais et à l'approvisionnement des voussoirs sur un trafic de l'ordre de 2 à 1 barges/ jours durant 7 à 8 années.

La zone, en l'état, permet un fonctionnement possible de l'appontage de chantier selon une organisation contrainte par la typologie des travaux et la configuration existante.



Vue en plan et coupe transversale de l'implantation des ducs d'Albe et barge d'évacuation des déblais

b. Impact bruts spécifiques

L'installation de deux bases chantiers en bord de Seine peut avoir diverses conséquences directes sur les berges, les habitats aquatiques et la qualité physico-chimique des eaux de la Seine :

- La dégradation de frayères,
- Le dérangement de la faune piscicole.

c. Mesures d'évitement

Implantation de nouveaux Ducs d'Albe en dehors des zones d'herbiers aquatiques

L'implantation de nouveaux Ducs d'Albe en Seine, lors de l'implantation du chantier, sera nécessaire en particulier dans le cas de l'accostage d'une barge de 1880 T. Toutefois, ils seront installés à une distance de plus de 5 m de la berge. L'implantation pourrait dégrader 108 m² de frayère pour les espèces phytophiles et 228 m² de zone d'alimentation et de cache. Afin d'éviter les impacts, les Ducs d'Albe seront implantés sur des secteurs dépourvus d'herbiers aquatiques (présents entre la berge et les Ducs d'Albe). Les herbiers présents à proximité, installés sur des zones de hauts fonds seront préservées par la mise en place d'un balisage avec des bouées durant la phase préparatoire aux travaux, avant le passage d'engins et durant les travaux en Seine. De plus, afin de limiter l'impact des MES, des barrages anti-MES seront disposés autour des engins de pose pour limiter les risques de dispersion des sédiments. Ces barrages seront déplacés au gré de l'avancement du chantier si nécessaire.

De plus, au regard des surfaces de frayères disponibles à proximité immédiate (4 870 m²), **l'impact est jugé comme faible.**

De la même manière, l'impact sur les zones d'alimentation et de repos apparaît faible. La surface de 228 m² sera délimitée et le caractère très clairsemé des herbiers aquatiques au regard des surfaces disponibles (1 429 m²) limite l'impact.

L'impact est donc considéré comme négligeable à faible.

Limiter l'augmentation du batillage sur les herbiers aquatiques présents à proximité

La navigation des barges sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur aura pour conséquence temporaire d'augmenter le batillage du au mouvement de départ et d'arrivée des péniches. Les embarcations actuellement en stationnement (bateau « habitation ») permettent de réduire l'effet du batillage sur cette berge de la Seine. Le retrait des péniches, combiné à l'augmentation du gabarit des barges, aura pour conséquence d'augmenter l'effet du batillage sur les habitats aquatiques à proximité. Ces habitats doivent être préservés au maximum de l'augmentation du batillage. Dans le but de réduire l'effet du batillage dû à l'augmentation de la navigation des barges, la mise en place de pieux en bois rapprochés, en amont et en aval des emprises, lors des travaux de mise en place du chantier en Seine (Ducs d'Albe), permettront de casser les vagues et de limiter l'impact sur les herbiers présents à proximité. Ces pieux permettront de plus l'installation de mousses et de flore favorables à l'alimentation de la faune et seront source de support pour les oiseaux.

L'impact est alors jugé comme faible.

Eviter la dissémination d'espèces envahissantes

La présence d'espèces de poissons envahissants au droit du secteur d'aménagement de l'ile-de-Monsieur ne présente pas une contrainte forte. Les espèces présentent de forte capacité de nage et de résistance. L'impact par l'implantation des emprises chantier et de l'estacade est négligeable. Toutefois, en cas d'observation d'individus d'Ecrevisse ou de Poisson chat, une destruction des individus est obligatoire. Les spécimens ne devront pas être réintroduits dans la Seine.

L'impact direct des installations de chantier en Seine, sur les espèces piscicoles envahissantes est négligeable.

d. Mesures de réduction

Limiter la dégradation des herbiers aquatiques et des frayères par le dragage d'entretien

Durant 7 à 8 ans, la réalisation de dragage sera nécessaire afin d'entretenir la zone et de maintenir la bathymétrie du site pour l'accostage des barges. L'impact du dragage annuel sera limité sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur. La réalisation du dragage au-delà des ducs d'Albe (5 m) concernera des substrats limoneux plus profonds sans végétation sur un volume estimé à 900 m3.

Les dragages d'entretien, en maintenant une profondeur constante, ne modifient pas significativement la bathymétrie des zones draguées et n'entraînent pas de changement notable de la nature des fonds à long terme. Les volumes dragués lors des opérations d'entretien sont faibles et représentent au maximum 10 à 15 % du volume initial par an ; à la différence des dragages de fond liés à des travaux neufs, qui ont par contre un effet beaucoup plus marqué sur les composantes du milieu. L'ensemble des travaux entrainera la suppression de milieux benthiques probablement peu diversifiés.

Le renouvellement de l'action de manière annuelle limitera la reprise naturelle de la végétation et donc la destruction de milieux favorables et la faune piscicole qui aurait pu trouver une zone de frai, d'alimentation ou de repos.

Par précaution, les interventions en Seine seront toutefois réalisées en dehors des périodes de reproduction de la faune piscicole (avril à juillet).

La fréquence des dragages est déterminée par la réalisation d'un levé bathymétrique de la zone concernée une fois par an pour déterminer le niveau de sédimentation. L'accroissement annuel du niveau de sédiment et le tirant d'eau restant, sont les paramètres permettant de déclencher ou non le dragage. Le responsable en sera la Société du Grand Paris, maître d'ouvrage des travaux. La SGP envisage, dans le cadre des conventions passées avec Ports de Paris et Voies Naivgables de France, la possibilité d'inclure les dragages dont elle a la charge dans le programme d'entretien de la Seine. Cela permettrai de réduire le nombre d'opérations de dragages sur une même section.

Par ailleurs, seules des techniques mécaniques seront employées (type pelles mécaniques à godets clapet) et non des techniques pouvant entraîner de forts rejets de matières en suspension en Seine (suceuse avec rejet latéral par exemple).

Enfin des dispositifs anti-MES seront disposés autour des emprises de dragage afin de limiter l'impact par dispersion sur les zones de frayères présente à proximité.

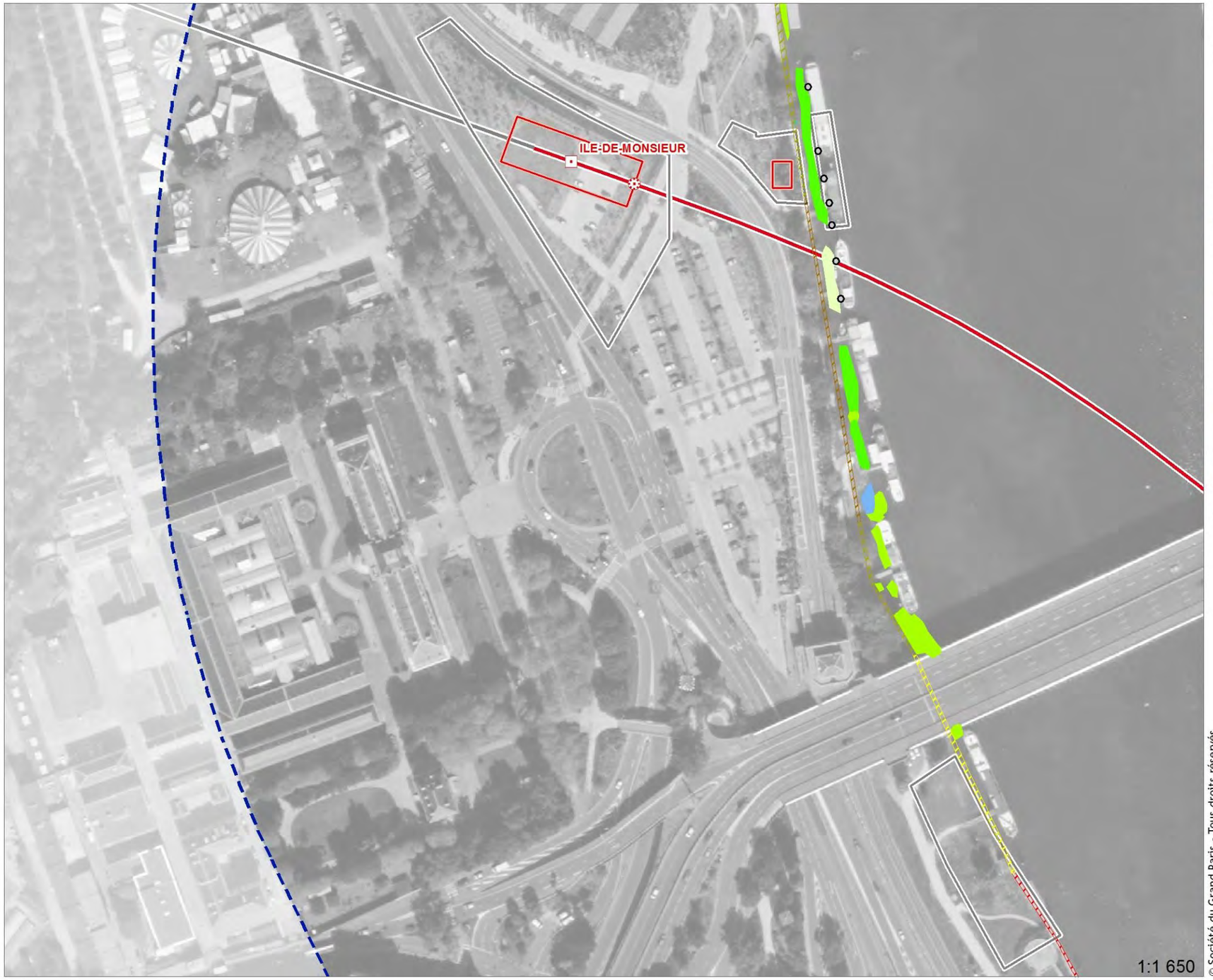
L'impact du dragage annuel sur la faune piscicole et les habitats aquatiques est jugé modéré.

Les matériaux dragués seront évacués sur la base du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais. Ce schéma doit ainsi garantir une parfaite cohérence entre les filières de gestion proposées et la réglementation en vigueur.

Limiter le dérangement de la faune piscicole lié au dragage

Le matériel utilisé pour le dragage et les travaux en lit mineur (nouveaux Ducs-d'Albe) est source de bruit pouvant engendrer des désagréments à proximité des zones curées, l'eau facilitant la propagation du bruit. Les types et intensités de bruits peuvent être nombreux et variés lors de la phase travaux. La sensibilité des différentes espèces vis-à-vis de ces perturbations est complexe à appréhender du fait du faible nombre d'études menées sur ce sujet. Par prévention, des adaptations temporelles devront être envisagées afin de ne pas perturber la reproduction des espèces piscicoles à proximité lors des dragages (avril à juillet). **Du fait de la temporalité très réduite des dragages, du linéaire impacté, l'impact est jugé comme faible.**

Emprises chantier, habitats de berges et aquatiques sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ducs d'Albes
- Ouvrage Annexe (OA)
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude

Milieux rivulaires et aquatiques

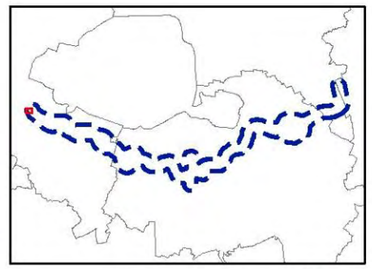
Végétation aquatique

- Blocs, substrat sablo-graveleux, hélophytes
- Herbiers clairsemés et bryophytes
- Herbiers denses
- Herbiers moyennement denses et bryophytes

Berges

- Arbre affleurant
- Berges maçonnées
- Berges maçonnées et palplanches
- Enrochements liés, blocs immergés non liés
- Enrochements liés, blocs immergés non liés en base
- Enrochements liés, blocs immergés non liés et arbre affleurant

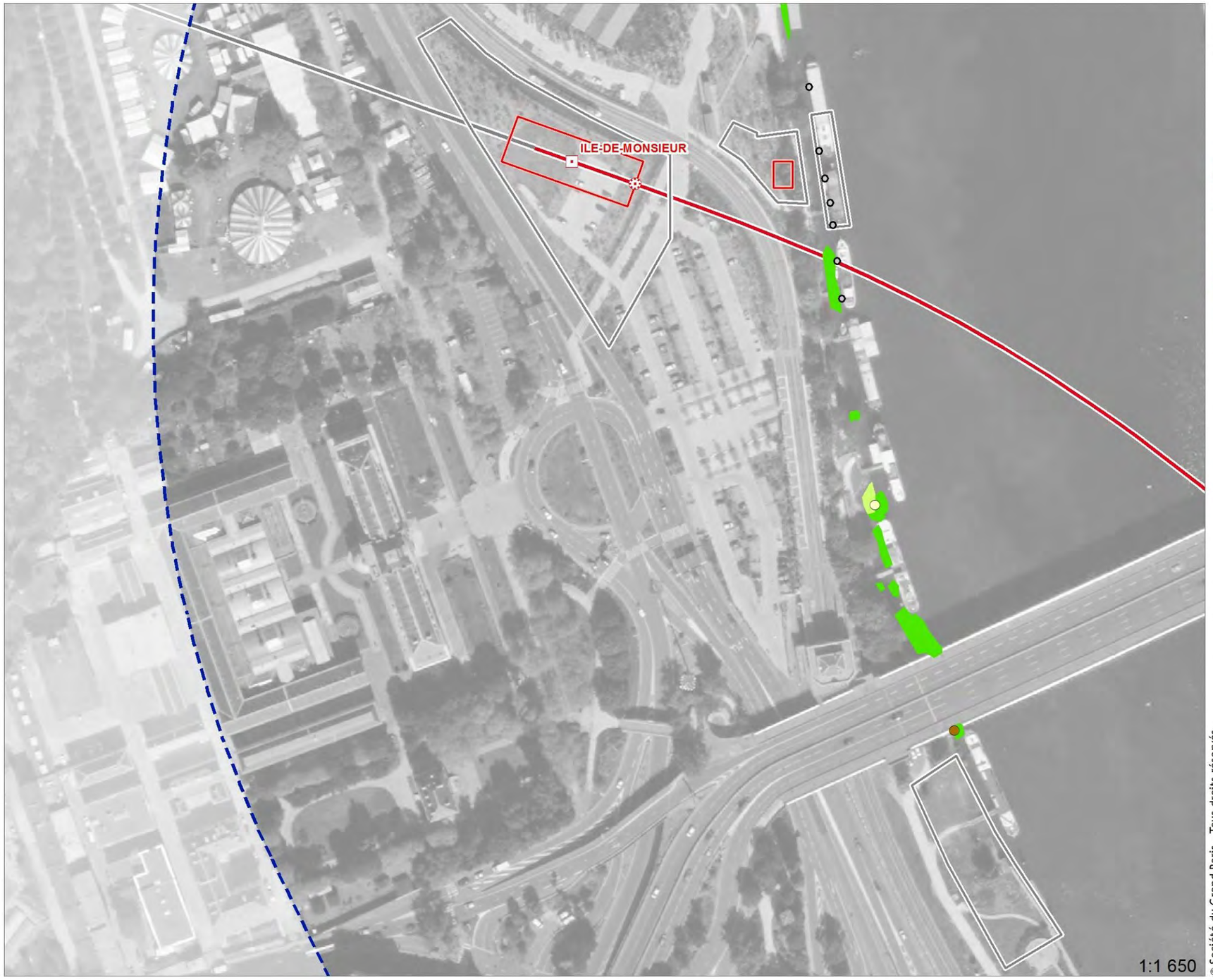
© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



0 30 60 Mètres

N O E S

Emprises chantier et des frayères sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ducs d'Albes
- Ouvrage Annexe (OA)
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude

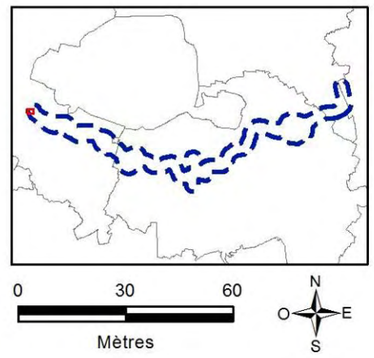
Frayères

- Frayères (Espèces phyto-lithophiles)
- Frayères (Espèces phytophiles)

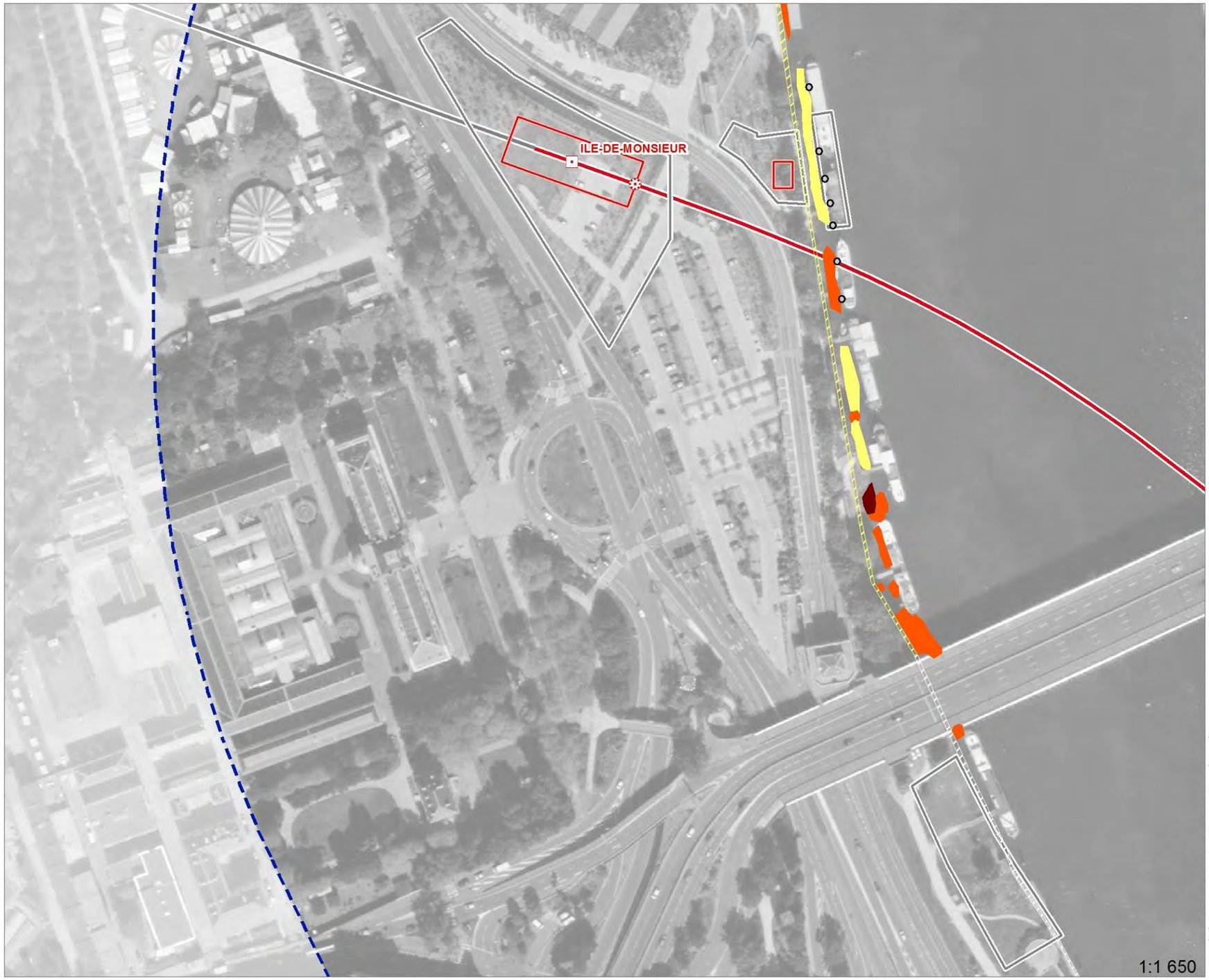
Espèces de poisson

- Alevins de cyprinidés
- Ecrevisse américaine

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014 - ©IGN
Cartographie : Biotope, 2014



Emprises chantier et des enjeux écologiques sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ducs d'Albes
- Ouvrage Annexe (OA)
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude

Enjeux piscicoles

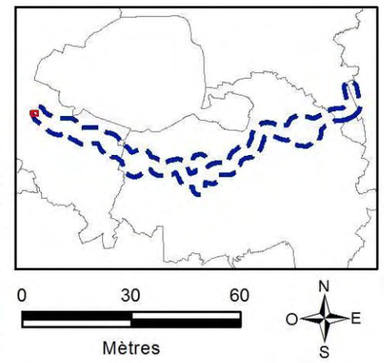
Végétation aquatique

- Fort
- Moyen
- Faible

Berges

- Faible
- Négligeable

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



1.14.2.3 Gare Pont de Sèvres

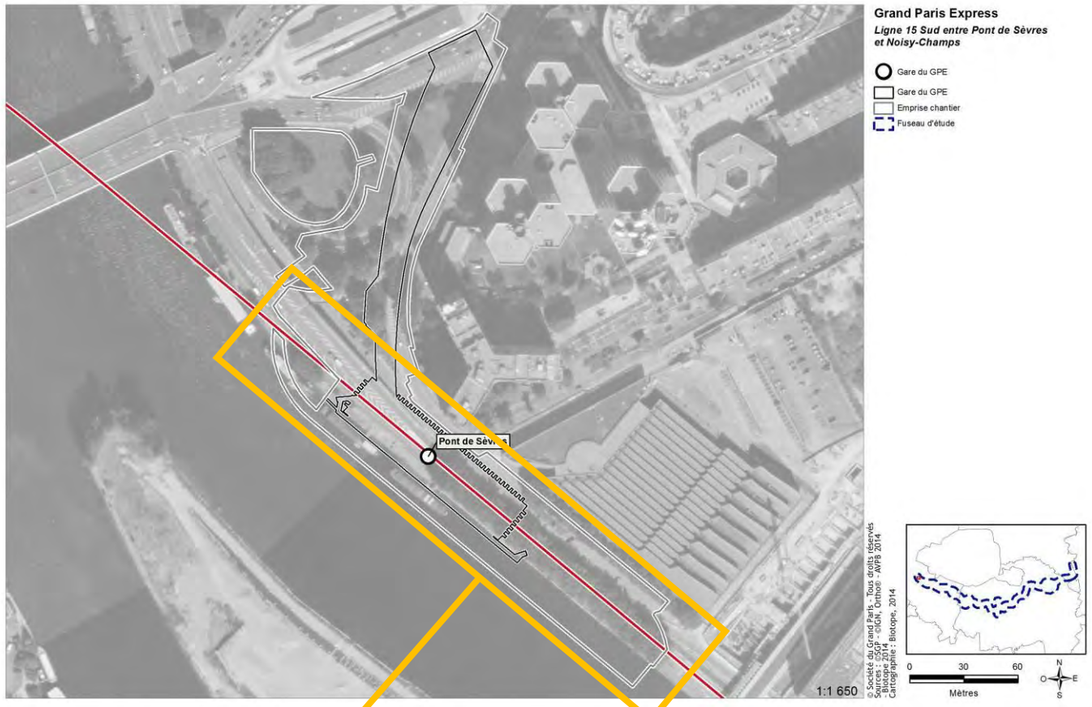
a. Présentation de la gare de Pont de Sèvres

Le secteur d'aménagement de la gare du Pont-de-Sèvres concentre les principaux impacts à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Les travaux nécessitent :

- La mise en place d'emprises de chantier en berge de Seine sur 270 ml dont la modification des berges par remblais et l'aménagement d'une estacade,
- Le maintien de l'estacade durant la durée des travaux, environ 4 ans,
- La présence de 2 barges, dont 1 en stationnement, 1 en cours de chargement et un trafic de l'ordre de 1 à 2 barges/ jours durant environ 4 ans.

Représentation et vue en plan et coupe transversales de l'estacade



b. Impact bruts spécifiques

L'installation de la base chantier en bord de Seine peut avoir diverses conséquences directes sur les berges, les habitats aquatiques et la qualité physico-chimique des eaux de la Seine :

- La destruction de frayères,
- Le dérangement de la faune piscicole.

c. Mesures d'évitement

Limiter la mortalité de la faune piscicole par implantation de l'estacade

La suppression de frayères, de zones de repos et d'alimentation peut avoir un impact par mortalité sur les poissons si les interventions sont effectuées durant les périodes de frai. Rappelons, qu'aucune espèce piscicole protégée ou patrimoniale n'a été recensée au droit des ouvrages et des emprises de Pont de Sèvres. De même, aucune zone de reproduction favorable (frayère) avérée ou potentielle n'a été recensée pour ces espèces. Malgré tout, des espèces communes se servent du site pour se nourrir, se reposer et se reproduire.

Afin d'éviter l'impact par mortalité sur la faune aquatique en période de frai, deux solutions complémentaires sont envisagées :

- L'adaptation des périodes de travaux en lit mineur (Cf. Mesures générales), le retrait des habitats aquatiques au préalable des travaux (septembre – fin février) en dehors des périodes de frais des espèces présentes. La destruction des habitats naturels par dragage et réfection des ducs d'Albe étant inévitable, le retrait préalable des herbiers peut être envisagé.

La mise en place de cette mesure aura pour effet de d'éviter l'impact sur la faune piscicole. Celle-ci ne trouvant plus de frayères, pourra se reporter sur des zones de frai à proximité immédiate. **L'impact par mortalité sur la faune piscicole sera donc négligeable à faible.**

Concernant la destruction des zones d'alimentation et de repos, les espèces étant mobiles et disposant de surface de nage suffisante dans le lit mineur de la Seine, **la mortalité sera faible à négligeable sur ces espèces en phase travaux.**

Enfin, **l'impact direct sur les berges est faible à négligeable étant donné leur nature (berges maçonnées et palplanches).**

Les matériaux dragués seront évacués sur la base du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais. Ce schéma doit ainsi garantir une parfaite cohérence entre les filières de gestion proposées et la réglementation en vigueur.

Limiter le dérangement de la faune aquatique lors de l'implantation de l'estacade

Le matériel utilisé pour les travaux en lit mineur est source de bruit (vibrofonçage, battage de tubes en aciers et pose de palplanche) pouvant engendrer des désagréments à proximité des zones curées, l'eau facilitant la propagation du bruit. Les types et intensités de bruits peuvent être nombreux et variés lors de la phase travaux. La sensibilité des différentes espèces vis-à-vis de ces perturbations est complexe à appréhender du fait du faible nombre d'études menées sur ce sujet. Du fait de la temporalité très réduite des travaux (5 mois pour la pose des palplanches et tubes en acier), des disponibilités de report des espèces pour le frai et de la possibilité de migration par le second bras de la Seine, **l'impact est jugé comme faible**. Par prévention, des adaptations

temporelles devront être envisagées afin de ne pas perturber la reproduction des espèces piscicoles à proximité lors de la pose (exclus d'avril à juin).

d. Mesures de réduction

Diminuer la surface de l'estacade

La modification des berges par remblais et l'aménagement de l'estacade auront pour conséquence d'impacter 446 m² d'habitat aquatiques favorables à l'alimentation et la cache et 302 m² de frayères pour les espèces phytophiles. Afin de limiter l'impact sur les milieux de reproduction, de développement et de nourrissage des poissons présents au droit de l'ouvrage ; la surface et la localisation des emprises chantiers ont été optimisées. Ainsi, les surfaces d'estacades proposées en AVP initial s'élevaient à plus de 6 000 m² dans l'hypothèse environnementale la plus défavorable. Les surfaces d'estacades de l'AVP final sont maintenant de 3 098 m². Toutefois, l'impact direct sur la destruction de frayères est inévitable. Malgré des surfaces de frayères disponibles à proximité immédiate (3 763 m²), **l'impact est modéré dans le contexte de la Seine parisienne. 302 m² de frayères devront être recréées en compensation.**

Concernant l'impact sur les zones d'alimentation et de repos, l'impact est jugé faible au regard des surfaces détruites (446 m²), des surfaces disponibles à proximité (2 680 m²) et du caractère clairsemé des herbiers aquatiques.

Limiter l'ombrage lié à l'implantation de l'estacade

Le rideau de palplanche et l'estacade sera maintenue durant 7 à 8 ans. Durant cette période, l'ombrage sur la Seine sera de 3 000 m² au maximum (surface de l'estacade sur la Seine). L'exposition de l'estacade au sud-ouest, limitera le phénomène d'ombrage dans la journée. De plus, la largeur du lit de la Seine inoccupée par l'estacade et les barges reste suffisamment importante (60 m) pour ne pas impacter la migration de la faune piscicole.

L'impact de l'ombrage de l'estacade sur la faune piscicole est négligeable.

Emprises chantier, des habitats de berges et des habitats aquatiques sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres



Emprises chantier et des frayères sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gares du GPE
- Gares du GPE
- Emprise chantier
- Fuseau d'étude - DUP
- Fuseau d'étude des gares - DUP

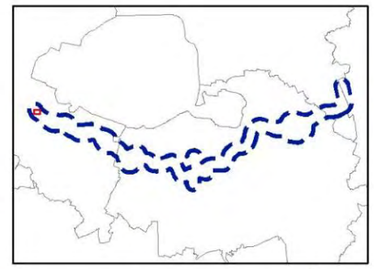
Frayères

- Frayères (Espèces phytophiles)

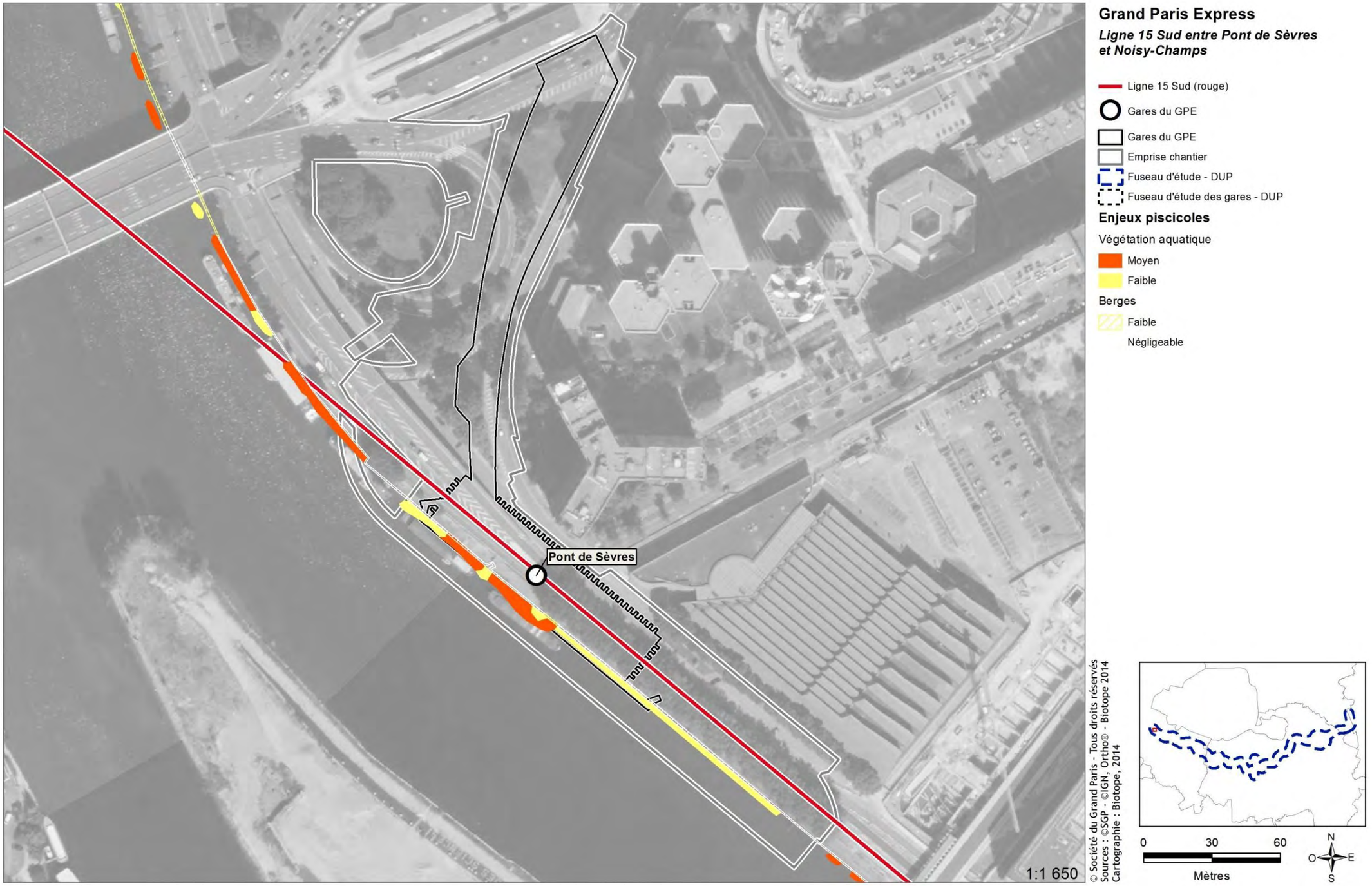
Espèces de poisson

- Alevins de cyprinidés
- Chevaine
- Chevaine/ Gardon

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



Emprises chantier et des zones à enjeux sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres

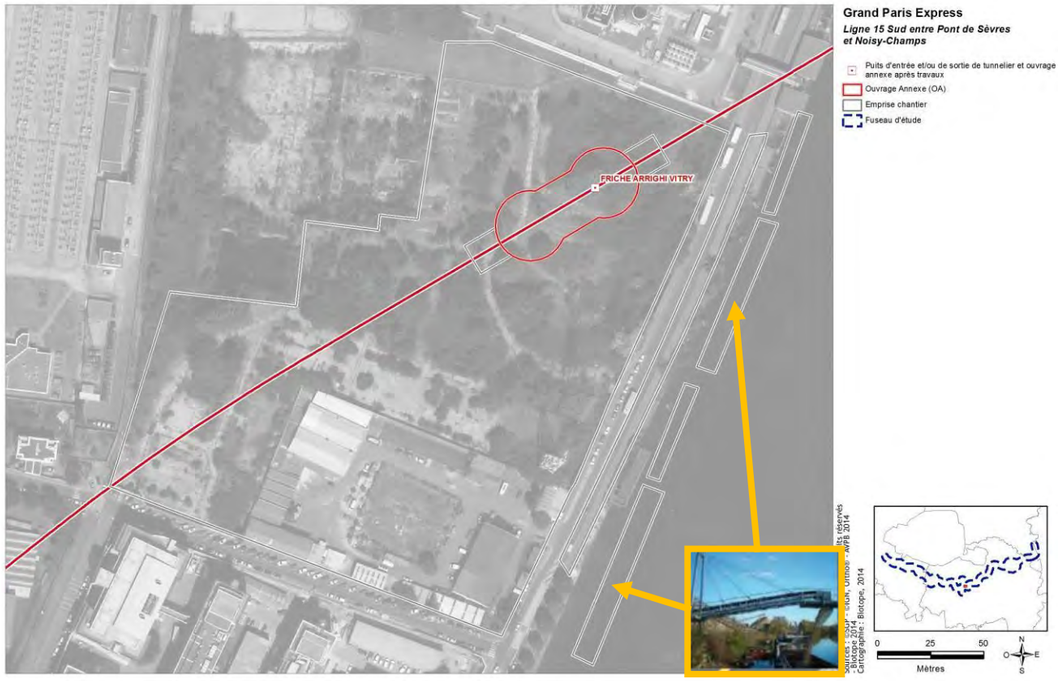


1.14.2.4 OA 1302P - Friche Arrighi

a. Présentation de l'ouvrage annexe Friche Arrighi Vitry

Concernant la friche Arrighi Vitry, plusieurs aménagements sont nécessaires :

- La création de l'emprise chantier de 10 hectares à l'écart des berges de Seine,
- la réfection des 5 pontons d'accostages présents à 5 m des berges,
- la réfection de 2 quais de respectivement 34 ml et 43 ml,
- Le dragage annuel d'entretien de la Seine au droit du secteur d'aménagement sur environ 100 ml, au-delà des ducs d'Albe présents, durant 7 à 8 ans,
- La présence de 2 à 4 barges en stationnement et chargement et un trafic de l'ordre de 2 barges/ jours sur 7 à 8 ans.



Représentation des quais et barge d'évacuation des déblais

b. Impacts bruts spécifiques

Aucune frayère n'a été identifiée sur les emprises de la Friche Arrighi Vitry, toutefois des frayères sont présentes à proximité.

L'impact par destruction de frayères est nul.

La réfection des Ducs d'Albe en Seine, lors de l'implantation du chantier, sera nécessaire. Toutefois, ils seront installés à une distance de plus de 5 m de la berge et ne présente pas d'interactions avec des frayères. La réfection des quais et des Ducs d'Albe vont entraîner la disparition de 41 m² d'habitat aquatiques favorables à l'alimentation et la cache. L'impact est jugé comme négligeable sur la base du caractère clairsemé des herbiers aquatiques détruits et des surfaces de frayères (285 m²), d'alimentation (214 m²) maintenues disponibles à proximité. De plus, 133 m² de zone d'alimentation et plus de 2 500 ² de frayères potentielles sont disponibles sur la berge opposée en aval.

Aucune zone de frayère n'étant impactée directement. L'impact est jugé comme nul. La mortalité des poissons lors de la réalisation des travaux apparait comme faible. L'impact est jugé négligeable.

c. Mesures d'évitement

Les impacts sur les frayères à proximité sont moindres du fait de la faible représentativité et de la moindre qualité des habitats aquatiques présents.

Toutefois, l'installation de la base chantier en bord de Seine peut avoir diverses conséquences indirectes sur la qualité physico-chimique des eaux de la Seine et les zones de frayères à proximité.

Limiter l'impact des MES issus du dragage d'entretien sur les zones humides à proximité et la faune associée

Durant 7 à 8 ans, la réalisation de dragage sera nécessaire afin d'entretenir la zone et de maintenir la bathymétrie du site pour l'accostage des barges. L'impact du dragage annuel sera limité sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur. La réalisation du dragage au-delà des ducs d'Albe (5 m) concernera des substrats limoneux plus profonds sans végétation sur un volume estimé à 900 m3.

Les dragages d'entretien, en maintenant une profondeur constante, ne modifient pas significativement la bathymétrie des zones draguées et n'entraînent pas de changement notable de la nature des fonds à long terme. Les volumes dragués lors des opérations d'entretien sont faibles et représentent au maximum 10 à 15 % du volume initial par an ; à la différence des dragages de fond liés à des travaux neufs, qui ont par contre un effet beaucoup plus marqué sur les composantes du milieu. L'ensemble des travaux entrainera la suppression de milieux benthiques probablement peu diversifiés.

Le renouvellement de l'action de manière annuelle limitera la reprise naturelle de la végétation et donc la destruction de milieux favorables et la faune piscicole qui aurait pu trouver une zone de frai, d'alimentation ou de repos.

Par précaution, les interventions en Seine seront toutefois réalisées en dehors des périodes de reproduction de la faune piscicole (avril à juillet).

La fréquence des dragages est déterminée par la réalisation d'un levé bathymétrique de la zone concernée une fois par an pour déterminer le niveau de sédimentation. L'accroissement annuel du niveau de sédiment et le tirant d'eau restant, sont les paramètres permettant de déclencher ou non le dragage. Le responsable en sera la Société du Grand Paris, maître d'ouvrage des travaux. La SGP envisage, dans le cadre des conventions passées avec Ports de Paris et Voies Naivgables de France, la possibilité d'inclure les dragages dont elle a la charge dans le programme d'entretien de la Seine. Cela permettrai de réduire le nombre d'opérations de dragages sur une même section.

Par ailleurs, seules des techniques mécaniques seront employées (type pelles mécaniques à godets clapet) et non des techniques pouvant entraîner de forts rejets de matières en suspension en Seine (suceuse avec rejet latéral par exemple).

Enfin des dispositifs anti-MES seront disposés autour des emprises de dragage afin de limiter l'impact par dispersion sur les zones de frayères présente à proximité.

L'impact du dragage annuel sur les frayères est jugé faible.

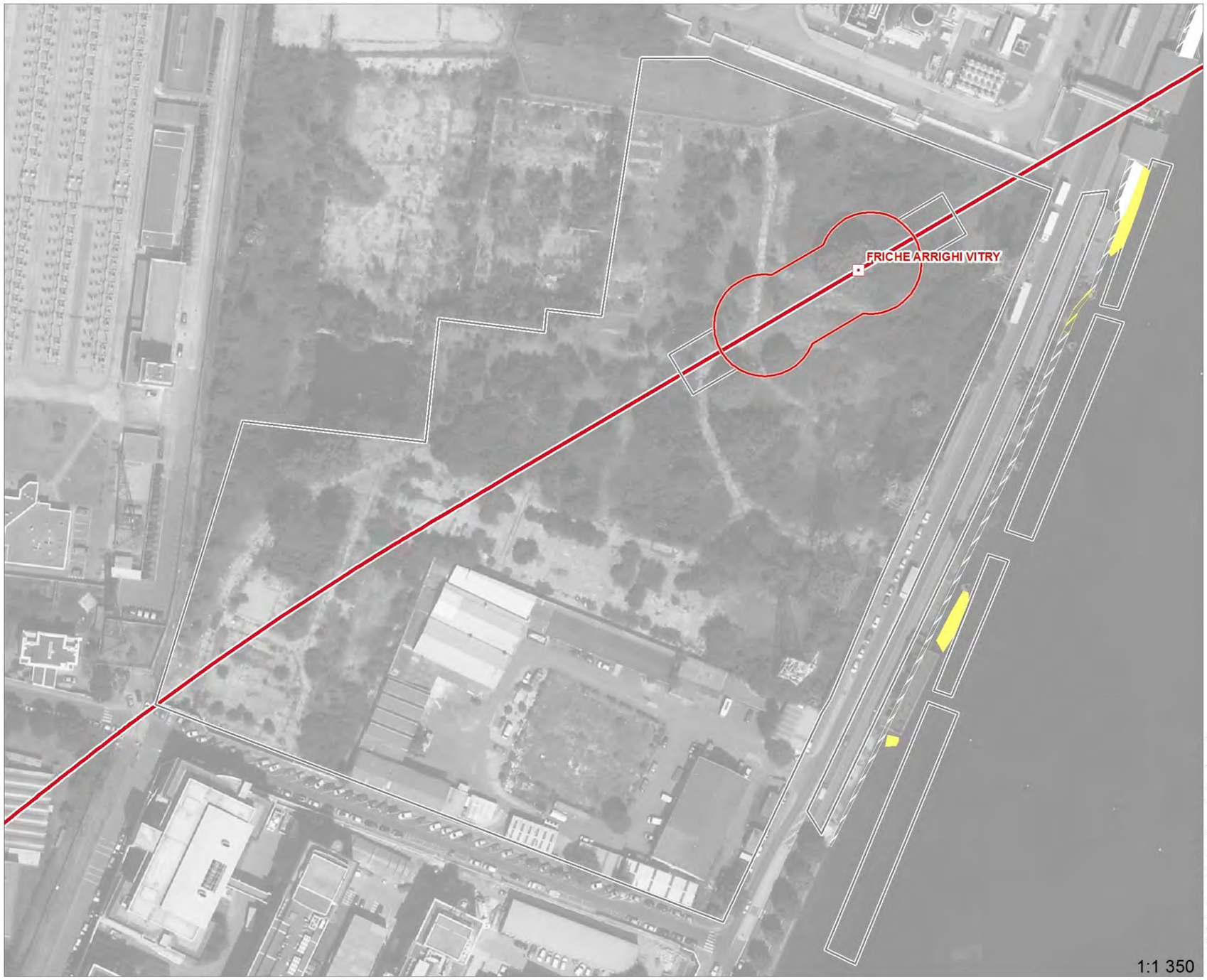
Les matériaux dragués seront évacués sur la base du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais. Ce schéma doit ainsi garantir une parfaite cohérence entre les filières de gestion proposées et la réglementation en vigueur.

NB : Aucune zone de frayères n'étant pas présente sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry, aucune représentation cartographique n'a été réalisée. Seuls les berges, les habitats aquatiques ainsi que les enjeux ont été cartographiés.

Emprises chantier, habitats de berges et aquatiques sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi



Emprises chantier et des enjeux écologiques sur le secteur d'aménagement de la Friche Arrighi



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux

Ouvrage Annexe (OA)

Emprise chantier

Fuseau d'étude

Enjeux piscicoles

Végétation aquatique

Faible

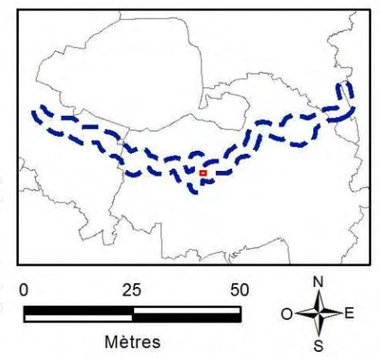
Négligeable

Berges

Faible

Négligeable

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
- Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2014



1.14.3 Impacts et mesures sur les frayères en phase exploitation

1.14.3.1 OA 2301P - Ile de Monsieur

Aucune émergence au–dessus du niveau du terrain naturel n'est prévue. Cependant, pour tenir compte de la situation du puits en zone inondable, toutes les émergences sont protégées par un mûr surélevé de 20 cm par rapport à la cote des plus hautes eaux connues. Cet aménagement ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune associée.

a. Incidence directes et mesures

Impact par destruction/ dégradation de zones de frayères et de la faune associée

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères. **L'impact sera nul.**

Impact par pollution des eaux

Une fois les aménagements réalisés, il n'existe aucun risque d'altération de la qualité des eaux. A l'inverse, le projet qui vise à mettre en place de la végétation rivulaire tendrait plutôt à améliorer la qualité de l'eau en augmentant localement les capacités autoépuratrices de la Seine. Pour autant, cette amélioration reste infime et non quantifiable en regard des surfaces végétalisées par rapport au débit de la Seine. La qualité des eaux actuelle ne sera donc pas altérée par ces aménagements.

L'impact par pollution des eaux en phase exploitation est nul.

Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)

Les ouvrages annexes de types puits de ventilation seront à l'origine d'un bruit continue en phase d'exploitation. Ce dérangement sera toutefois fondu dans l'ambiance sonore existante du contexte urbain dans lequel ils se situent. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont donc déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.

b. Incidences indirectes et mesures

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière indirecte.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

1.14.3.2 Gare Pont de Sèvres

a. Incidence directes et mesures

Impact par destruction/ dégradation de zones de frayères et de la faune associée

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères. **L'impact sera nul.**

Impact par pollution des eaux

Une fois les aménagements réalisés, il n'existe aucun risque d'altération de la qualité des eaux. A l'inverse, le projet qui vise à mettre en place de la végétation rivulaire tendrait plutôt à améliorer la qualité de l'eau en augmentant localement les capacités autoépuratrices de la Seine. Pour autant, cette amélioration reste infime et non quantifiable en regard des surfaces végétalisées par rapport au débit de la Seine. La qualité des eaux actuelle ne sera donc pas altérée par ces aménagements.

L'impact par pollution des eaux en phase exploitation est nul.

Impact par dérangement (bruit, fréquentation humaine)

Bien que les gares soient à l'origine d'une augmentation de la fréquentation humaine, ces dernières seront localisées dans un contexte local fortement marqué par les activités humaines. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont donc déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

L'impact par dérangement en phase exploitation est considéré comme faible.

b. Incidences indirectes et mesures

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les frayères et la faune inféodée de manière indirecte.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

1.14.3.3 OA 1302P - Friche Arrighi

a. Incidence directes et mesures

L'entrée du puits du tunnelier ne sera exploitée qu'en phase chantier lors de la création du tunnel. En phase exploitation, un ouvrage annexe sera présent sur le site. Toutefois, cet ouvrage, dont l'emprise sera limitée, ne sera à l'origine d'aucun impact sur les zones de frayères et la faune associée.

L'impact direct est donc nul.

b. Incidences indirectes et mesures

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière indirecte.

Les impacts indirects sont considérés comme nuls.

1.14.4 Mesures d'accompagnement sur les frayères

1.14.4.1 Dispositif de veille écologique

Au regard des objectifs écologiques des aménagements et de leur pérennité, la mise en place d'un dispositif de suivi et de veille écologique est nécessaire. Le financement d'un tel dispositif est identifié comme une mesure d'accompagnement.

Cette mesure consiste à accompagner et contrôler la réhabilitation des milieux dans le temps. L'évolution est mesurée par rapport à un état initial (avant travaux), après travaux, puis à des pas de temps à définir en fonction des dynamiques naturelles des différents milieux.

Ce dispositif sera établi sous la forme d'un protocole de suivi détaillant les indicateurs biologiques choisis et les modalités d'analyse qui permettront d'attester de l'évolution du site.

La mise en œuvre d'un tel suivi nécessite de faire appel à des personnes compétentes (fédération de pêche, associations naturalistes, bureaux d'études spécialisés). Ce suivi s'inscrit dans une démarche longue (25 à 30 ans), d'acquisition d'information et de retour d'expérience.

1.14.4.2 Faciliter la reconquête des milieux

Afin de faciliter la reconquête des milieux restaurés ou créés, des protections amovibles permettant de limiter temporairement les agressions extérieures (piétinements, arrachages, destruction, etc.) seront mises en place. La mise en place de barrière en haut de berge permettra de limiter l'approche et des balises flottantes en Seine permettront d'indiquer la présence des aménagements aux bateliers.

1.14.4.3 Sensibilisation et communication

Une des solutions privilégiées pour permettre une bonne reconquête des milieux reconstitués consiste à informer et sensibiliser efficacement les promeneurs et habitants sur les enjeux d'un tel projet. L'information sur la nécessité de respecter les aménagements qui ont été mis en œuvre sur le site est primordiale. La pose de panneaux explicatifs est la solution proposée.

1.14.4.4 Choix de la palette végétale

Les plantations de végétaux indigènes, adaptées au milieu et l'emploi de supports pré-végétalisés permettront de restaurer ou de créer des habitats fonctionnels et susceptibles de s'enrichir rapidement.

1.14.5 Conclusion relative aux impacts sur la faune piscicole et les frayères

En phase chantier, deux secteurs (Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres) présentent des impacts sur les zones de frai et la faune piscicole lors des travaux ou de leur mise en place. A noter que la frayère recréée par le CG92, qui présente l'enjeu le plus important sur l'île de Monsieur est située très en amont de l'ouvrage et du lieu d'évacuation des déblais et n'est donc pas concernée par un impact résiduel. L'ouvrage de la friche Arrighi Vitry ne présente aucun impact sur la faune piscicole ou les frayères.

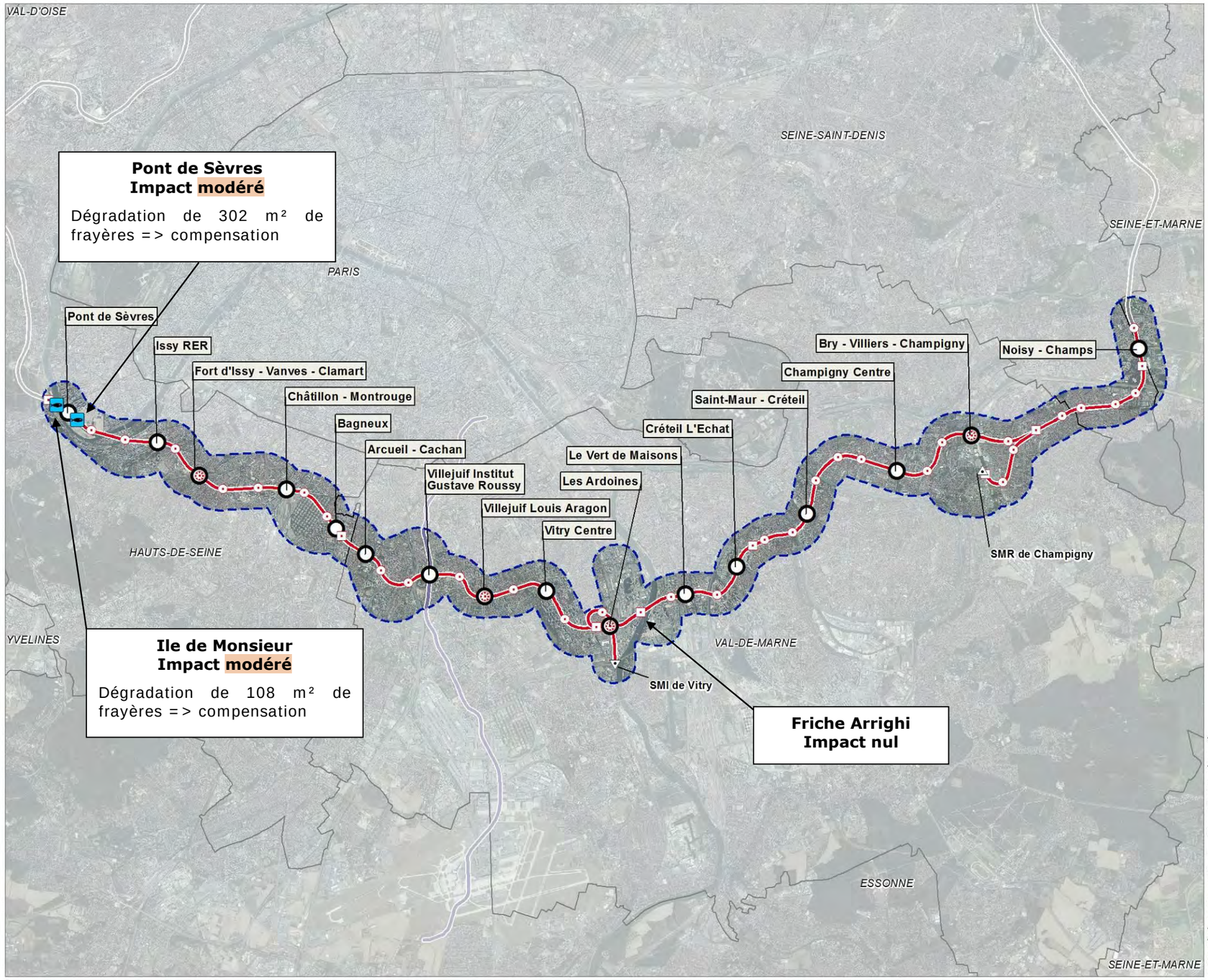
En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises implantées en Seine seront retirées suite aux chantiers et les berges seront remises en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

A l'issue de la séquence Eviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,04 ha de frayères sont encore impactés par le projet :

- **108 m² de frayères dégradées sur le secteur d'aménagement de l'Ile-de-Monsieur,**
- **302 m² de frayères détruites sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres,**

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.

Synthèse des impacts résiduels sur les frayères



Grand Paris Express

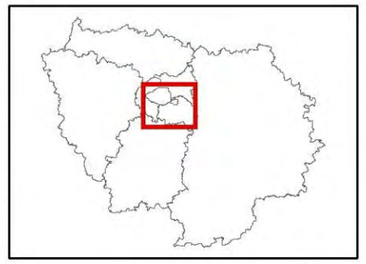
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Frayères

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014 - Cartographie : Biotope, 2015



0 2 4 N O E S
Kilomètres

1.14.6 Mesures de compensation relatives aux frayères

1.14.6.1 Principes employés pour la compensation

Les mesures compensatoires ne doivent intervenir qu'en dernier recours, une fois que la séquence « éviter » puis « réduire » ait été mise en place. Ces mesures se basent sur la doctrine ER et C réaffirmée e 2012 :

- Pas de perte nette de biodiversité : Les paragraphes suivants ainsi que le paragraphe qui concerne les mesures d'évitement et d'atténuation s'appliquent à démontrer l'absence de perte nette d'habitats ou de fonctionnalité ;
- Recherche de l'additionnalité : Une mesure compensatoire est additionnelle lorsqu'elle génère un gain écologique pour le site de compensation qui n'aurait pas pu être atteint en son absence. L'additionnalité peut être écologique, vis-à-vis d'engagements publics ou privés ;
- La faisabilité et la pérennité des mesures : toutes les mesures (évitement, atténuation, compensatoires, accompagnement et suivi) sont toutes chiffrées, actées par la Maîtrise d'ouvrage et leur mise en place garantie.

Elles sont également définies en lien avec les objectifs du SDAGE Seine-Normandie, dont :

- la localisation des mesures : de préférence in-situ, si ex-situ localisées au sein du fuseau et dans le lit mineur de la Seine parisienne,
- la temporalité des mesures : en amont des travaux et suite à la phase chantier,
- le maître d'ouvrage : mise en place de mesures de compensations avec un partenaire identifié intégrant les mesures et engagements de gestion,
- le type de compensation proposé : gain de fonctionnalité sur un habitat existant et/ou recréation de milieu.

1.14.6.2 Rappel des besoins en compensation

A l'issu de la démarche Eviter et réduire, **0,04 ha de frayères** sont impactés par le projet en phase chantier de la ligne 15 Sud.

Conformément à la réglementation, sur la base des impacts résiduels et des objectifs de préservation des secteurs de frayères et de la faune associée sur le projet de la ligne 15Sud, les surfaces de compensation doivent être à minima de 0,04ha ce qui correspond à une surface compensée à 100%.

Secteur d'aménagement	Surface impactée	Surface compensée à 100%
Ile de Monsieur	108 m²	108 m²
Pont de Sèvres	302 m²	302 m²
Total	**410 m²**	**410 m²**

1.14.6.3 Principes de la mesure de compensation

Au regard des impacts induits par la phase chantier de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les espèces piscicoles de la Seine (habitats aquatiques de reproduction), les mesures de compensation proposées visent à créer des zones de frayères et de repos dans l'objectif de préserver et d'améliorer la fonctionnalité des zones de frayères pour les espèces piscicoles phytophile et phyto-lithophile.

La restauration d'habitats de reproduction telle que projetée augmentera l'offre en habitats de repos et de nourrissage. Le maintien des populations passe par la restauration et la pérennisation d'un réseau de sites de reproduction interconnectés par des formations hélophytiques et aquatiques. L'enjeu de la préservation de ces espèces piscicoles réside principalement en la disponibilité d'habitat de reproduction en bon état de conservation.

Espèces ciblées par la mesure de compensation : espèce piscicole phytophile et phyto-lithophile potentiellement présentes sur la zone de projet et identifiées dans l'état initial.

1.14.6.4 Contexte et contrainte de réalisation

L'efficacité et l'efficience des mesures de compensation est un engagement du maitre d'ouvrage pour tous types de mesures. Le contexte francilien complexifie la mise en œuvre de frayères. Ainsi afin de mieux maîtriser ces contraintes de réalisation pour la mise en œuvre de la compensation de ces frayères en berges de Seine, elles ont été identifiées. Elles ont trait à :

- les contraintes hydrauliques liées au batillage nécessitant des protections de pied de berge pour les aménagements,
- les accès limités et étroits aux berges,
- les travaux en pentes assez raides,
- les travaux en eau.

Enfin, le SRCE et le schéma des berges de Seine avancent la nécessité d'améliorer les continuités écologiques tout en tenant compte des problématiques économiques et sociales telle que la navigation.

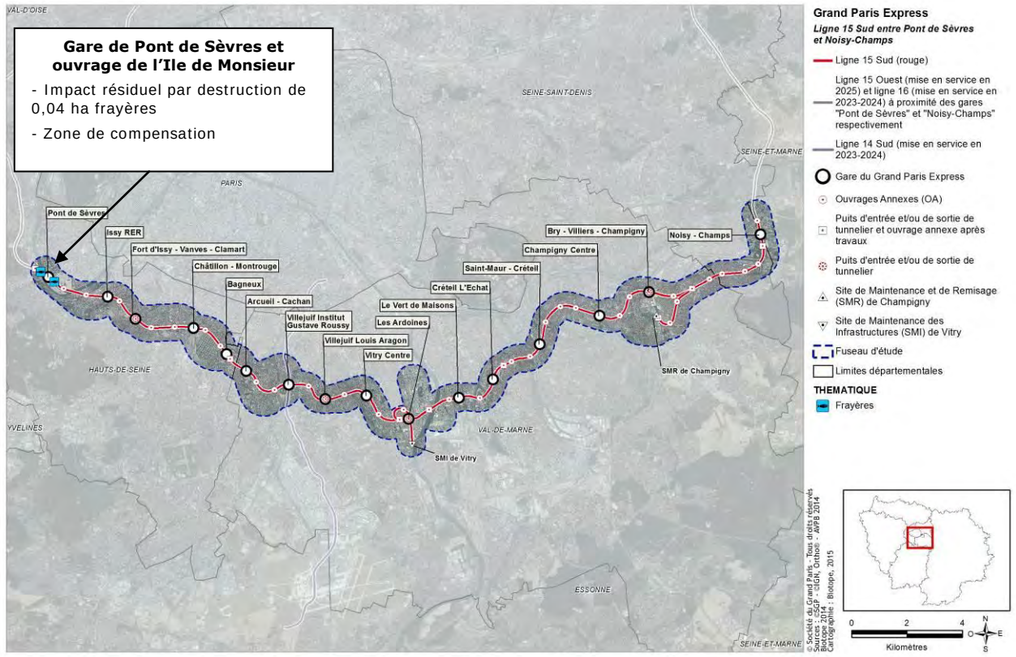
En réponse à ces contraintes, les solutions d'aménagement en vue d'une compensation fonctionnelle et pérenne permettront de proposer :

- des techniques d'aménagements végétales et/ou mixtes aux endroits les plus sollicités hydrauliquement (pieux en bois, brise lame d'eau en surface avec amarrage aux pontons et berges),
- des fixations d'aménagement au droit des berges selon des matériaux adaptés (platelage bois, fixations métalliques en haut de berge et fond de lit, etc….),
- la préservation des herbiers aquatiques déjà présents en pied de berge et sur des secteurs de hauts fonds et la restauration de formations hélophytes sur des secteurs dépourvus ou faiblement représentés.

1.14.6.5 Localisation de la mesure de compensation

Le site de compensation proposé est localisé en rive gauche de la Seine, sur la commune de Sèvres, au droit du lieu-dit l'Ile-de-Monsieur, en aval de l'ouvrage du Pont de Sèvres.

Il se localise au sein du fuseau d'étude et directement à proximité des impacts résiduels induit par le projet.



Plusieurs secteurs sont propices à l'installation d'aménagements de berges pour des frayères au sein du fuseau d'étude de la 15 sud.

3 secteurs ont été prédéfinis et délimités lors de leur état initial :

- Secteur 1 : en amont du lieu de chargement des travaux (aval du Pont de Sèvres jusqu'au limite du quai de chargement en aval),
- Secteur 2 : occupé par le chargement des barges durant les travaux,
- Secteur 3 : en aval des quais de la base nautique jusqu'à la limite de l'Ile de Monsieur.

Ces 3 secteurs peuvent être des supports de compensation à des temporalités différentes en fonction de l'avancée du projet. Une fois les travaux finalisés ce sont 3 secteurs de compensation pérenne.

Localisation des 3 secteurs de compensation au niveau de l'Ile de Monsieur



1.14.6.6 Présentation des mesures de compensation

Afin de compenser la destruction de frayères, la SGP s'engage à créer et entretenir les milieux suivants :

- **Des plages d'hélophytes en tunage : ces plages seront créées avant la destruction des frayères en phase chantier**
- **Des radeaux flottants et des frayères artificielles : ces radeaux et frayères seront installés e manière concomitante et une fois la phase chantier finalisée.**

La mise en œuvre de ces mesures a fait l'objet d'un état initial complet afin de statuer sur la faisabilité de ces propositions. Dans le souhait constant d'accroitre la plus-value écologique, une recherche d'optimisation des surfaces et de leur temporalité d'installation a été réalisée.

Aménagements proposées	Besoins compensatoires (m²)	Mètre linéaire de berge concerné (ml)	Surface proposée (m²)
Plages d'hélophytes	410	270	486 à 540
Radeaux flottants doubles		111 * 2 = 222	222
Frayères artificielles		170	-
Total	**410**		**708 à 762**

Sur la base des informations collectées lors de l'état initial, des différentes phases de terrain menées en 2014 et 2015, plusieurs propositions d'aménagement sont proposées.

Le dimensionnement théorique et pratique des aménagements se focalise essentiellement sur :

- l'observation exhaustive du milieu récepteur,
- la parfaite compréhension des contraintes d'aménagement.

Ainsi, plusieurs contraintes doivent être prises en compte dans le cadre de l'aménagement, il s'agit :

- De l'arrachement,
- De l'affouillement,
- De la submersion,
- De la fréquentation anthropique,
- De la pression animale,
- De la pollution par les déchets,
- Du choix de végétaux.

Le choix d'une technique mixte ou végétale est à privilégier pour la mise en œuvre de la compensation.

Ainsi sur le secteur 1 et le secteur 2, lieu des chargements des barges de la SGP, il est envisagé de réaliser des radeaux végétalisés en géomembranes ainsi que des frayères artificielles en berge. Sur le secteur 3, il est prévu d'installer des plages d'hélophytes en tunage.

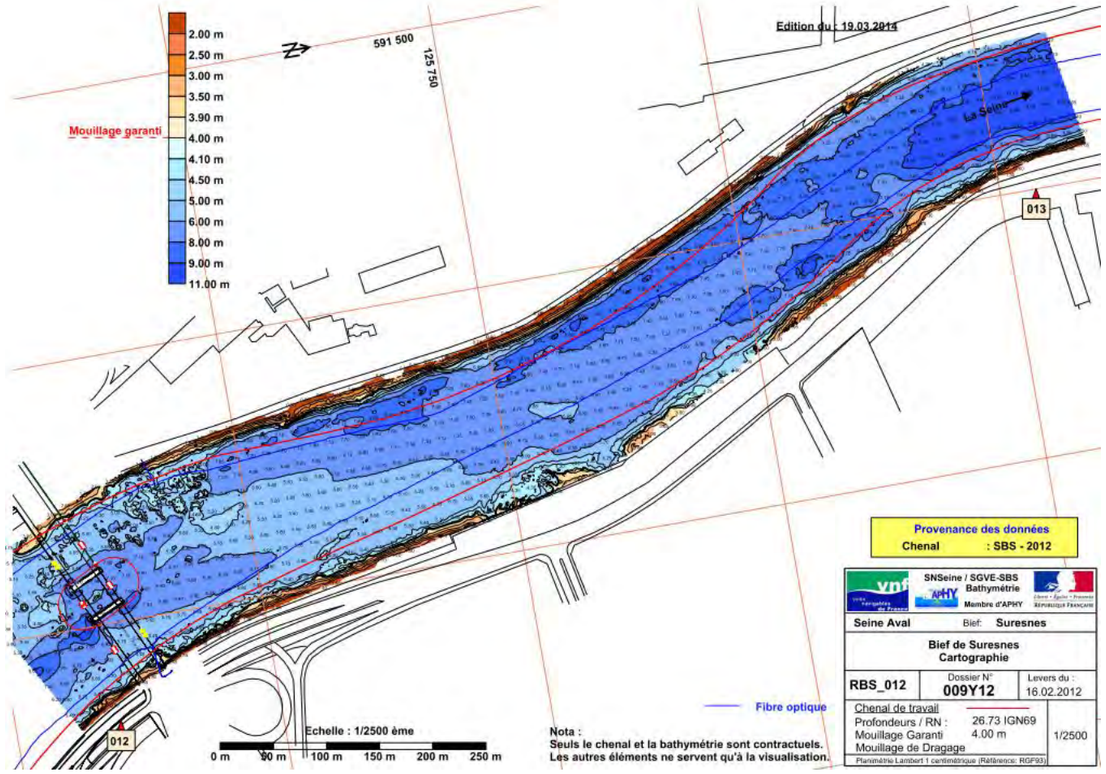
1.14.6.7 Analyse de l'état des lieux

Un passage complémentaire le 23 avril 2015, hors période végétative, a permis de dresser une description physique plus précise du site. L'objectif avec cet état initial est de préciser les conditions de mises en œuvre des mesures. Les éléments de bathymétrie, nature et type d'occupation des berges, conditions stationnelles et les points particuliers de ces 3 secteurs ont été relevés.

Les berges sur ces 3 secteurs sont constituées d'enrochements liés avec des secteurs de hauts fonds.

Bathymétrie

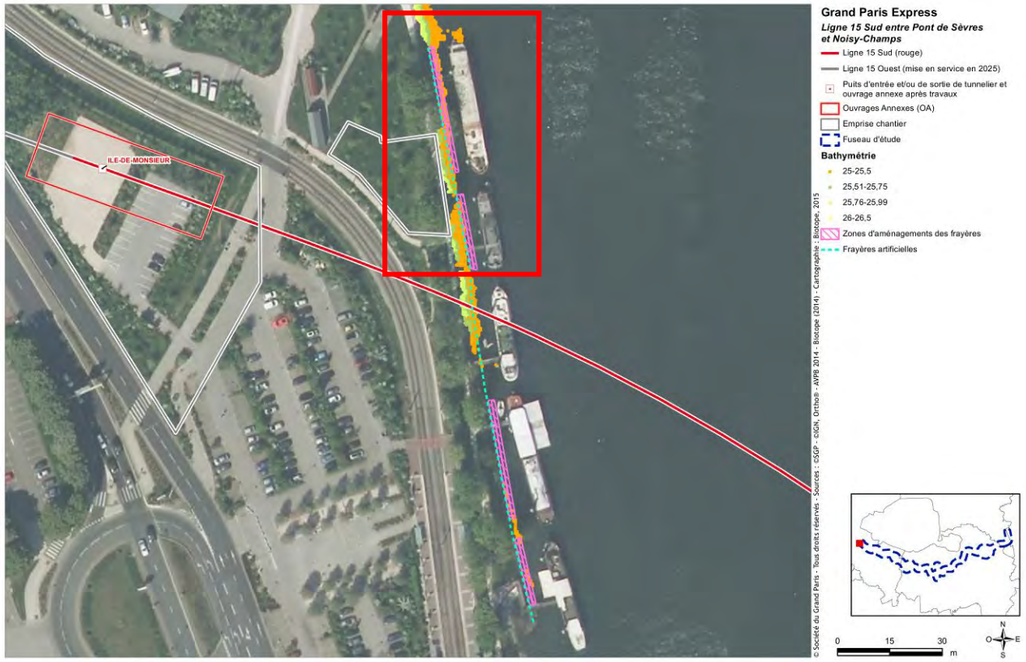
La bathymétrie a été recueillie du pont de Sèvres jusqu'au pont de Suresnes en amont du barrage de Suresnes (données VNF). Les caractéristiques se résument à un bras unique de largeur de plein bord de l'ordre de 100 à 150m et une profondeur maximale de 9 à 10 m.



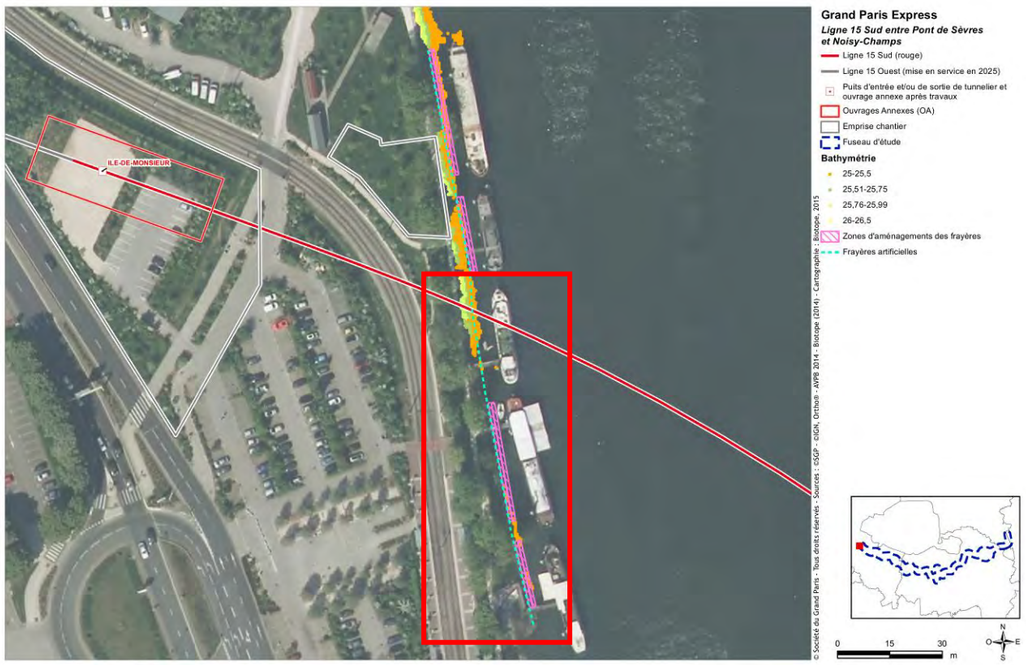
L'étude bathymétrique est fondée sur les données transmises par VNF en date du 06 mai 2015.

Compte tenu de ces caractéristiques, les aménagements proposés s'appuieront sur les secteurs de hauts fonds compris entre 30 cm et 1,6 m depuis la cote de Retenue Normale de 26,73 m NGF. Ces zones de hauts fonds apparaissent en jaune, vert et orange sur les cartes ci-dessous.

Secteur 1 *: bathymétrie entre 0,30 et 1,73 par rapport à la cote de Retenue Normale*



Secteur 2 *: bathymétrie entre 0,30 et 1,73 par rapport à la cote de Retenue Normale*



Secteur 3 *: Bathymétrie entre 0,30 et 1,73 par rapport à la cote de Retenue Normale*





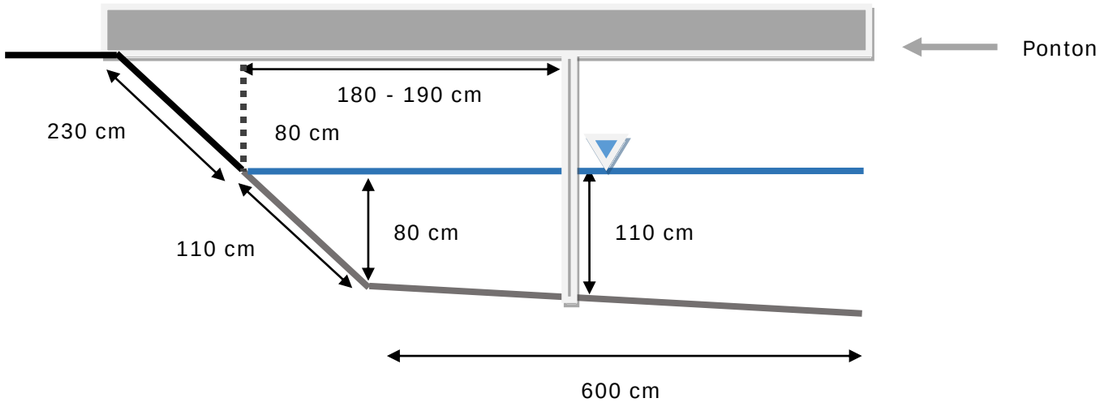
Coupe schématique sommaire du secteur 3 – Zone d'aménagement des plages d'hélophytes

Les deux coupes de principes sont le résultat de l'analyse de la topographie sommaire du secteur 3 recoupés avec les informations bathymétriques fournies par Voies Navigables de France.

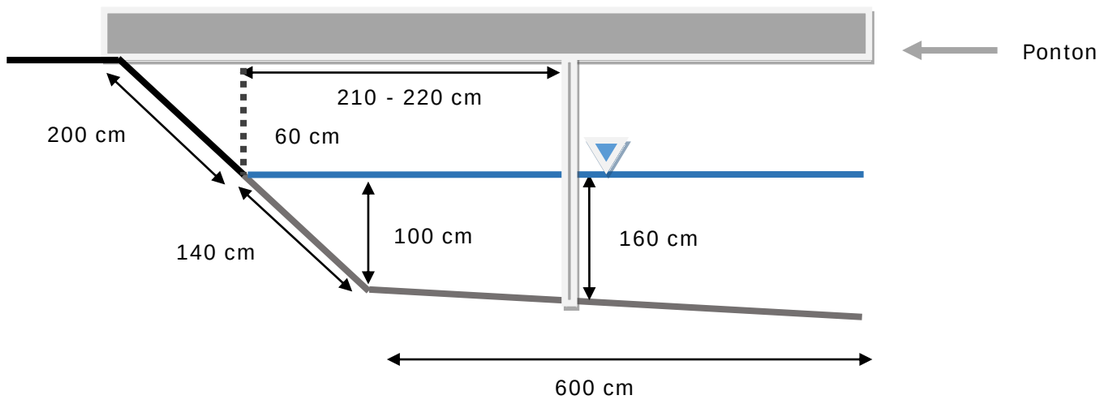
NB : cette coupe de principe sera précisée et affinée par des données topographiques précises de la berge fournies par la Département des Hauts-de-Seine dans le cadre de l'Avant-Projet Sommaire.

Aucune coupe de principe n'a été réalisée sur les secteurs 1 et 2 car l'installation de radeaux végétalisés et de frayères artificielles ne dépend pas de la profondeur des zones de hauts fonds.

Cote de Retenue Avril 2015



Cote de Retenue Normale (Bathymétrie VNF, 2012)



Inclinaison de la berge et pied de berge

Les berges sur le secteur de l'Ile-de-Monsieur sont toutes anthropiques et formées de dalles de béton alvéolé ou de murs verticaux bétonnés. Les pentes sont à minima de 70 %, avec un pied de berge en 10 % ou en zone de replat.

Matériaux de la berge et substrat

Les berges étant totalement anthropiques, aucun matériau naturel n'est présent. Le substrat du pied de berge inondé est constitué de dépôts de type limon ou sable. La présence d'argiles est toutefois possible. Ces matériaux sont peu stables, notamment en cas d'évènements exceptionnels.

Occupation des berges

Les berges ne sont pas occupées. Elles ne sont pas concernées par des constructions. Toutefois, des péniches stationnent sur les 3 secteurs identifiés et possèdent des pontons d'accostages et des annexes (Photo ci-dessous) :

- Zone 1 : 3 péniches + 2 annexes en eau,
- Zone 2 : 3 péniches,
- Zone 3 : 9 péniches + 13 annexes en eau.

Ces péniches sont amarrées au Ducs d'Albe existants situés à 5 m de la berge. Afin de permettre l'accès aux péniches, des passerelles relient la rive aux péniches. Ces passerelles sont soutenues par 2 piliers en fer éloignées d'environ 1 m 80 à 2 m des berges exondées selon la cote de retenue.



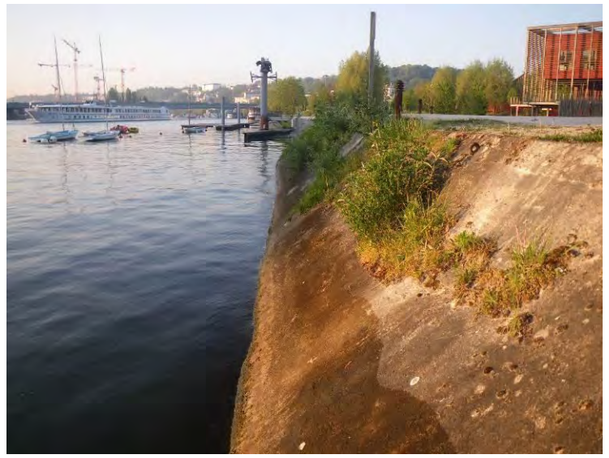
Enfin, les péniches disposent d'annexes appartenant aux occupants. La taille de ses annexes est variable mais de dépasse pas les 2,5 m de large, soit la moitié de la distance qui sépare les péniches des berges exondées.



Enfin, il existe une promenade constituée de terre battue, juste en haut la de berge.

Points particuliers

Sur l'amont de la zone 3, juste en aval des embarcadères de la base nautique, environ 10 m de berge sont réservés et interdits à tous stationnement et aménagement. Cette portion de berge est réservée aux secours.





4 escaliers permettent d'accéder facilement à la Seine depuis les berges sur l'ensemble des 3 secteurs. Ces escaliers sont le plus souvent accompagnés d'anneaux permettant l'accostage historique des bateaux.

Enfin, une évacuation d'eau de grande dimension (photo de droite) est également présente sur le secteur 3. Les aménagements proposés tiennent compte de ces points particuliers.



Conditions stationnelles pour la croissance de la végétation

Les conditions stationnelles sont favorables puisque des herbiers se situent actuellement sur la zone la moins profonde du secteur d'étude, relativement éclairée et surtout assez protégée du batillage et des remous par les péniches à quai. Ces péniches-logements sont à quai toute l'année et l'espace entre le bateau et la berge laisse un éclairement suffisant pour permettre le développement de la végétation aquatique.

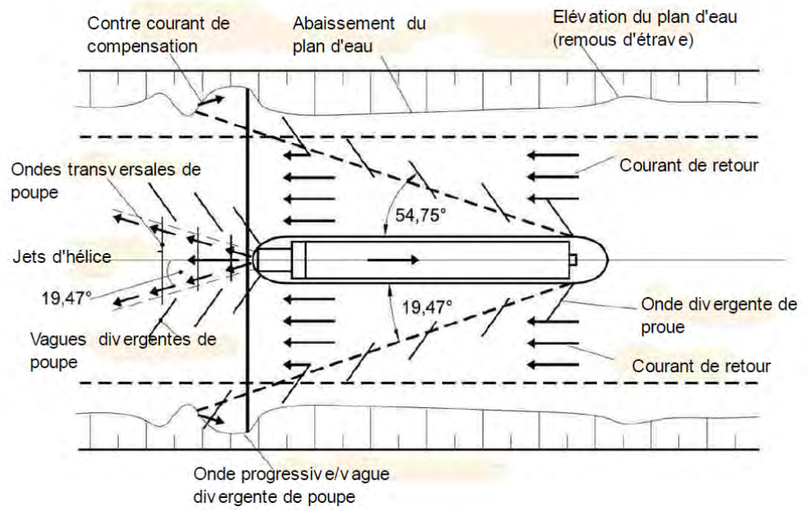
Hydraulique et hydrologie

Le batillage, et la stabilité face aux sollicitations, de la navigation est un paramètre important car il correspond à une contrainte d'érosion frontale qui peut aboutir à un affouillement ou à une déstabilisation des ouvrages.

Le batillage provoque deux effets :

- abaissement de la ligne d'eau et sucions des matériaux de la berge,
- vague de retour qui arrache les matériaux de la berge.

Pour un bateau chargé navigant dans la gamme des vitesses commerciales normales, l'agitation induite varie peu avec la vitesse. Au-delà l'agitation croît fortement avec la vitesse. Les bateaux les moins chargés peuvent provoquer une agitation très supérieure à celle des bateaux chargés dans la mesure où ils ont la possibilité de naviguer plus vite et éventuellement près du bord. Cela est également valable pour les embarcations de plaisance (CETMEF et VNF, 2008).



Composantes de l'agitation de l'eau induite par la navigation (BAW, 2005)

Le batillage dû à la navigation crée des vagues d'environ 30 à 50 cm compte tenu des observations faites sur site. Les berges sont en partie protégées par les péniches.

Ces vagues sont issues des remous d'étrave (voir schéma ci-dessus). Leur amplitude dépend des caractéristiques de l'embarcation émettrice. Ces vagues se comportent comme des ondes à la surface de l'eau et en ont les caractéristiques : amplitude, longueur d'onde. Le batillage résulte des effets de l'interférence entre ces ondes et la berge, créant des mouvements verticaux de la surface de l'eau au droit de la berge.

Par ailleurs, lorsque plusieurs embarcations passent au droit du site en même temps les vagues émises par chaque embarcation se combinent selon des mécanismes de type ondulatoire pour donner une résultante aux caractéristiques spécifiques. Aucune généralisation n'est possible.

Aucune modélisation de ces phénomènes n'a été réalisée.

Ce phénomène devra être pris en compte lors de la réalisation des aménagements. En particulier, la hauteur de 30 à 50 cm observée devra être intégrée aux calculs de hauteur d'eau sur les ouvrages si celle-ci est déterminante pour la survie de végétaux. De même, ces mouvements

verticaux exercent une force sur les éléments des aménagements qui devront être ancrés en conséquence.

Régime hydrologique

Le niveau de la Seine varie en fonction des périodes de crue et de basses eaux. Le régime hydrologique de la Seine est pluvial, avec des hautes eaux en hiver (janvier – février) et des basses eaux en été. Toutefois, ce régime est fortement contrôlé par les grands lacs réservoirs ayant pour objectif de limiter les phénomènes extrêmes.

La Retenu Normale (RN) est le niveau objectif de gestion du niveau d'eau de la Seine permettant la navigation sans problème. Cette RN est fixée à 26,73 m NGF sur le bief concerné. Le fond du lit mineur se situe à environ 19 m NGF.

La limite inférieure des aménagements doit être évaluée à partir de la RN. En fonction du type d'aménagement, cette limite sera positionnée entre 1 m et 2 m sous le niveau de la RN, soit entre 24,76 et 25,76 m NGF. Au-dessous de cette côte, les aménagements seront réalisés sur la base de végétaux aquatiques.

Marnage

Le marnage conditionne le choix et le niveau d'implantation des végétaux à mettre en œuvre.

Les hauteurs d'eau remarquables de la Seine sont les suivantes :

- Retenue Normale (R.N.) : 26,73 m
- Plus Hautes Eaux Navigables (P.H.E.N.) : 28.61 m
- Plus Hautes Eaux Connues (P.H.E.C.) : crue de 1910 : 31,91 m
- Crue 1982 : 30,25 m
- Crue 1955 : 31.04 m

Il apparaît que le niveau des hautes eaux atteint ces 6 dernières années se situe entre 27,70 et 29,84 m NGF (alors que la référence à la station Banque Hydro H5920010 correspondant à la Seine au Pont d'Austerlitz est de 25,92 m NGF).

Incidence des conditions hydrologiques sur le type de végétaux implantés

Le type de végétaux implantés en berge peut donc être déterminé de la façon suivante :

- Espèces mésoxérophiles à mésohygrophiles : supérieur à zone de niveau de plus hautes eaux,
- Espèces mésohygrophiles : marge du niveau de plus hautes eaux constatées sur les six dernières années,
- Espèces hygrophiles : 1 m sous le niveau le plus bas des plus hautes eaux sur les six dernières années,
- Espèces aquatiques : 1 m en dessous de la côte de retenue normale.

La palette végétale proposée sera définie au moment de l'AVP et affinée au PRO.

Débit de référence

La Seine est le plus régulier et le moins puissant des fleuves français, son débit varie en région parisienne de 300 m3/s en période d'étiage à environ 26 000 m3/s en période de crues. Les crues sont majoritairement hivernales en relation avec le régime fluvial du fleuve.

Ce paramètre doit être pris en compte pour définir les caractéristiques (taille, poids) des aménagements en pied de berge.

Au droit du site, la vitesse d'écoulement en crue s'étage entre 1 et 1,6 m/s, soit une sollicitation moyenne. En période normale, les sollicitations sont donc plutôt modérées.

La force tractrice, permettant l'arrachement d'éléments non liés par l'eau du fleuve, dépend du coefficient de sinuosité du cours d'eau, du rayon hydraulique de la section considérée et de la pente locale du lit mineur.

Avec un coefficient de sinuosité local de 1, une pente du lit mineur de 0,1 % et un rayon hydraulique de 5,2 m (calculé plein bord en limite de débordement), la force tractrice de la Seine au droit du site, dans le chenal principal, est d'environ 52 N/m². Ce niveau de force tractrice permet d'arracher les substrats fins de type sables et petits graviers.

Cette valeur est à nuancer par les éléments suivants :

- Le phénomène du batillage contribue à accélérer très localement la vitesse de l'eau, donc à augmenter la force tractrice,
- Il s'agit d'une moyenne générale sur la section en travers de la Seine au droit du site. La force tractrice est plus forte au droit du chenal où les vitesses d'écoulement sont les plus élevées que près des berges où la vitesse d'écoulement est la plus faible,
- Les aménagements sont envisagés sur des secteurs avec présence de bateaux logements qui ont pour intérêts de réduire la force tractrice et le batillage.

Il existe pour chaque substrat, une limite de force tractrice critique qui lorsqu'elle est dépassée provoque l'arrachement et la détérioration. Ces limites indicatrices sont fournies ci-dessous.

Matériaux / Végétaux	Limites de force tractrice (tensions tangentielles) en N/m²
Sable ou gravier fin	8 à 10
Pelouse, longtemps soumise à débit	15 à 18
Pelouse, sollicitée pendant peu de temps	20 à 30
Hélophytes	30 à 40
Couche de branches	35 à 45
Galets ∅ 50 à 100 mm	40 à 60
Tapis anti-érosif, bionattes	80 à 180
Perré /enrochement, selon la taille	70 à 300
Gabions matelas, géomats renforcés	180 à 300
Tapis anti-érosif renforcé avec remplissage de fibres	400 à 670

Tensions tangentielles pour différents matériaux (Guide AquaTerra, 2010)

De la même manière, un classement indicatif des différents types d'aménagements en fonction du niveau de sollicitation permet de définir des choix d'aménagements ou des combinaisons. (Voir tableau ci-dessous).

Sollicitations / Solutions	Faibles *Vitesses d'écoulement entre 0,1 & 0,5 m/s Berges < 3/1 (H/V)*	Modérées *Vitesses d'écoulement entre 0,5 & 1 m/s Berges < 2/1 (H/V)*	Moyennes *Vitesses d'écoulement, batillage entre 1 & 2 m/s Berges >2/1 (H/V*	Fortes *Vitesses d'écoulement, batillage entre 2 & 3,5 m/s Berges >2/1 (H/V)*
Végétalisation naturelle spontanée	+++	-	-	-
Hélophytes individuelles	+++	-	-	-
Géotextiles (Géofilets) coco	++	-	-	-
Bionattes coco	++	-	-	-
Géonattes coco	++	++	-	-
Géomats (géogrilles tridimensionnelles) traditionnels	++	+++	++	-
Géomats avec remplissage de fibres de coco C350	-	+++	+++	+++
Géomats avec remplissage de fibres de polypropylène P550	-	++	+++	+++
Géonattes pré-végétalisées	-	+++	++	-
Géoalvéolaires	++	+	-	-
Boudins de coco	-	+++	++	-
Fascines coco pré-végétalisées	++	+++	-	-
Bouturage (plants de végétation arbustive)	+	++	-	-
Clayonnages / tressages	++	-	-	-
Fascines de branches mortes	+	+	-	-
Petits enrochements	-	++	+++	+++
Couche de branches à rejets	-	++	+++	+++
Gabions matelas de 0,2 à 0,3 m	-	-	++	+++
Gabions matelas de 0,5 m	-	-	-	++
Enrochements de 0,8 m	-	-	+	+++
Caissons bois végétalisés	+	++	++	+
Gabions boîtes végétalisés	+++	+++	+++	+++
Gabions sacs, rouleaux de pierres, remblais	++	+++	++	++
Peigne	++	++	+	-
Techniques mixtes avec remblai	-	-	-	-
Tunage de rondins	-	-	-	-
Radeaux végétalisés	++	+++	+	-

- : pas adapté; + : adapté, sous certaines conditions; ++ : bien adapté; +++ : très bien adapté

Types d'aménagements selon le niveau de sollicitation (Guide AquaTerra, 2010)

Les types d'aménagements envisagés répondent donc aux niveaux de sollicitations indicatifs proposés par le comparatif ci-dessus. **Rappelons que pour des évènements exceptionnels, les aménagements envisagés, ne feront pas obstacles aux écoulements.**

Qualité de l'eau

L'Etat chimique des masses d'eau concernées est mauvais sur la période 20114 – 2012 principalement par pollutions diffuses ou dispersées telles que les HAP ou diphénylétehrs bromés. Ces pollutions sont malheureusement fréquemment rencontrées en milieu urbain (ruissellements, rejets, sédiments pollués).

L'état écologique est moyen à très bon sur la Seine proche de l'Ile-de-Monsieur. La non-atteinte du Bon Etat est principalement due à l'hydrobiologie (moyen).

Risque inondation/ PPRI

Le Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) a été approuvé par arrêté du Préfet des Hauts-de-Seine le 9 janvier 2004.

Les mesures de compensation proposées sont situées en zone rouge dite « zone A » correspondant aux secteurs à forts aléas et aux secteurs à préserver au titre de la capacité de stockage de la crue quel que soit le niveau d'aléa (berges du fleuve et espaces non bâtis ou très peu bâtis qui constituent des secteurs d'expansion de crues).

Les prescriptions du PPRI :

- interdisent la réalisation de remblais,
- spécifient que dans la marge de recul de 30 m, les clôtures doivent être ajourées à large maille sur au moins les deux tiers de la hauteur située sous la cote de casier et que les murs pleins doivent être munis de barbacanes et être implantés parallèlement à l'écoulement de l'eau,
- autorisent les mouvements de terres d'importance limitée liés à l'aménagement paysager sous réserve de présenter un solde positif en matière de stockage de la crue.

Le PPRI ne concerne pas le lit mineur. Seul le lit majeur est concerné. Il est défini comme débutant au rebord du lit mineur marquant la limite de débordement.

Les aménagements proposés sont compatibles avec le PPRI car situés dans le lit mineur. Par ailleurs, et plus généralement, ils sont situés dans une zone où l'écoulement de la Seine est déjà perturbé par les installations d'amarrage des péniches. La zone comprise entre les Ducs d'Albe et la berge doit être, si sa largeur est inférieure à 5 m (ce qui est le cas au droit du site), négligée dans l'analyse des impacts du projet.

Les modélisations effectuées dans le cadre de l'étude d'impact du projet montrent que, en considérant cette zone comme non concernée par l'écoulement à l'état projet, les impacts sur la ligne d'eau et les vitesses d'écoulement sont négligeables pour les écoulements non débordants de la Seine et sont très faibles pour les crues débordantes.

1.14.6.8 Types d'aménagement proposés

Afin de compenser la destruction de frayères, la SGP s'engage à créer et entretenir les milieux suivants :

- Des plages d'hélophytes en tunage (secteur 3) : ces plages seront créées avant la destruction des frayères en phase chantier
- Des radeaux flottants et des frayères artificielles (secteurs 1 et 2) : ces radeaux et frayères seront installés e manière concomitante et une fois la phase chantier finalisée.

La mise en œuvre de ces mesures a fait l'objet d'un état initial complet afin de statuer sur la faisabilité de ces propositions. Dans le souhait constant d'accroitre la plus-value écologique, une recherche d'optimisation des surfaces et de leur temporalité d'installation a été réalisée.

Aménagements proposées	Besoins compensatoires	Mètre linéaire de berge concerné (ml)	Surface concernée (m²)
Plages d'hélophytes	410 m² de frayères impactées	270	486 à 540
Radeaux flottants doubles		111 * 2 = 222	222
Frayères artificielles		170	-

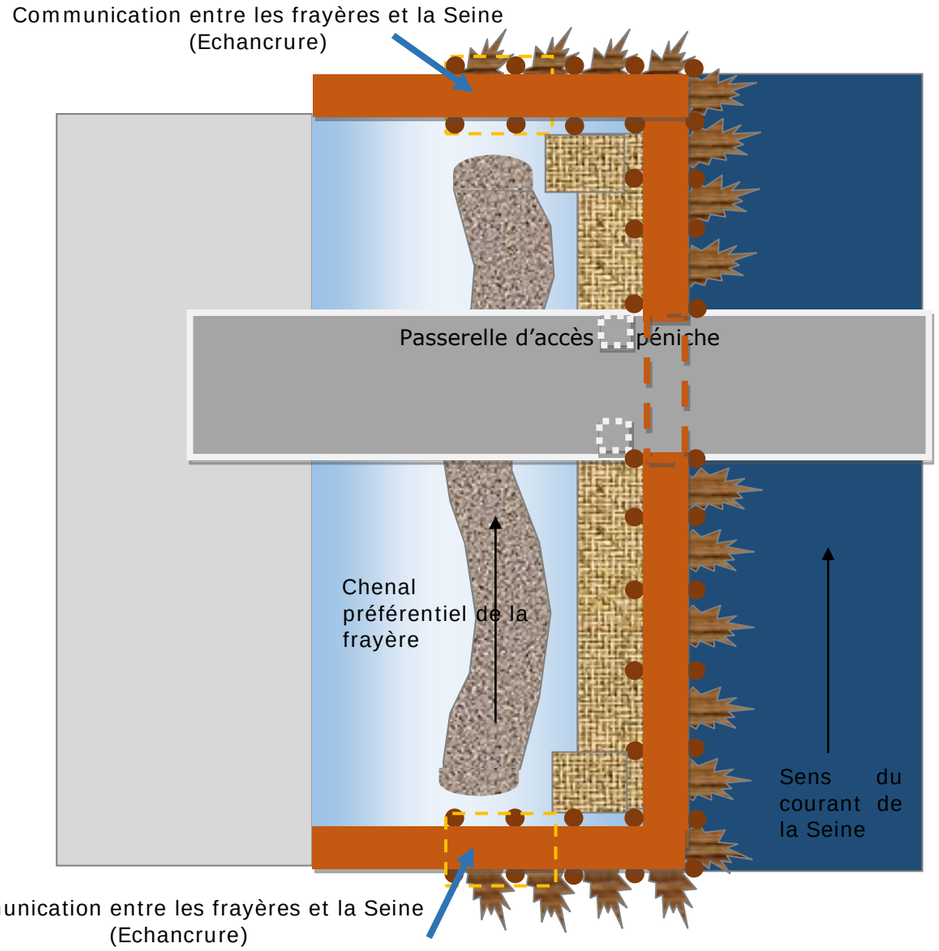
Création de plages d'hélophytes en Tunage

Ces plages d'hélophytes correspondent à la confection, au plus proche du niveau moyen des eaux (retenue pratiquée), d'une "plage" de matériaux gravelo-terreux remblayés et recouverte de géotextiles biodégradables de coco, prévégétalisée au moyen de plantes aux tiges robustes (Pré-culture 1 an à l'avance afin de mieux supporter les premières crues). Selon la granulométrie en place, une plage de graviers par apports de matériaux est réalisée. De la même manière, les habitats seront diversifiés en fonction des plages d'hélophytes créées.

Cette banquette de plantes hélophytes et aquatiques (largeur totale de 1,8 m) est maintenue au sol et « protégée » du batillage par une double rangée de pieux battus mécaniquement et des rondins de bois. En fonction du contexte bathymétrique, elle est constituée de plusieurs rondins, empilés les uns sur les autres, et solidement ancrés aux pieux (au moyen de fil de fer recuit et crampillons). La crête de l'ouvrage est calée à environ 20/30 cm au-dessus de la retenue pratiquée. Cette partie est implantée dans le lit du fleuve, longitudinalement au pied de talus, devant la banquette de plantes hélophytes. A noter que cette protection anti-batillage nécessite un suivi continu et régulier (vérification des attaches, etc.).

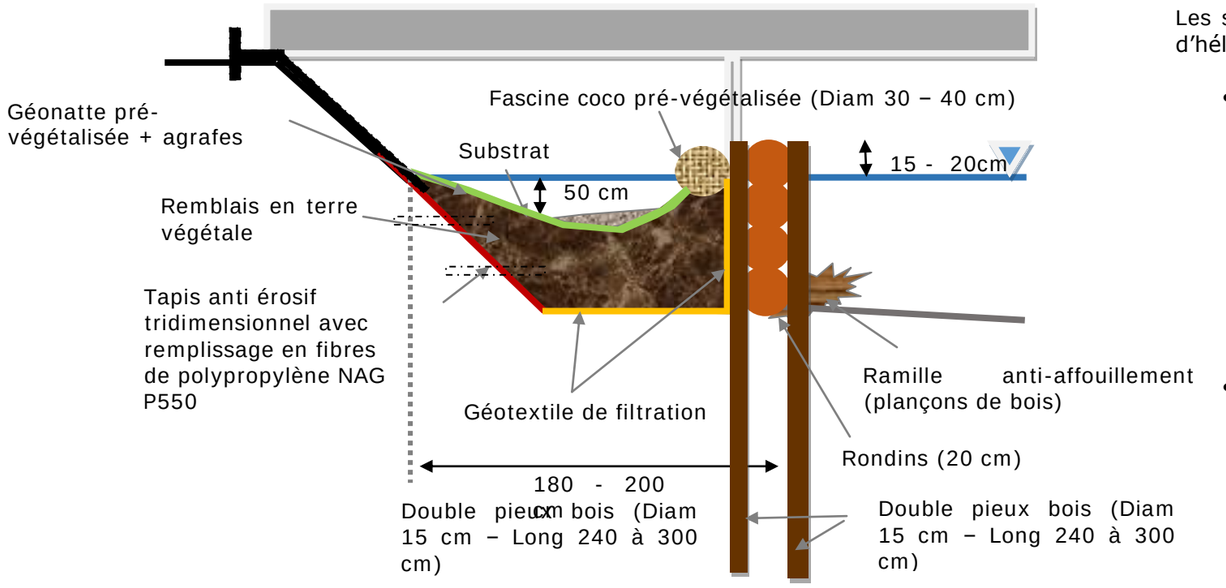
Afin d'éviter l'assèchement de la frayère, des pertuis, réalisés au moyens d'échancrures dans les rondins de bois, seront réalisés sur l'ouvrage. Elles seront réalisées en amont et en aval de l'ouvrage, dans l'axe du chenal préférentiel créé dans la frayère. Ces zones de passages permettront de conserver un passage préférentiel de 10 à 15 cm au minimum toute l'année.

Enfin, les structures seront reliées à la berge par un système de fixation en berge et en haut de berge pour garantir la tenue.



Vu à plat de l'aménagement © Biotope

Vue intérieure



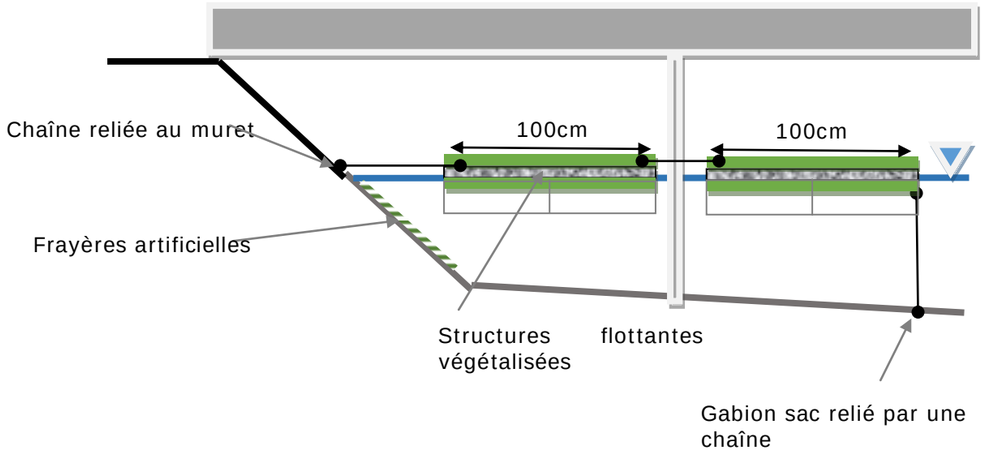
Vue extérieure

Vue en plan de l'aménagement © Biotope

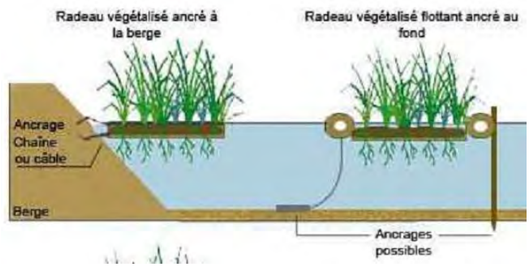
Création de radeaux flottants et frayères artificielles

Les secteurs 1 et 2 ne présentant pas de zones de hauts fonds favorables à la création de plages d'hélophytes, deux types d'aménagement seront installés :

- des radeaux flottants de 1 m de large souvent doublés. Ces radeaux flottants sont formés de structures flottantes modulaires (2,66 x 1 m), articulées (système d'attache tenon-mortaise breveté), en polyéthylène basse densité recyclé (et recyclable), semi-rigides (résistantes au gel, imputrescibles et neutres pour l'environnement) ou en bois résineux avec flotteurs en liège intégrés dans la structure, recouvertes d'une natte d'hélophytes. Pour protéger les racines et rhizomes du stress des vagues et permettre leur développement et surtout favoriser le développement par drageonnage de nouvelles plantes, une membrane géotextile percée est disposée en sous face. Ils seront fixées à la fois en berge et au fond de la Seine à l'aide d'un lest. Les radeaux peuvent ainsi s'adapter au batillage et au marnage de la Seine.
- des frayères artificielles viendront compléter le dispositif. Il s'agit de de fibres synthétiques. 3 tailles sont proposées, une grande de 5 m² (1,40 m X 3,60 m) pour les cyprinidés et le brochet, une petite de 0,5 m² (70 X 70 cm), conçue plus particulièrement pour le sandre mais utilisable aussi par les cyprinidés, puis une troisième de 1,67 m² (1,20 X 1,40 m) sur cadre rigide coulant ou flottant pour s'adapter à toutes les situations et tous les poissons. Les trois types de structures seront mises en places afin de diversifier les supports de pontes. Elles seront fixées en eau de berges afin d'être remontées facilement pour l'entretien.







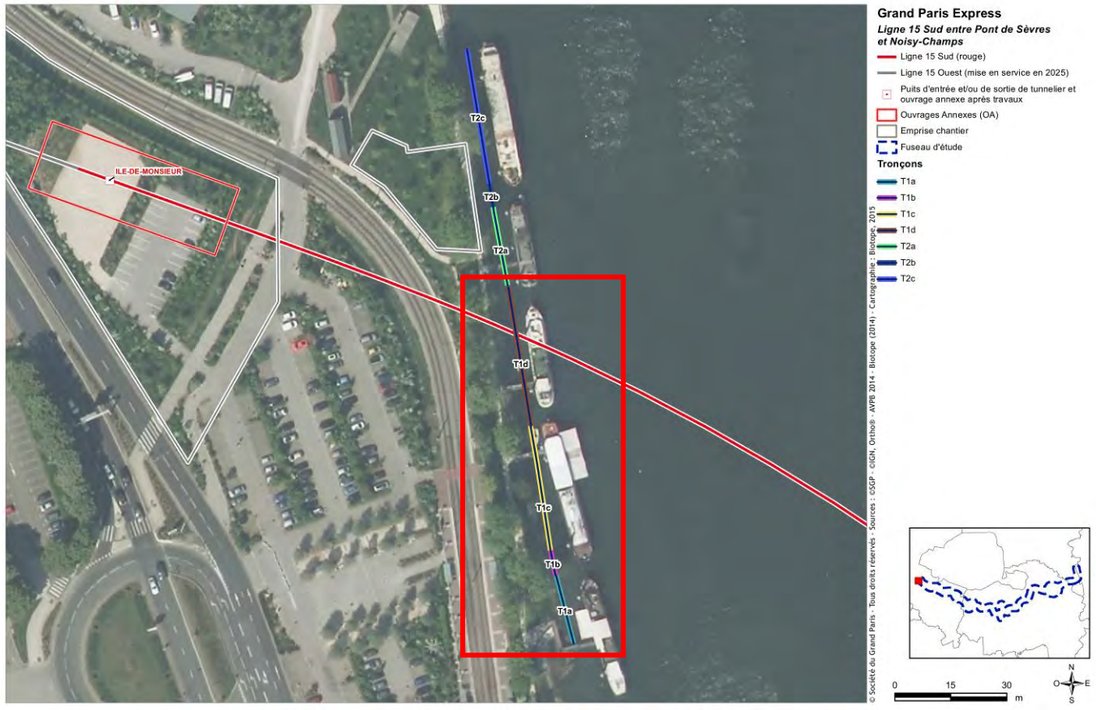
Frayère artificielles (gauche) et radeaux végétalisés (droite) © Biotope

1.14.6.9 Localisation précise des mesures de compensation frayères

Les trois secteurs identifiés précédemment, ont été découpés en tronçons selon les types d'aménagements proposés (plages d'hélophytes, radeaux flottants, frayères artificielles). Chaque secteur a été redécoupé en tronçons homogènes pouvant faire l'objet de travaux similaires. Ces tronçons sont représentés sur les cartes pages suivantes.

NB : Les tronçons de berges présentant des herbiers aquatiques denses à moyennement denses ne font pas l'objet de propositions d'aménagement, ils sont identifiés comme à préserver.

Secteur 1



Tronçon	Linéaire (ml)	Type d'aménagement proposé
1a	19 ml	Radeaux végétalisés doubles
	19 ml	Frayères artificielles
1b	-	A préserver – pas d'intervention
	11 ml	Frayères artificielles
1c	34 ml	Radeaux végétalisés doubles
	34 ml	Frayères artificielles
1d	-	A préserver – pas d'intervention
	40 ml	Frayères artificielles

Secteur 2



Tronçon	Linéaire (ml)	Type d'aménagement proposé
2a	22 ml	Radeaux végétalisés doubles
	22 ml	Frayères artificielles
2b	-	A préserver – pas d'intervention
	8 ml	Frayères artificielles
2c	36 ml	Radeaux végétalisés doubles
	36 ml	Frayères artificielles

Secteur 3





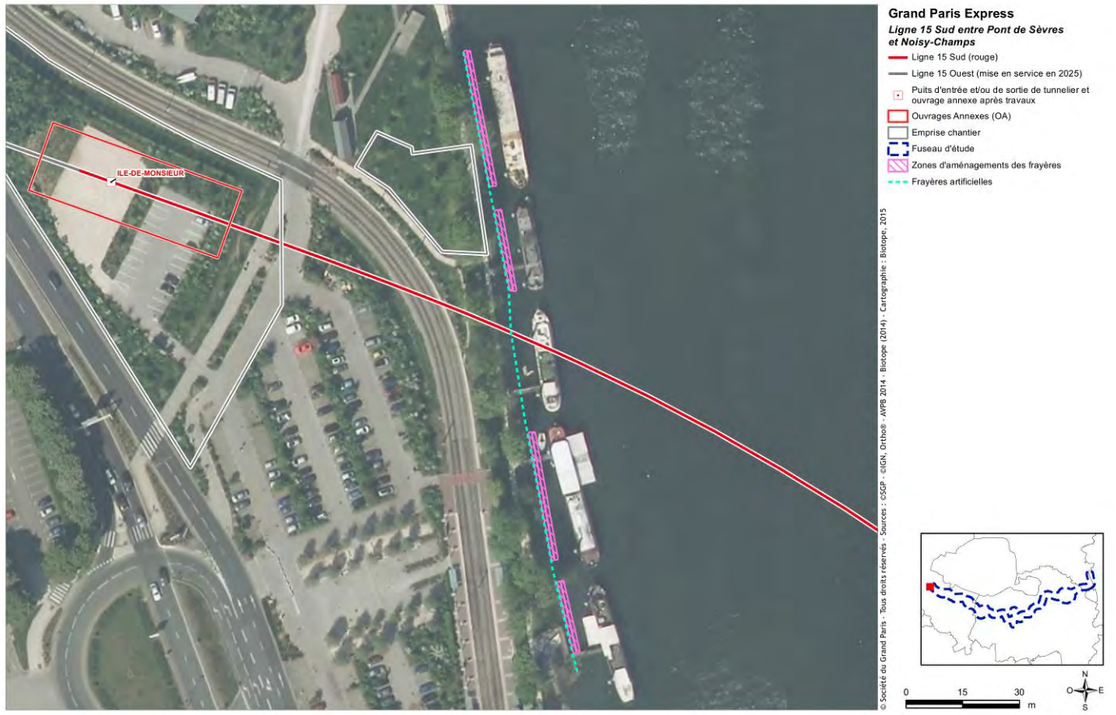
Tronçon	Linéaire (ml)	Type d'aménagement
3a	73 ml	Plages d'hélophytes
3b	-	A préserver – pas d'intervention
3c	41 ml	Plages d'hélophytes
3d	-	A préserver – pas d'intervention
3e	47 ml	Plages d'hélophytes
3f	-	A préserver – pas d'intervention
3g	13 ml	Plages d'hélophytes
3h	-	A préserver – pas d'intervention
3i	10 ml	Plages d'hélophytes
3j	-	A préserver – pas d'intervention
3k	86 ml	Plages d'hélophytes
3l	-	A préserver – pas d'intervention

Synthèse

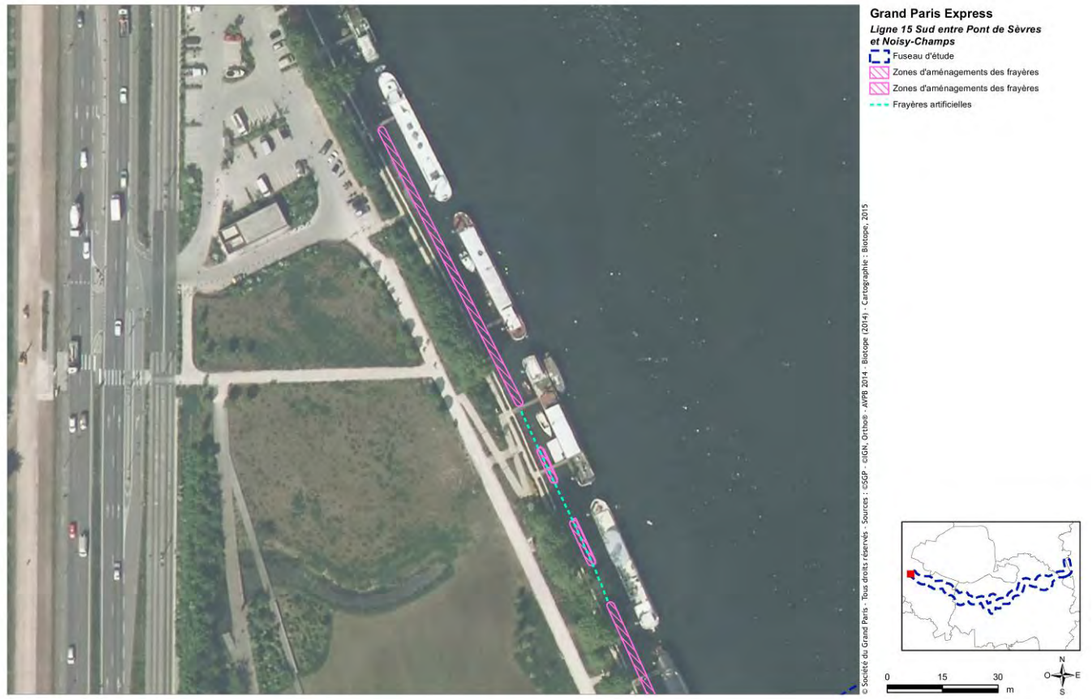
Au total, les aménagements proposés représentent :

Aménagement	Mètre linéaire de berge concerné (ml)	Surface concernée (m²)
Plages d'hélophytes	270	486 à 540
Radeaux flottants doubles	111 * 2 = 222	222
Frayères artificielles	170	-

Synthèse des aménagements prévus en berge de Seine au niveau de l'Ile de Monsieur







1.14.6.10 Identification des propriétés foncières, des gestionnaires et du maître d'ouvrage

Une convention entre Voies Navigables de France (VNF) et la Société du Grand Paris (SGP) est en cours de rédaction afin de pourvoir intervenir sur le Domaine Public fluvial. Pour cela, une autorisation de travaux en Seine est demandée.

Elle se base sur plusieurs critères :

- Pas d'entrave à la navigation,
- Descriptif et localisation des aménagements envisagés,
- Nature de l'aménagement modifiant les berges ou localisé sur le lit mineur,
- Identification et accord avec un gestionnaire de la structure créée.

Par ailleurs afin d'assurer la pérennité et l'entretien de ces frayères, une convention tripartite entre Voies Navigables de France, le futur gestionnaire (Syndicat Mixte de la Base Nautique de l'Ile-de-Monsieur) et la Société du Grand Paris est en cours de rédaction.

Le Syndicat Mixte de la Base Nautique de l'Ile-de-Monsieur, gestionnaire des berges de Seine par convention avec VNF a été identifié comme gestionnaire des aménagements envisagés. L'intégralité de l'île de Monsieur est en Espace Naturel Sensible (ENS). Le Syndicat Mixte accepte le principe de prendre en gestion ces milieux dans le cadre d'une convention de gestion avec la SGP sur une durée de 30 ans. Les travaux de création seront sous la responsabilité de la SGP avec le concours technique du Syndicat Mixte de la Base Nautique de l'Ile-de-Monsieur.

Les conventions entre les différentes structures sont en cours de signature. Elles seront transmises au service de la Police de l'eau avant le 31 décembre 2015.

1.14.6.11 Etudes préalables avant travaux

Un AVP, puis un PRO, sont en cours de réalisation. Ils préciseront les aménagements prévus. L'objectif est de mettre en œuvre ces mesures de compensation en amont de la phase chantier de la Ligne 15 Sud.

1.14.6.12 Mise en œuvre et concertation

Afin de définir au mieux les contraintes fonctionnelles de ces secteurs, de localiser précisément ces mesures de compensation, d'en assurer la faisabilité et pérennité et d'obtenir tous les éléments sur les besoins et nécessités aux quotidiens des résidents des péniches, des gestionnaires et des acteurs du territoire, plusieurs contacts ont été établis :

Date	Acteurs
3 décembre 2014, 6 mai 2015	Voies Navigables de France
9 janvier 2015	Conseil départemental 92
20 février 2015	Syndicat Mixte de l'Ile-de-Monsieur, Conseil départemental 92
27 mai 2015	Syndicat Mixte de l'Ile-de-Monsieur et Conseil départemental 92
Septembre 2015 (date à arrêter)	Préparation d'une réunion de concertation avec les habitants des bateaux logements

1.14.6.13 Coûts prévisionnels

Sur la base de ses aménagements, un mémo estimatif avant l'Avant-Projet Sommaire a été formulé sur la base des surfaces et des linéaires envisagés.

Plages d'hélophytes - Tunage

Largeur de l'aménagement de 180 cm/ 200 cm sur une longueur d'environ 270 ml soit 486 m² à 540 m².

Plages d'hélophytes - Tunage et géonattes prévégétalisées et graviers	Prix au ml			Besoin pour projet			Total projet		
	Description	basse	haute	Fourchette	basse	haute	Fourchette	basse	haute
Géonattes pré-végétalisées	5*1m (longueur-largeur)	25	35	Largeur (m)	2,5	2,5			
				Longueur (ml)	270	270	Prix surface basse	2430	3402
				Surface projet (m²)	486	540	Prix surface haute	2700	3780
				Nombre géonattes pour projet (5m²)	97	108			
Tapis anti-érosif	m²	9	12	Longueur (ml)	270	270	Prix surface basse	2673	3564
				Largeur (m)	1,1		Prix surface haute	2673	3564
				Surface projet (m²)	297	297			
Géotextile de filtration	m²	7	15	Longueur (ml)	270	270	Prix surface basse	3780	8100
				Largeur (m)	2		Prix surface haute	3780	8100
				Surface projet (m²)	540	540			
1 Fascines coco pré-végétalisées (30-40cm de diamètre)	Boudin (300*30cm) au ml	27	37	Nombre d'emplacement	1		Prix longueur basse	2430	3330
				Longueur (ml)	270	270	Prix longueur haute	2268	3108
				Nombre de boudins	90	84			
Pieux en bois	3 m*0,75 (à extrémités) à 1,5 (milieu) (longueur-distance) 15 à 30 cm de diamètre	10	20	Nombre de pieux	294	294	Prix nombre bas	2940	5880
							Prix nombre haut	2940	5880
Rondins de bois	50 mm-200mm-3m (épaisseur-largeur-longeur)	10	15	Nombre de rondins	95	95	Prix nombre bas	6650	9975
				Nombre	7	7	Prix nombre haut	6650	9975
Lit de branche anti-affouillement non capable de rejeter	Diamètre 0,5 à 2 cm/ Longueur 80 à 100 cm => 40 pièces/ ml	22	32	Longueur	294	294	Prix longueur basse	6468	9408
							Prix longueur haute	6468	9408
Remblais	m3/ml (Fourniture et mise en œuvre)	30	40	Cubage	405	540	Prix cubage bas	12150	16200
							Prix cubage haut	16200	21600
Substrat	Matériaux, transport et pose (m3)	30	40	Cubage	365	540	Prix cubage bas	10950	14600
							Prix cubage haut	16200	21600
Grillage métallique antifaune	ml	5	5		270	270	Prix longueur basse	1350	1350
							Prix longueur haute	1350	1350
Agrafes	3/m²	0,21	2		573	600	Prix nombre bas	360,99	3438
					3	3	Prix nombre haut	378	3600
Total							Total surface basse	52181,99	79247
							Total surface haute	61607	91965

Les retours d'expériences menés sur des actions similaires montrent des coûts de l'ordre de 150 à 300 euros/ml ce qui équivaut pour la surface proposée à une fourchette de 36 000 à 75 000 euros. Les retours d'expériences se rapprochent des montants estimés sur la base de ce schéma de principe.

Radeaux végétalisés :

Largeur de l'aménagement de 100 cm doublé soit environ 222 m².

Frayères artificielles

Environ 170 ml de frayères artificielles.

Assemblage de radeaux végétalisés et frayères artificielles	Prix au ml			Besoin pour projet			Total projet		
	Fourchette	basse	haute	Fourchette	basse	haute	Fourchette	basse	haute
Frayères artificielles	m²	65	135	Longueur (ml)	170		Prix projet	11050	22950
				Largeur (m)	1				
				Surface projet (m²)	170				
Radeaux flottants	Prix par m²	60	120	Surface pour projet (m²)	222		Prix projet	13320	26640
Gabions en sac = kit de fixation	Prix d'un sac	22		Nombre pour projet	1		Prix projet	22	22
Grillage métallique antifaune	ml	5	5		222		Prix projet	1110	1110
Total							**Total projet**	**25502**	**50722**

Coût total avec travaux

TOTAL Aménagement									
Plages d'hélophytes (Tunage) + frayères artificielles et radeaux flottants							Surface basse	77683,99	129969
							Surface haute	87109	142687
Installation de chantier (6 %)							Surface basse	4661,0394	7798,14
							Surface haute	5226,54	8561,22
Coût des travaux (projets)	Ouvrier (euros/jour)	350	450	Nombre de jour		40	Technicien	14000	18000
	Conducteur de travaux (euros/jour)	650	800	Nombre de jour		40	Conducteur de travaux	26000	32000
Maîtrise d'œuvre (10 %)							Surface basse	7768,399	12996,9
							Surface haute	8710,9	14268,7
Imprévus (10 %)							Surface basse	7768,399	12996,9
							Surface haute	8710,9	14268,7
TOTAL GENERAL							**Surface basse**	**137881,827**	**213760,94**
							Surface haute	**149757,34**	**229785,62**

En tenant compte de la mission de maîtrise d'œuvre, des travaux (installation de chantier, intervention) et des imprévus, le coût des prestations est estimé entre 137 881 et 229 785 euros sans la gestion et le suivi. Ce budget sera précisé lors des prochaines phases d'étude (AVP-PRO).

1.14.6.14 Planning de réalisation des travaux

Aménagements en phase travaux

Les plages d'hélophytes prévues sur le secteur 3 seront réalisées afin d'être opérationnelles en amont de la phase travaux.

Les radeaux flottants et les frayères artificielles seront installés de manière concomitante une fois la phase chantier finalisée.

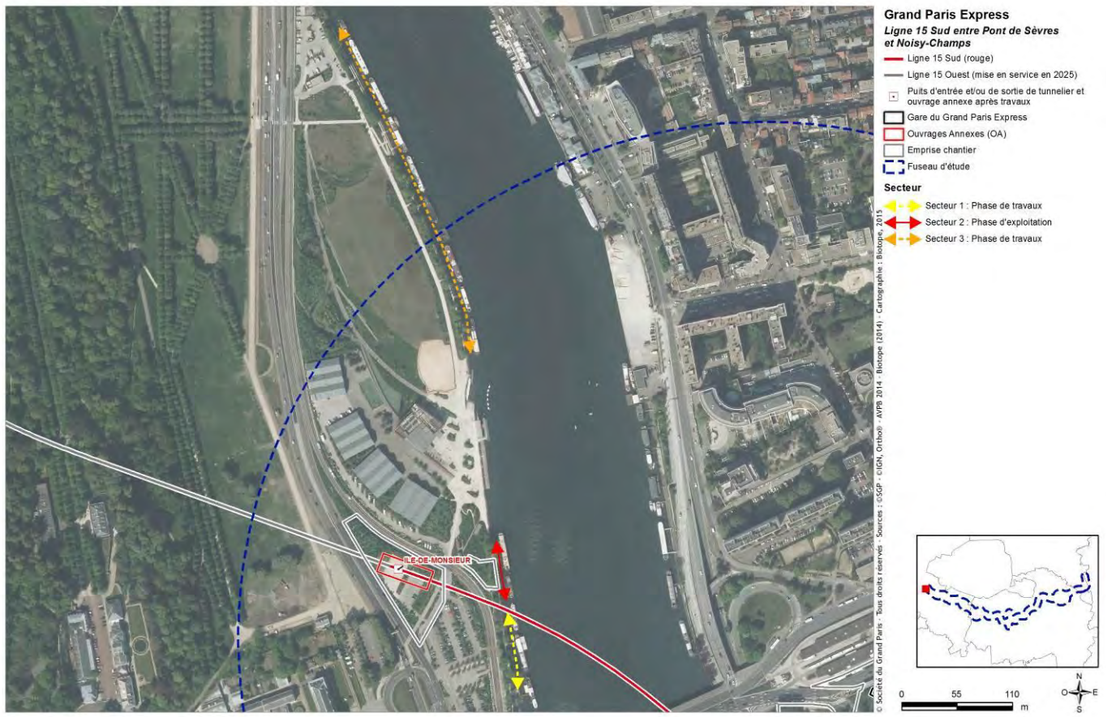
Un planning prévisionnel des travaux est proposé ci-dessous :

Réalisation des documents d'exécution (AVP, PRO)	Juillet – septembre 2015
Rédaction du cahier des charges et passation de marché pour les entreprises	Septembre – décembre 2015
VISA	Janvier – février 2016
Travaux (DET, OPC)	Février-septembre 2016 (selon météorologie et niveau de la Seine)

Ce planning sera détaillé et précisé lors des prochaines phases d'étude (AVP-PRO).

Aménagements en phase exploitation

Seuls les aménagements concernés par le secteur 2, zone de chargement des barges seront réalisées à la suite des travaux pour ne pas être attrayant pour la faune piscicole en phase chantier.



Période de travaux

L'engagement des travaux généraux, et particulièrement l'aménagement des plages d'hélophytes, devra prendre en compte cette donnée dans le souci de pouvoir engager les interventions de génie végétal à une période opportune.

Pour la plupart des aménagements proposés les profils types permettront d'établir une réalisation quasi-définitive, y compris la pose des géotextiles, tout au long de l'année vu l'importance des travaux prescrits. Les plantations d'hélophytes pourront quant à elle être réalisées de manière différées en période opportune par rapport à chaque type de végétaux prescrits. Les techniques végétales nécessitent une époque propice de mise en œuvre, correspondant à la période de repos ou de reprise de la végétation, soit au printemps ou à l'automne pour les végétaux semi-aquatiques (plantes hélophytes).

Par ailleurs, les travaux devront tenir compte des périodes de frai des poissons, principalement cyprinicoles soit avril à juillet. Les travaux doivent ainsi être réalisés entre août et mars.

1.14.6.15 Mesure de gestion

Pour l'ensemble des techniques mises en œuvre, au moins une visite annuelle sur place est à réaliser pour surveiller l'état de la protection, la reprise des végétaux, et prévoir les entretiens selon la technique employée.

Dès leur mise en place, un suivi régulier des frayères sera réalisé, afin notamment de nettoyer les frayères avant la ponte si des algues ou détritus sont présents. Ensuite pas d'intervention durant l'incubation et la résorption qui ne dure que quelques jours suivant la ponte. Attention même après éclosion la frayère reste un abri pour les alevins fraichement éclos.

Les géonattes pré-végétalisées seront munies de grillages empêchant le passage des oiseaux. De la même manière pour empêcher la nidification des canards et des cygnes une clôture de faible hauteur peut être disposée en bordure.

L'entretien des hélophytes sera le plus limité possible : c'est la végétation qui fait la protection, il ne s'agit donc pas de faucher trop souvent ou de tondre à ras les hélophytes. Une fauche à l'automne suffit d'une manière générale.

Une surveillance ponctuelle des radeaux flottants concernant de la prise de végétation sera effectuée et s'accompagnera d'un remplacement de plants ponctuels.

En fin de saison de ponte (fin juillet- mi-août), les frayères artificielles seront stockées suspendue (à plat hors de l'eau les fibres se déforment) et à l'abri de la lumière. De cette façon l'encombrement de stockage est réduit et la durée de vie des frayères est maintenue de nombreuses années.

Pour résumé :

- Lors des 3 premières années, entre 3 et 4 passages seront réalisés afin de bien observer la reprise des végétaux et les dégradations potentielles face aux évènements exceptionnels.
- Par la suite, 2 passages annuels permettent d'observer l'état de conservation des frayères et de réaliser de la manutention (pose et retrait des frayères artificielles).

Afin d'accéder aux ouvrages, notamment pour les plages d'hélophytes, des échelles transportables seront mises en places avec une accroche depuis la berge. Ce matériel permettra aux agents chargés de la gestion de pouvoir intervenir depuis la berge et ensuite en marchant sur le tunage.

De plus, le département et le syndicat mixte de la base de loisir vont mettre en place des barrages flottants permettant de limités le phénomène de stagnation et d'amoncellement des déchets le long de la berge et dans les aménagements.

1.14.6.16 Mesures de suivis

En phase préparatoire et de chantier

En parallèle, un suivi mené par un ingénieur écologue sera effectué afin de guider la maîtrise d'œuvre. Dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, et pour éviter les impacts imprévisibles, un suivi de chantier sera mis en place. Au sein des entreprises de travaux, une personne compétente dans les domaines de l'environnement s'assurera de la mise en place et du respect des mesures de réduction sur le terrain. Il assurera des formations et animera si besoin des réunions d'information avec les différents partenaires.

Mesure de suivis en phase exploitation

- Un suivi annuel au cours des 3 premières années afin d'évaluer la vitesse de recolonisation par les végétaux et les espèces piscicoles sera réalisé.
- S'en suivra un suivi tous les 2 ans pendant 15 ans puis tous les 5 ans jusqu'à la trentième année de suivi permettant de s'assurer de la pérennité et du maintien en bon état de conservation des habitats d'espèce et des espèces.

Lors de ces suivis, des pêches électriques, des observations de faune aquatique et terrestre ainsi que des relevés de végétations seront effectués et bancarisés.

Un bilan écrit sera produit par le prestataire pour faire état de l'évolution des populations et des habitats naturels.

Plusieurs rapports de suivi seront produits dont un suivi aux années 1,2, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 20, 25 et 30 ans sera réalisé.

Ce rapport sera adressé à la DRIEE Île-de-France, à l'ONEMA et au CNPN.

Ce suivi vise à vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre et le bon état de conservation :

- des populations sur l'aire d'étude pendant et après chantier,
- des populations sur les milieux recréés via mesures compensatoires,
- la bonne réalisation et la validité de la gestion.

Suite à ces suivis, des mesures de corrections pourront être apportés aux aménagements en concertation avec les services de l'ONEMA et de la DRIEE.

1.14.6.17 Plus-value écologique

Dans le cadre des mesures compensatoires liées à la construction de la ligne 15 Sud, la Société du Grand Paris (SGP) souhaite apporter une plus-value écologique au niveau de l'Ile-de-Monsieur et s'inscrire ainsi dans la logique d'additionnalité de la démarche ERC. L'additionnalité se doit d'être à la fois écologique et de ne pas se substituer à des engagements publics ou privés.

Il s'agit notamment de :

- Renforcer et compléter les dispositions déjà prises ou à venir sur ces espaces;
- Créer de nouveaux milieux et proposer des actions complémentaires ;
- Accélérer la mise en application des mesures de gestions ;

- Etablir un partenariat durable (technique et financier) ;
- Pérenniser la conservation des habitats pendant 30 ans, leur laissant ainsi la possibilité d'atteindre leur optimum écologique ;
- Réaliser des suivis scientifiques sur l'efficacité des mesures.
- Mettre en place des expérimentations quant à la mise en œuvre de mesure de gestions et de restauration de la biodiversité (fauche différée).

Atteindre une plus grande naturalité des habitats concernés par les mesures de façon à conserver voire améliorer la qualité écologique de la Seine.

1.14.6.18 Synthèse des mesures de compensation

Le tableau ci-dessous synthétise les mesures de compensation mises en œuvre pour chacune des espèces ciblées par la compensation.

Synthèse des mesures de compensation mises en œuvre pour chacune des espèces concernées

Espèce ciblée	Habitats	Superficie impactée	Mesures de compensation	Superficie compensée	Commentaire
Ichtyofaune commune	Frayères	410 m²	Création de plages d'hélophytes, de radeaux flottants et de frayères artificielles	708 à 762 m² + 170 ml	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet

1.14.7 Synthèse des impacts et mesures associées relative à la faune piscicole et aux frayères

Synthèse des impacts du projet concernant la faune piscicole et les frayères – phase chantier

Section	Ouvrages concernés	Niveau d'enjeu	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet	Mesures compensatoires
Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres à Issy RER	OA Ile de Monsieur	Modéré à fort	*Impact direct* Destruction et dégradation de frayères Destruction d'individu Dérangement Espèces envahissantes *Impact indirect* Destruction et dégradation de frayères	- Précautions et limitation des pollutions - Gestion des déchets - Balisage des zones humides présentes entre les berges et les Ducs d'Albe existants lors des travaux d'implantation des nouveaux Ducs d'Albe et du dragage - Balisage des zones humides présentes à proximité - Implantation des Ducs d'Albe sur des secteurs dépourvus d'herbiers aquatiques denses - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (bandes transporteuses) - Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats humides à proximité - Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine - Destruction (Ecrevisse et Poisson Chat)	Modéré Dégradation de frayères (108 m²)	**Recréation de frayères** *Cf. mesures de compensation :* - *Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur* - *Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur*
	Gare Pont-de-Sèvres	Modéré	*Impact direct* Destruction et dégradation de frayères Destruction d'individu Dérangement *Impact indirect* Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité	- Précautions et limitation des pollutions - Gestion des déchets - Optimisation de l'emprise chantier de l'estacade - Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats aquatiques à proximité - Retrait préalable des herbiers aquatiques hors périodes de frai - Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets et filets) - Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité	Modéré Destruction de frayères (302 m²)	**Recréation de frayères** *Cf. mesures de compensation :* - *Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur* - *Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur*
Section Vitry centre - Champigny	OA Friche Arrighi (Frayères)	Faible à Modéré (à proximité)	*Impact direct* Pas de destruction de frayères *Impact indirect* Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité	- Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets) - Mise en place de dispositif anti-batillage	Nul à faible	Aucune

1.15 Services écosystémiques

Consacrés en 2005 par l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire12 (MEA, 2005), les services écosystémiques soulignent le lien étroit entre la biodiversité et son utilisation par les sociétés humaines. A chaque type d'écosystème correspondent des fonctions et des services différents, dont le niveau de réalisation dépend de (i) la santé de l'écosystème, (ii) des pressions qui s'exercent sur lui, mais également (iii) de l'usage qu'en font les sociétés dans un contexte géographique et socioéconomique donné. Ainsi, l'existence d'un service écosystémique dépend tout autant de processus écologiques que des pratiques sociales qui en déterminent son utilisation.

Concrètement, l'évaluation des services rendus permet par exemple d'identifier l'ensemble des usages et valeurs multiples d'un écosystème afin d'appuyer certaines décisions en rapport avec l'utilisation rationnelle des écosystèmes, leur conservation et leur gestion durable. En outre, elle permet également de :

1) Démontrer la contribution des écosystèmes à l'économie locale ou nationale et au bien-être humain afin d'encourager la conservation et l'utilisation durable de l'environnement,

2) Garantir une prise de décision appropriée dans le cadre de l'évaluation d'impact sur l'environnement,

3) Réaliser une analyse coût-bénéfice permettant de comparer différents projets d'utilisation ou de modification d'un écosystème donné.

Au vu de ces éléments, la mise en œuvre de cet outil est apparue pertinente dans le cadre du projet du Métro du Grand Paris Express, et donc de la Ligne 15 Ouest. En effet, elle permet de compléter l'évaluation environnementale par une analyse fine des enjeux sociétaux en lien avec les milieux naturels et semi-naturels potentiellement impactés par le projet. En d'autres mots, elle apporte les éléments nécessaires pour une meilleure prise en compte de la biodiversité par une évaluation du poids des biens et services rendus par les écosystèmes dans le développement de l'activité économique et du bien-être humain.

Ainsi, ce travail a consisté à évaluer l'impact des phases de construction et d'exploitation du projet sur la consommation d'espaces naturels et semi-naturels et sur les services rendus par ces milieux.

Ce travail a été réalisé en trois étapes :

1) Définition d'une typologie des systèmes naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude (fuseau d'étude intégrant les éléments connexes),

2) Identification et, selon les données disponibles, quantification des services rendus par ces milieux,

3) Evaluation de l'impact du projet sur les services rendus.

12 Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.

1.15.1 Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude

Dans le cadre de cette étude, 15 services écosystémiques ont été identifiés dans le fuseau d'étude.

Nota : Cette liste ne prétend pas être exhaustive car certains services sont parfois difficiles à qualifier ou sont parfois même contestés de manière générale.

Typologie des services écosystémiques identifiés dans le cadre de cette étude

Services écosystémiques		Définition
APPROVISIONNEMENT	**Production agricole**	Surfaces fertiles qui, par leur mise en production ou leur utilisation comme surface d'élevage pour le bétail, constituent des facteurs de production valorisés par les exploitations agricoles et contribuent à approvisionner en nourriture la société.
	Cueillette terrestre	Activité consistant à prélever une production végétale qui participe à l'approvisionnement des êtres humains en biens à usage principalement alimentaire (e.g, jardins familiaux). Elle peut également être considérée comme un service à caractère social.
	Récolte de bois	Service issu de la production de biomasse ligneuse par les écosystèmes qui permet de fournir la matière nécessaire à de nombreuses activités humaines à travers trois filières de transformation (bois de chauffage, bois d'industrie et bois d'œuvre).
REGULATION	**Ecrêtement des crues**	Capacité des écosystèmes à compenser, en partie, les précipitations et les variations du niveau des eaux et donc à faciliter l'écrêtement des crues.
	Soutien d'étiage	Régulation de l'effet sécheresse par les écosystèmes, grâce à leurs capacités de stockage de l'eau puis de restitution en période d'étiage.
	Autoépuration des eaux	Service permettant de disposer d'une eau propre et utilisable, ou nécessitant un moindre traitement, notamment pour la consommation d'eau douce, mais aussi pour toutes activités nécessitant des milieux aquatiques sains. Les écotones (à la frontière entre eau et terre comme par exemple les roselières) sont ceux qui participent le plus à la qualité et à la quantité du service rendu.
	Purification de la qualité de l'air	Diminution des concentrations en gaz polluants ainsi qu'en particules en suspension dans l'air grâce à une absorption de ces particules par les végétaux.
	Régulation du climat global	Régulation des flux de carbone dont les gaz à effet de serre (séquestration du carbone par les systèmes végétaux), et lutte contre les changements climatiques globaux.
	Régulation du climat local	Régulation locale de la température, des précipitations et du vent grâce à différents processus naturels assurés par les végétaux dont les principaux, sont l'évapotranspiration et l'effet albédo.

Services écosystémiques		Définition
	Contribution à la pollinisation	Ce service est assuré par tout milieu favorisant la diversité et l'abondance des insectes pollinisateurs.
SOCIO-CULTUREL	**Paysage**	Aménités apportées aux êtres humains en améliorant leur cadre de vie.
	Chasse	Activité de loisir et de détente assurée par la présence de gibier mais également par le cadre naturel dans lequel se déroule cette activité récréative. Cette activité exclut toute commercialisation.
	Pêche de loisir	Activité de capture des animaux aquatiques dans leur milieu naturel. Cette activité exclut toute commercialisation.
	Sports de nature	Aménités apportées aux êtres humains par la réalisation d'activités sportives réalisées en milieux naturels et semi-naturels.
	Tourisme de nature	Forme de tourisme pour laquelle la motivation principale est l'observation et l'appréciation de la nature. Elle inclut les activités de loisirs qui peuvent avoir un caractère sportif. Le chant des oiseaux, du bruit de l'eau et du feuillage, la vue de la verdure ont des effets positifs sur la psychologie de l'être humain.

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. Le tableau présente le lien établi entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

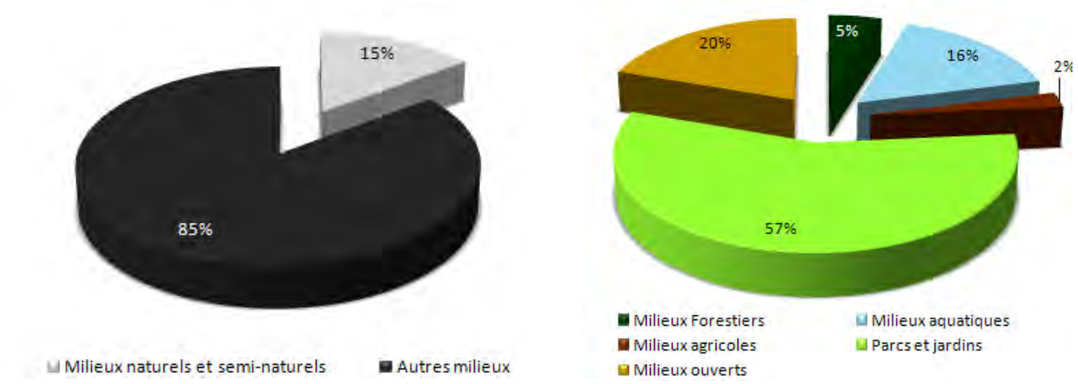
Le lien entre milieux et services, présenté dans le tableau qui suit, permet une automatisation des résultats. Néanmoins, les milieux d'une même sous-catégorie peuvent apporter des services légèrement différents (par exemple, la chasse n'est pas pratiquée dans tous les espaces boisés, …). Ceci sera détaillé lors de l'étude précise des impacts (voir section suivante).

Liens entre milieux (semi)naturels et services écosystémiques

Services écosystémiques		Milieux	Milieux forestiers		Milieux aquatiques			Milieux agricoles					Parcs et jardins		Milieux ouverts			
			Espaces boisés	Plantations	Zones humides	Eau	Plan d'eau	Cultures	Cultures intensives	Cultures spécialisées	Jardins familiaux	Vergers	Jardins	Parcs urbains	Friches	Prairies	Terrains vacants	Vacant rural
APPROVISIONNEMENT	Production agricole							■	■	■		■						
	Cueillette terrestre										■							
	Récolte de bois		■	■														
REGULATION	Ecrêtement des crues				■		■								■	■	■	■
	Soutien d'étiage				■	■	■											
	Autoépuration de l'eau				■	■	■											
	Purification de la qualité de l'air		■	■	■							■	■	■				
	Régulation du climat global		■	■								■		■				
	Régulation du climat local		■	■								■	■	■				
	Contribution à la pollinisation												■	■	■	■	■	■
SOCIO-CULTUREL	Paysage		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Chasse		■		■	■	■											
	Pêche de loisir				■	■	■											
	Sports de nature		■		■	■	■							■	■	■	■	■
	Tourisme et loisirs de nature		■		■	■	■							■				

1.15.1.1 Analyse des milieux (semi)naturels à l'origine de services écosystémiques

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent une superficie totale de **646,0 ha** soit 15 % environ de la superficie totale du tronçon. Ce dernier est donc très urbanisé.



Proportions de milieux (semi)naturels au sein du fuseau d'étude

Parmi les milieux (semi) naturels recensés, les **milieux forestiers**, exclusivement représentés par des espaces boisés n'occupent que 5% des espaces (semi)naturels du fuseau d'étude. Ils se concentrent principalement dans la commune de Noisy-le-Grand à proximité du parc de la Butte verte. Les **milieux agricoles** sont peu représentés (2% de la superficie du fuseau d'étude). Seules quatre exploitations de culture intensive sous serre (horticulture) sont recensées. Plus de 90% des milieux agricoles correspondent à des jardins familiaux majoritairement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs et à l'origine du service de cueillette terrestre. Les **milieux ouverts** représentent environ 20% de l'ensemble des milieux (semi)naturels et sont majoritairement représentés par des terrains vacants. Les **milieux aquatiques**, représentant 16% des milieux (semi)naturels du tronçon, concernent majoritairement la Seine et la Marne.

Enfin, plus de la moitié des milieux (semi)naturels (soit 57%) correspondent à des **parcs et jardins** principalement représentés par des parcs communaux dont les plus étendus sont le parc de la Butte verte (dont 19 ha sont inclus dans le fuseau d'étude), le parc des Hautes-Bruyères (dont 17 ha sont inclus dans le fuseau d'étude) ou encore le parc départemental du plateau (dont 16,6 ha sont inclus dans le fuseau d'étude).

Milieux (semi)naturels recensés au sein du fuseau d'étude

Catégories	Surface (ha)	Sous-catégories	Surface (ha)
Milieux forestiers	33,4	Espaces boisés	33,4
		Plantations	0,0
Milieux aquatiques	104,3	Zone humide	0,0
		Eau	101,8
		Plan d'eau	2,5
Milieux agricoles	16,3	Cultures	0,0
		Cultures intensives	1,3
		Cultures spécialisées	0,0
		Jardins familiaux	15,0
		Vergers	0,0
Milieux ouverts	127,3	Friche	4,3
		Prairie	38,9
		Vacant rural	16,0
		Terrain vacant	68,1
Parcs et jardins	364,7	Jardins	39,0
		Parcs urbains	325,7

1.15.1.2 Analyse des services écosystémiques rendus au sein du fuseau d'étude

Les milieux (semi)naturels présentés précédemment sont à l'origine de services écosystémiques rendus dans le fuseau d'étude. Comme explicitée dans la méthodologie, l'association entre les milieux (semi)naturels et les services qu'ils rendent n'est pas automatisée : chaque service écosystémique est associé à un milieu selon ses caractéristiques locales. C'est pourquoi certains services (récolte de bois, chasse, …) se voient affecter une surface nulle bien que les milieux potentiellement à l'origine de ces derniers sont présents sur la zone d'étude.

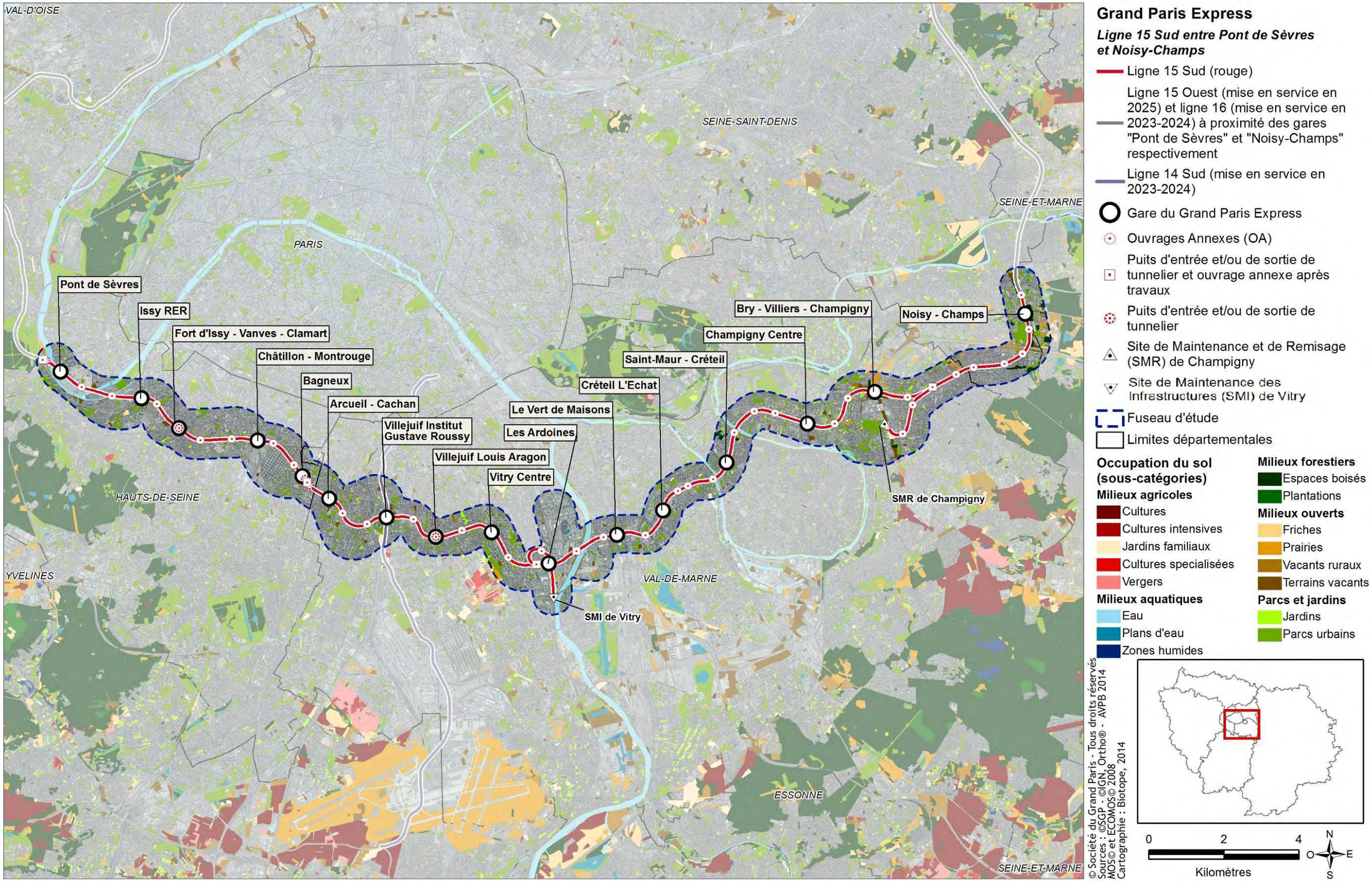
Surface (en ha) impliquée dans la production de chacun des services écosystémiques identifiés comme potentiellement présents au sein du fuseau d'étude

Services écosystémiques / Milieux		Milieux forestiers		Milieux aquatiques			Milieux agricoles					Parcs et jardins		Milieux ouverts			
		Espaces boisés	Plantations	Zones humides	Eau	Plan d'eau	Cultures	Cultures intensives	Cultures spécialisées	Jardins familiaux	Vergers	Jardins	Parcs urbains	Friches	Prairies	Terrains vacants	Vacant rural
APPROVISIONNEMENT	Production agricole						0	1,3	0		0						
	Cueillette terrestre									15							
	Récolte de bois	0	0														
REGULATION	Ecrêtement des crues			0		2,5								4,3*	38,9*	68,1*	16*
	Soutien d'étiage			0	101,8	2,5											
	Autoépuration de l'eau			0	0	2,5											
	Purification de la qualité de l'air	33,4	0	0							0	39	325,7				
	Régulation du climat global	33,4	0								0		325,7				
	Régulation du climat local	33,4	0								0	39	325,7				
	Contribution à la pollinisation											39	325,7	4,3	38,9	68,1	16
SOCIO-CULTUREL	Paysage	33,4	0	0	101,8	2,5	0	1,3	0	15	0	39	325,7	4,3	38,9	68,1	16
	Chasse	0		0	0	0											
	Pêche de loisir			0	101,8	0											
	Sports de nature	33,4		0	101,8	2,5							325,7	4,3	38,9	68,1	16
	Tourisme et loisirs de nature	33,4		0	101,8	2,5							325,7				

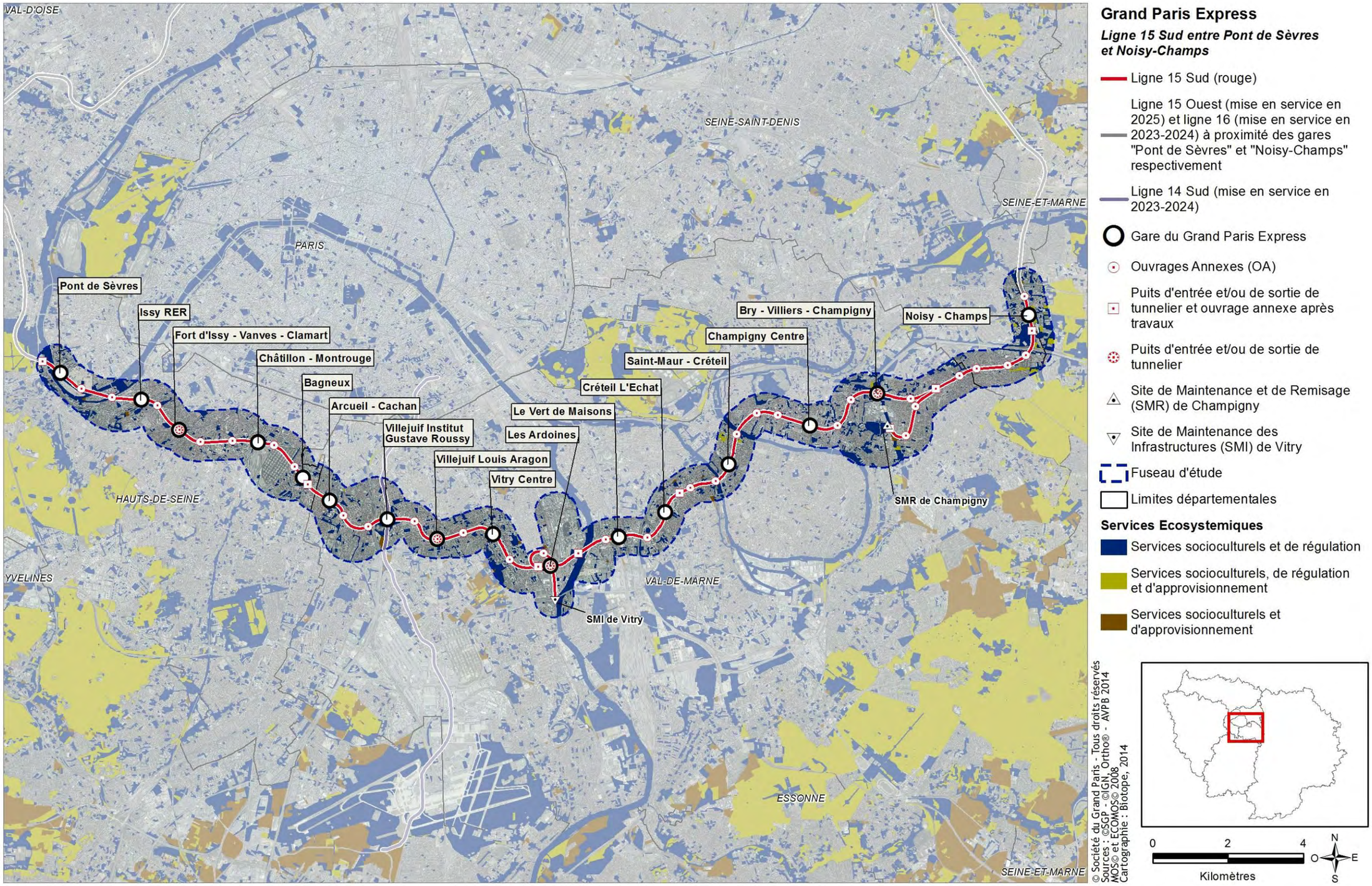
Les valeurs indiquées dans ce tableau peuvent différer de celles du tableau de la page précédente qui présente les surfaces brutes obtenues par extraction des informations contenues dans le MOS. Le tableau ci-dessus est quant-à lui obtenu après traitement des données brutes pour obtenir les surfaces des milieux pour lesquels l'existence des services rendus a été vérifiée.

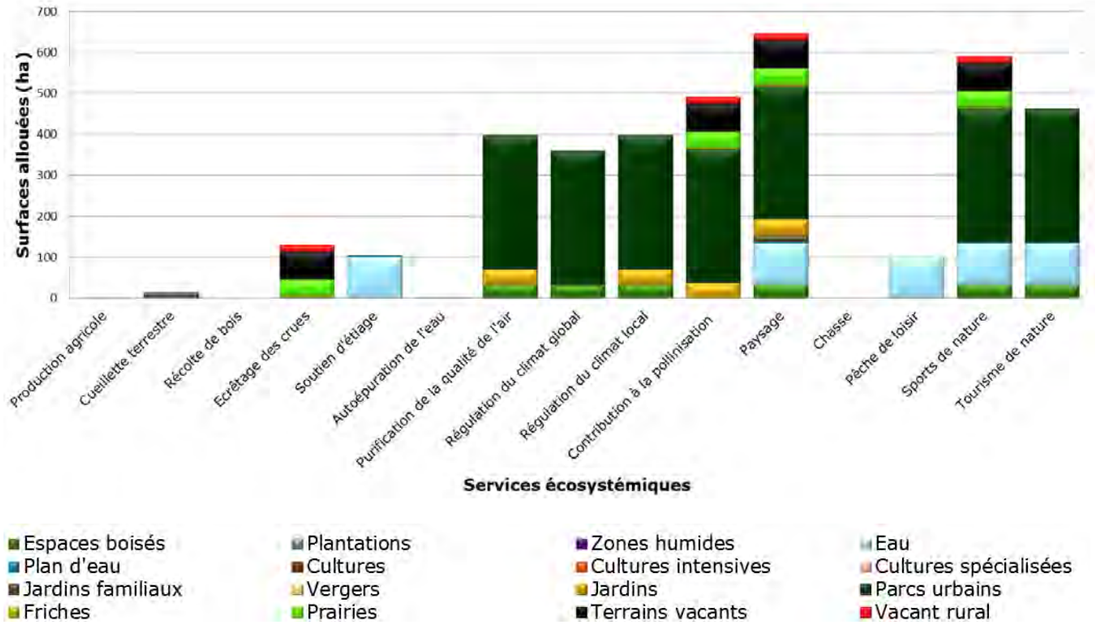
* Les valeurs indiquées sont les superficies maximales présentent en raison de l'absence de données homogènes à l'échelle du sein du fuseau d'étude.

Typologie d'occupation du sol par sous-catégories retenues pour l'étude des services écosystémiques



Services écosystémiques rendus par les milieux (semi)naturels du fuseau d'étude





Surfaces en hectares relatives aux services écosystémiques fournis par les différents milieux (semi)naturels du fuseau d'étude

La fourniture de **services d'approvisionnement** par les milieux (semi)naturels est limitée au sein de la Ligne 15 Sud. Seules 4 parcelles de culture intensive sous serre ont été identifiées au travers du MOS, totalisant une surface de 1,3 ha. Par ailleurs et bien que représenté sur une faible superficie, le service de cueillette terrestre rendu par 12 jardins familiaux principalement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs (FNJFC), est à souligner. En effet, et au-delà du service d'approvisionnement, ces jardins familiaux jouent un rôle social indéniable auprès des habitants et est un support à la sensibilisation au lien qu'il existe entre la santé, la nutrition et la protection de l'environnement. Le service de récolte de bois n'est, quant-à-lui, rendu par aucun milieux (semi)naturel au sein du fuseau puisque qu'ils ne font pas l'objet d'une exploitation.

A l'échelle du fuseau d'étude, la Seine et la Marne sont les principaux milieux aquatiques participant aux **services de régulation**. Les mares et zones humides présentent dans le fuseau d'étude, et notamment les mares localisées au sein des parcs de la Butte Verte ou des Hautes Bruyères participent également aux services de régulation. Parmi les services de régulation, la Seine et la Marne jouent notamment un rôle de soutien d'étiage mais participent peu à l'épuration des eaux à cause du taux d'artificialisation élevé de leurs berges. *A contrario*, alors que très peu de milieux aquatiques participent au service d'écrêtement des crues au sein du fuseau d'étude, les milieux ouverts jouent, selon leur situation géographique, un rôle en termes d'écrêtage des crues limitant ainsi les risques liés aux inondations. C'est notamment le cas des prairies et terrains vacants situés à proximité de la Seine et inclus dans les zones historiquement inondées par les plus hautes eaux connues (communes de Sèvres, Boulogne-Billancourt, Meudon, Issy-les-Moulineaux, Vitry-sur-Seine, etc.). De même, les prairies et terrains vacants à proximité de la Marne sont situés en zone inondable (communes de Saint-Maur-des-Fossés et de Champigny-sur-Marne). Ces milieux permettent un stockage temporaire de l'eau en période de crue. D'autre part, il est important de souligner que les parcs urbains et les espaces boisés participent aux services de régulation par une amélioration du cadre de vie des citoyens (purification de l'air et régulation du climat local et global). Ils contribuent également à la diversité et à l'abondance des insectes pollinisateurs qui pourront, à leur tour, favoriser les services d'approvisionnement dans des milieux limitrophes.

Ces mêmes milieux contribuent à favoriser le bien-être humain en fournissant un certain nombre de **services socioculturels**, très prisés notamment dans un contexte urbain marqué. Propices à la pratique d'activités sportives et touristiques de plein air, les parcs urbains et espaces boisés représentent des lieux de détente. Ils sont également considérés comme de véritables « cœurs verts » en contexte urbain contribuant ainsi à l'embellissement du paysage. Parmi les milieux aquatiques, la Seine et de la Marne sont des supports à l'activité de pêche de loisir (notamment cyprinidés et carnassiers). Cette activité est encadrée par la fédération interdépartementale de pêche des départements de Paris (75), Hauts-de-Seine (92), Seine-Saint-Denis (93) et Val-de-Marne (94). Les autres milieux aquatiques, ponctuellement représentés par les plans d'eau, ne sont pas supports à ce service.

Les parcs urbains sont les milieux (semi)naturels les plus représentés au niveau de la Ligne 15 Sud (57 % des milieux (semi)naturels). Dans un contexte urbain particulièrement dense, ces milieux constituent de véritables « poumons » en cœur de ville, tant pour la qualité de l'environnement de vie des citoyens (apport de services de régulation) que pour les activités sociales qu'ils génèrent (services socioculturels). Les principaux enjeux se concentrent donc au niveau des services socioculturels et de régulation fournis pas ces milieux.

1.15.2 Impacts et mesures en phase chantier et exploitation concernant les services écosystémiques

1.15.2.1 Milieux (semi)naturels impactés par le projet

L'analyse qui suit est basée sur le postulat que seuls les milieux dégradés en phase chantier ou exploitation voient leurs services écosystémiques impactés par le projet. Cette dégradation est la conséquence de l'emprise au sol du tracé et des éléments connexes.

En phase chantier, la superficie totale des milieux (semi)naturels impactés est inférieure à 20 ha, soit moins de 5 % de la surface totale des milieux (semi)naturels inclus dans le fuseau d'étude. Les milieux (semi)naturels les plus impactés sont les parcs urbains disséminés dans l'ensemble du fuseau et notamment les parcs départementaux des Hautes-Bruyères et du Plateau ainsi que les boisements et notamment les boisements situés dans le secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs puis dans une moindre mesure les terrain vacants et autres milieux ouverts.

En phase d'exploitation, la superficie impactée est moindre qu'en phase exploitation mais la répartition des milieux impactés en phase exploitation suit celle des milieux impactés en phase chantier.

1.15.2.2 Services écosystémiques impactés par le projet

Durant la **phase chantier**, les services d'approvisionnement rendus par les jardins familiaux ainsi que les services socioculturels et de régulation sont impactés par le projet. Ceux fournis par les parcs urbains et les boisements sont les services majoritairement dégradés. Ces impacts conduisent à une diminution des surfaces propices à la pratique d'activités sportives et de plein air ainsi qu'à une diminution des surfaces améliorant le cadre de vie des citoyens par une purification de l'air et une régulation du climat local et global. Néanmoins, cet impact s'élève à moins de 5 % de la superficie totale des parcs urbains disponibles par les citoyens. D'autre part, la dégradation de ces services ne sera que temporaire si des mesures de restauration des milieux (semi)naturels impactés prises suite aux travaux de construction du métro. En ce qui concerne les boisements, les impacts induits par le projet sont concentrés au niveau du secteur d'aménagement de la gare de

Noisy-champs qui concentre plus de 10 % des surfaces boisées à l'échelle du fuseau d'étude notamment en raison de son caractère urbanisé.

A noter qu'un phénomène de report vers des milieux (semi)naturels à proximité (phénomène considéré comme limité compte tenu du contexte urbain de ce tronçon) pourrait être envisagé pour compenser les pertes temporaires des services socioculturels.

En **phase d'exploitation**, les impacts sont très limités. Les services impactés sont globalement identiques en phases exploitation qu'en phase chantier mais dans une moindre mesure.

1.15.2.3 Services d'approvisionnement impactés par le projet

Seul le service d'approvisionnement rendu par les jardins familiaux sera impacté par le projet. Parmi les jardins familiaux présents à l'échelle du fuseau d'étude, le terrain définit comme « Jardin familial » par le MOS et impacté par le projet est une propriété de l'Etat gérée par l'AFTRP (Agence Foncière et Technique de la région Parisienne) pour lequel aucune convention d'occupation précaire n'a été délivrée. La quantification du service de cueillette terrestre n'a donc pas été réalisée.

1.15.2.4 Services de régulation impactés par le projet

Seuls les services d'écrêtage des crues, de purification de la qualité de l'air, de régulation du climat et de contribution à la pollinisation seront impactés par le projet. Toutefois, parmi ces services, seul le service de régulation du climat global a pu être quantifié, faute de données disponibles pour les autres. Il est donc le seul service à être détaillé dans ce paragraphe.

Impacts du projet sur le service de régulation du climat global

Au sein du fuseau d'étude, les espaces boisés et renseignés par l'IFN correspondent principalement au parc de la Butte Verte. Les autres milieux participant au service de régulation du climat global correspondent aux espaces boisés et parcs urbains disséminés dans l'ensemble du fuseau d'étude. Pour ces milieux, un coefficient de recouvrement du sol par des arbres de 30 % a été appliqué.

L'ensemble de ces milieux participent au **stockage d'environ 35 000 t de CO_2**.

Calcul du stock de CO_2 par les milieux forestiers de la Ligne 15 Ouest

Essence	Surface (ha)	Biomasse sur pied (m^3)	Densité	Quantité de bois (t)	Quantité de carbone (t)	Quantité de CO_2 (t)
Châtaignier	-	588	620	466	222	820
Chêne	-	3 381	690	2 887	1 419	5 249
Frêne	-	522	690	461	219	811
Pins	-	21	530	14	7	25
Autres	-	809	700	725	344	1 273
Milieux hors IFN	325,3	-	-	-	-	27 078
					TOTAL	**35 256**

Les impacts en phase chantier et exploitation liés au projet sont faibles sur le service de régulation du climat global. En effet, leur valeur est inférieure à 5%.

1.15.2.5 Services socioculturels impactés par le projet

Seuls les services socioculturels rendus par les parcs urbains et les milieux boisés sont impactés par le projet. Ils sont donc les seuls à être détaillés dans ce paragraphe.

Les services socioculturels fournis par les parcs urbains et les milieux boisés peuvent notamment être évalués à travers l'estimation de la densité d'espaces verts communale par habitant. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Densités d'espaces verts par habitant actuelle et variations induites par le projet en phase chantier

Communes	Densité d'espaces verts par habitant (m^2/habitant)*		Gare Grand Paris
	Densité Actuelle (m^2/hab)	Variation maximale en phase chantier (%)	
Alfortville	3,2	-	Le Vert-de-Maisons
Arcueil	6,5	-	
Bagneux	11,2	< 5 %	Châtillon-Montrouge ; Bagneux
Boulogne-Billancourt	4,8	-	Pont-de-Sèvres
Bry-sur-Marne	17,4	-	
Cachan	9,4	< 5 %	Arcueil-Cachan
Champigny-sur-Marne	15,4	< 5 %	Champigny Centre ; Bry/Villiers/Champigny
Champs-sur-Marne	131,6	< 1 %	Noisy-Champs
Choisy-le-Roi	15,3	-	
Châtillon	6,2	-	Châtillon-Montrouge
Clamart	49,0	-	Fort d'Issy/Vanves/Clamart
Créteil	13,2	< 1 %	Créteil L'Echat
Emerainville	326,4	-	
Issy-les-Moulineaux	6,1	< 1 %	Issy RER
Joinville-le-Pont	10,4	-	
L'Haÿ-les-Roses	16,4	-	
Le Kremlin-Bicêtre	2,6	-	
Maisons-Alfort	7,8	-	Le Vert-de-Maisons
Malakoff	4,4	< 5 %	
Meudon	111,2	-	
Montrouge	2,8	-	Châtillon-Montrouge
Noisy-le-Grand	55,3	< 5 %	Noisy-Champs
Saint-Maur-des-Fossés	4,6	< 1 %	Saint-Maur Créteil
Sèvres	50,7	< 1 %	
Vanves	6,1	-	
Villejuif	7,6	< 10 %	Villejuif IGR ; Villejuif Louis Aragon
Villiers-sur-Marne	8,5	< 1 %	Bry/Villiers/Champigny
Vitry-sur-Seine	7,8	< 1 %	Vitry Centre ; Les Ardoines

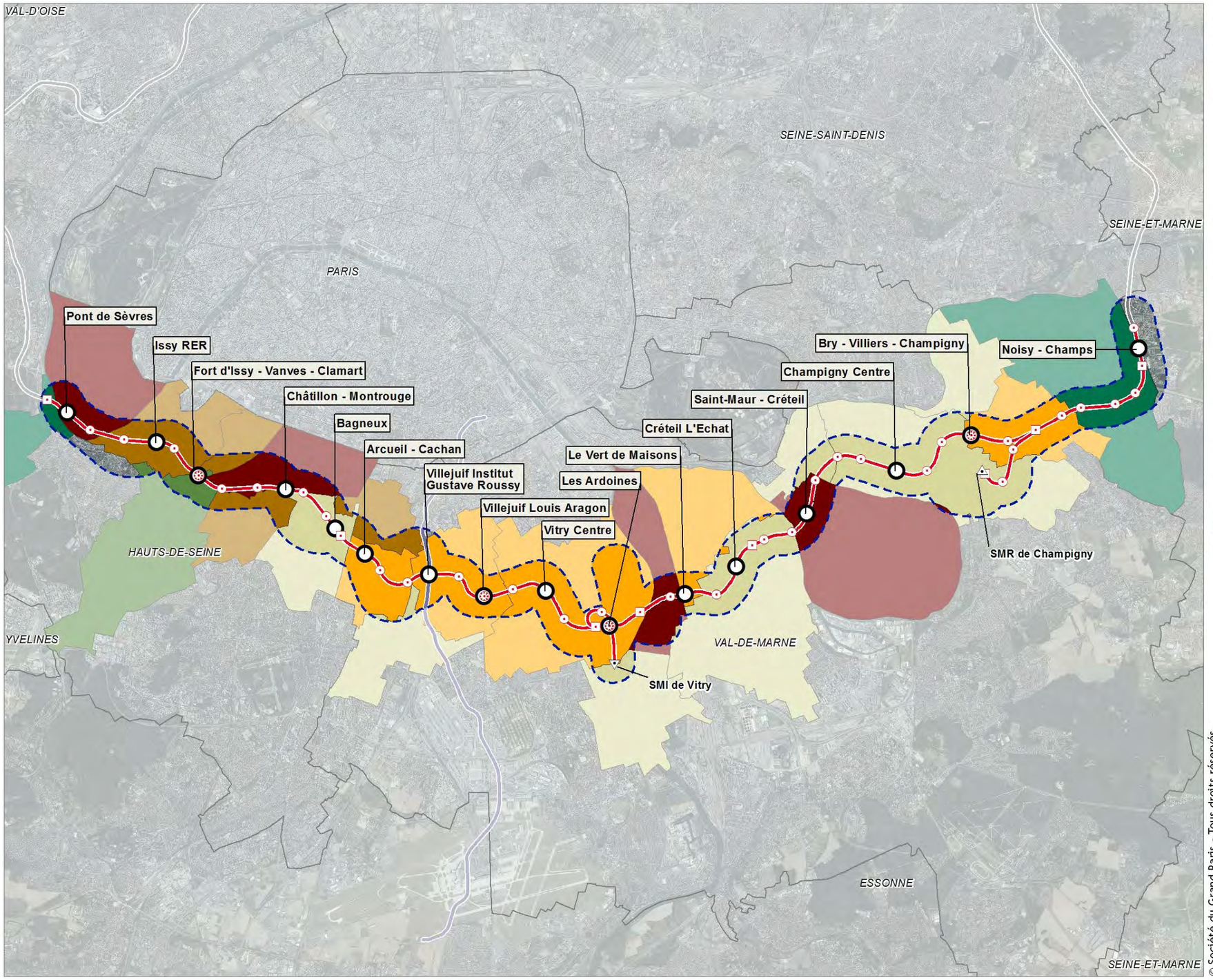
** Les densités qui ne varient pas significativement par rapport à la densité de référence ne sont pas indiquées pour faciliter la lecture du tableau.*

La moitié des communes du fuseau d'étude sont déficitaires en espaces verts (densité inférieure à 10 m²/hab) du fait d'une urbanisation très dense. La faible superficie à l'échelle locale des espaces verts fait qu'il revêtent une grande importance pour les habitants. *A contrario*, six communes, à savoir Champs-sur-Marne, Clamart, Emerainville, Meudon, Noisy-le-Grand et Sèvres ont une densité d'espaces verts supérieure à 25 m²/hab. De telles densités s'expliquent par la présence de nombreux espaces verts de très grandes superficies, en particulier le Parc de Champs, le bois de Clamart, le bois de Célie, la forêt domaniale de Meudon ou encore le parc de la Butte Verte.

En phase chantier et exploitation, aucune diminution significative de la densité d'espaces verts n'est prévue sur l'ensemble du tronçon de la Ligne 15 Ouest (la diminution de la densité d'espaces verts est toujours nettement inférieure à 5 % à l'exception de la commune de Villejuif ou la diminution est inférieure à 10 %). **L'impact de l'emprise chantier du projet sur les espaces verts est donc faible.**

Soulignons par ailleurs que l'implantation de toutes gares sera accompagnée par l'aménagement d'espaces verts. Ainsi les communes actuellement déficitaires en espaces verts verront probablement cette densité légèrement augmenter à la suite de la phase de travaux. Néanmoins, il n'est, à ce stade de l'étude, pas envisageable de quantifier le gain issu de tels aménagements.

Densités en espaces verts des communes traversées par le fuseau d'étude

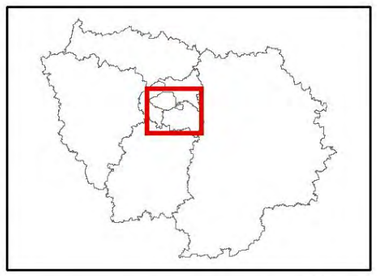


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
©BD TOPO IGN - INSEE
Cartographie : Biotope, 2014



1.15.2.6 Mesures d'accompagnement : Eviter, Réduire, Compenser

L'ensemble des mesures de réduction proposées dans le cadre du volet « Milieux naturels et Paysager » sont compatibles avec les enjeux identifiés au travers de l'étude des services écosystémiques, notamment :

- Limiter l'emprise du chantier ;
- Installer systématiquement des clôtures temporaires étanches à la traversée de milieux naturels et élaboration d'un plan de lutte contre les pollutions accidentelles ;
- Remise en état du sol après travaux ;
- Maintien des continuités écologiques ;
- Entretien des sites naturels après remise en état.

Par ailleurs, un phénomène de report vers des milieux (semi)naturels à proximité (phénomène considéré comme limité compte tenu du contexte urbain de ce tronçon) pourrait être envisagé au travers d'une signalisation adaptée pour compenser les pertes temporaires des services socioculturels.

1.15.3 Coûts liés aux mesures correctives

Aucune mesure d'évitement, de réduction et de compensation ne sont proposées en plus de celles figurant dans la partie milieu naturel. Pour les coûts des mesures, se référer au paragraphe « Faune – Flore – Habitats naturels ».

1.15.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative aux services écosystémiques

Sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent environ 15 % de la superficie totale du fuseau d'étude soit 646 ha. Le tronçon est donc très urbanisé.

La nature en milieu urbain joue de multiples rôles. Refuges pour un grand nombre d'espèces, ces écosystèmes constituent des espaces relais, du point de vue de la fonctionnalité des trames vertes et bleues. Ils contribuent par ailleurs à l'abaissement de la température, à l'évapotranspiration, atténuent les îlots de chaleur urbains, permettent des économies d'énergie, la séquestration du carbone, la dépollution de l'air et la réduction des niveaux sonores. Enfin, ces espaces participent à un ensemble d'aménités et de services socioculturels (la détente, la découverte de la nature, les activités ludiques et sportives, etc.) témoignant de la richesse de leurs valeurs sociales et favorisant convivialité et mixité sociale. Les attentes en matière de nature en ville et de sensibilité à l'égard du vivant témoignent d'ailleurs très clairement de ce désir de nature en ville.

Les travaux présentés ici soulignent un impact faible du projet du Grand Paris sur les milieux recensés au sein du fuseau d'étude et donc sur les services écosystémiques qu'ils génèrent.

En effet, les jardins familiaux à l'origine des services d'approvisionnement ne seront pas affectés à l'exception d'un jardin familial qui sera impacté en phase chantier par le projet. L'impact sur ce jardin n'a toutefois pas été évalué en raison de l'absence de convention d'occupation précaire.
Les parcs urbains, milieux (semi)naturels les plus représentés sur le fuseau d'étude (57 % des milieux (semi)naturels) seront les plus impactés par le projet en phases chantier et exploitation, notamment les petits parcs et espaces verts disséminés dans le fuseau d'étude. Cependant, l'étude réalisée met en évidence des niveaux d'impact relativement faibles et majoritairement temporaires (phase chantier). Ainsi, concernant les services de régulation rendus par ces milieux, et celui de régulation du climat global notamment, seuls de faibles effets ont été révélés par cette étude car l'emprise du projet reste très limitée en surface.

Les enjeux actuels sont donc limités, en matière d'atteinte aux services écosystémiques. En outre, la construction du métro devrait améliorer l'accessibilité de certains parcs favorisant ainsi l'ensemble des services socio-culturels. Par ailleurs, le projet devrait tendre à une diminution de l'étalement urbain réduisant ainsi les risques de voir disparaître des milieux (semi)naturels, à la faveur de l'expression des services écosystémiques rendus sur le territoire francilien.

Impacts et mesures d'accompagnement – Services écosystémiques

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Services d'approvisionnement très limités	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	Se reporter au chapitre relatif aux milieux naturels
	Services de régulation portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.) et les milieux ouverts présents à proximité de la Seine	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains	
	Services socioculturels portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Services d'approvisionnement très limités	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc Rodin, Henri Barbusse, Raspail, etc.)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Arcueil-Cachan à Vitry centre	Services d'approvisionnement notamment représentés par des jardins familiaux	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Vitry centre – Champigny Centre	Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.) et les milieux ouverts	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Champigny Centre à Noisy-champs	Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux	Impacts non évalués	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.), les milieux ouverts et aquatiques (mares)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux boisés et les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

1.16 Agriculture et pédologie

1.16.1 Impacts et mesures concernant le milieu agricole

Quatre secteurs à destination agricole ont été identifiés dans l'état initial :

- Situé à 500m du secteur d'aménagement de la gare d'Issy RER
- Situé à plus de 250m du secteur d'aménagement de l'ouvrage Jardin Panoramique
- Situé à proximité immédiate du secteur d'aménagement de la gare Créteil l'Echat mais non inclus dans l'emprise chantier
- Situé à 400m du secteur d'aménagement de l'ouvrage Entrée Rue Louis Marchandise et Avenue Albert Thomas

Ces exploitations ne sont pas en interaction directes avec les secteurs d'aménagement du projet de la Ligne 15 Sud (phase chantier et exploitation). **Au vu de la distance effective entre les zones de culture et les sites d'implantation des ouvrages émergents, le projet ne présente pas d'impact sur l'agriculture.**

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est nécessaire dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud.

1.16.2 Impacts et mesures sur les sols - Pédologie

Le projet n'a d'impact sur les sols que dans les zones où il interfère avec la surface du sol. Seules les émergences sont donc concernées. La réalisation du projet engendre la disparition des sols en place au droit des ouvrages émergents et un fort remaniement au droit des zones de travaux.

Il est cependant faible à nul compte tenu de la nature des sols concernés : la réalisation de l'état initial a montré que :

- Les sondages géologiques ont montré remblais sont présents en première strate de sous-sol sur la quasi-totalité du tracé : les sols actuels sont donc issus des phases de remblaiement.
- Les sols artificialisés sont également très présents : ces sols sont, soit imperméabilisés (voirie, bâti), soit issus d'aménagement d'espaces verts.
- Les sols naturels identifiés à l'échelle de la Ligne 15sud sont réduits au secteur des gares de Bry-Villiers-Champigny et de Noisy-Champs, où existent encore des espaces naturels boisés de taille significative à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Ces espaces boisés font l'objet de mesures spécifiques de compensation au titre du défrichement décrites dans le chapitre relatif à ce sujet (voir ci-dessus).

Le projet prévoit le réaménagement de certains espaces verts, en particulier au droit des ouvrages annexes dont l'emplacement est initialement un espace vert.

Ce réaménagement ne comporte pas de reconstitution de sol à l'identique car cette opération est impossible : un sol se développe sur plusieurs milliers d'années.

Il comporte cependant au moins un apport de terre végétale et un engazonnement permettant de réamorcer le fonctionnement pédologique.

1.16.3 Coûts liés aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Aucune mesure n'est préconisée pour le volet agricole et pédologique. Par conséquent, aucun surcoût au projet n'est à ajouter.

1.16.4 Synthèse du volet agriculture et pédologie

Sur l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud, l'impact du projet est faible à nul et aucune mesure spécifique n'est préconisée.

Synthèse des impacts et mesures concernant l'agriculture et la pédologie

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Agriculture : présence de serres municipales	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Issy RER à Arcueil Cachan	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Vitry Centre à Champigny Centre	Agriculture : Présence de cultures sous serres	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible		
Champigny Centre à Noisy-Champs	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible		

1.17 Paysage, Patrimoine architectural et archéologie

Cette partie traite des impacts et mesures concernant le paysage et le patrimoine protégé à l'échelle du tracé de la Ligne 15 Sud.

Dans un premier temps l'analyse traite des impacts prévisibles du projet sur les sites classés et inscrits, sur les monuments historiques classés et inscrits ou leurs servitudes de protection (périmètre de protection de 500m, périmètre de protection modifié, périmètre de protection adapté ou ZPPAUP le cas échéant). En effet, les codes de l'environnement, du patrimoine et de l'urbanisme prévoient des dispositions particulières pour la préservation de ces sites et monuments, notamment l'intervention des architectes des bâtiments de France, garant de leur préservation. Leur valeur patrimoniale et cette réglementation implique d'avoir une approche spécifique pour ceux-ci.

Ces sites et monuments s'inscrivent également dans un paysage (un territoire perçu par un observateurs par le biais de ses filtres culturaux et sociaux) qu'ils participent à forger. L'analyse des impacts d'un projet sur le paysage passe par l'analyse des modifications éventuelles du territoire (effets visuels, modifications de son fonctionnement) ainsi que par l'analyse des modifications de perception de ce territoire. Dans un second temps, l'analyse des impacts du projet sur le paysage intègre donc l'ampleur des modifications et la cohérence de celle-ci par rapport à la structure et la composition du paysage, mais également par rapport à une perception partagée du territoire.

Enfin, cette partie traite des impacts sur une autre partie du patrimoine culturel protégé éventuellement impacté par le projet et non visible dans le paysage : les vestiges archéologiques.

Considérant que l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud est prévu en souterrain et réalisé en tunnelier, l'évaluation des effets prévisibles du projet sur le paysage et le patrimoine protégé se fera essentiellement à partir du référencement des éléments ponctuels et visibles de l'infrastructure. Ils seront de deux types :

- Les émergences aériennes du réseau qui seront pérennes et dont l'impact est lié aux travaux comme à l'exploitation du réseau :
    - Les gares et les sites de maintenances du matériel roulant ou de maintenance industrielle (SMR et SMI),
    - Les accès pompiers et les puits de ventilation.
- Les installations temporaires liées le phase travaux (puits d'entrées et de sortie des tunneliers, emprises travaux, bases vie, stockage de matériaux, circulation d'engins)

Cette évaluation traduira l'impact de ces éléments ponctuels sur la nature et la configuration des sites, monuments, éléments de paysage et vestiges concernés : contexte (urbain ou naturel), topographie, dégagements visuels, pérennité des éléments protégés…

1.17.1 Impacts et mesures sur Patrimoine protégé

1.17.1.1 Impact et mesures sur les sites classés et inscrits

a. Analyse sur tous les sites du fuseau d'étude

L'impact sur l'intégrité des sites classés et inscrits est dans un premier temps étudiés si des travaux sont situés à l'intérieur des périmètres protégés. La réglementation prévoit que les modifications de l'état des lieux soient exceptionnelles et soumises à autorisation spéciale et, pour les seconds, soumises à déclaration auprès de l'Architecte des Bâtiments de France (ABF). Lorsque le projet est proche, l'impact est indirect et analysé à l'échelle du paysage dans lequel s'inscrit ces sites (cf. chapitre suivant). Cette réglementation n'est pas assortie de la notion de covisibilité.

Le niveau d'impact du projet est apprécié en fonction de l'ampleur des effets du projet par rapport aux caractéristiques du site et mises en perspectives avec les critères ayant prévalus lors de la protection du site et les qualités intrinsèques des sites.

Les deux tableaux ci-dessous synthétisent l'ensemble des impacts sur les sites classés et inscrits au regard des interventions prévues dans le projet.

Évaluation des impacts du projet sur les sites classés recensés sur le fuseau d'étude

Communes concernées	Référence du site classé	Surface (ha)	Impacts prévisibles
Saint-Cloud/Sèvres	Bois de Saint-Cloud et du parc de Villeneuve-l'Etang (N° du site : 6110)	438.7	Pas d'intervention prévue sur le périmètre. Le site sera par contre concerné par le tronçon 15 Ouest qui fait l'objet d'une étude d'impact spécifique.
Sèvres	Île Monsieur (N° du site : 6125)	8.8	Un puits d'entrée de tunnelier ; un ouvrage pour l'exploitation (accès pompiers) et une zone de travaux associée sont prévus sur le site (actuel parking). Le site va donc être impacté pendant les travaux (impacts temporaires) et en phase exploitation. Ce site, classé depuis 1942, a connu des vocations très diverses dans son histoire. Il accueille depuis peu une vaste base nautique qui a entièrement remodelé le site.
Sèvres	Domaine de Brimborion (N° du site : 6124)	12.7	Pas d'intervention prévue dans ce périmètre.
Meudon	Propriété du Monsieur Rodin (Musée Rodin) (N° du site : 1101)	4.6	Pas d'intervention prévue dans ce périmètre.
Meudon	Parc de la propriété des Tybilles (N° du site : 6083)	1.9	Pas d'intervention prévue dans ce périmètre.
Meudon	Carrières de craie Arnaudet (souterraines) (N° du site : 7149)	3.4	Le tunnel n'entre pas en interaction directe avec ce site et les autres chapitres (géologie, vibrations) démontrent d'incidences
Vanves	Parc Frédéric Pic (N° du site : 1101)	5.3	Pas d'intervention prévue dans ce périmètre.

Évaluation des impacts du projet sur les sites inscrits recensés sur le fuseau d'étude

Communes concernées	Référence du site inscrit	Surface (ha)	Impacts prévisibles
Sèvres	Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres (N° du site : 6126)	4.4	Ce site n'est pas directement concerné par les travaux mais certains équipements annexes aux installations de chantier de l'ile Monsieur (signalisation, zones de stockage…) pourraient être installés dans ce site.
Sèvres/Meudon	Immeubles nus et bâtis Nom usuel : Colline du Brimborion (N° du site : 6091)	35.2	Le site est traversé par le tracé sous le pont de Sèvres et sous la route départementale 7. Aucun aménagement émergeant n'est prévu à l'intérieur du périmètre du site, mais certains équipements annexes aux installations de chantier de l'ile Monsieur (station de traitement des eaux, stockages…) pourraient être installés dans ce site.
Sèvres/Meudon	Bois de Meudon et Viroflay et leurs abords (N° du site : 6023)	1430	Pas d'intervention prévue sur le périmètre.
Saint-Maur-des-Fossés	Quartiers anciens (N° du site : 6478)	7.5	Pas d'intervention prévue sur le périmètre. (Ouvrage et travaux envisagés à proximité mais hors périmètre)

b. <u>Zoom sur le site classé de l'Ile de Monsieur</u>

Ainsi, un site classé (l'Ile Monsieur) et deux sites inscrits (« Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres » et « Immeubles nus et bâtis ») sont potentiellement impactés par le projet.

Malgré la recherche de solutions alternatives, sur l'Île Monsieur est prévue l'installation d'un ouvrage nécessaire aux travaux de construction du réseau souterrain (puits d'entrée de tunneliers, quai de transbordement, base vies, zones de stockage et de traitement des eaux) et in fine d'un ouvrage pour l'exploitation (accès pompiers et ventilation). Le site risque d'être fortement impacté par le projet.

Les ouvrages sont toutefois prévus sur un parking appartenant à la base nautique qui a récemment remodelé les caractéristiques et composantes du site classé. Un dossier de demande d'autorisation de travaux sur le site classé sera élaboré et la demande sera instruite spécifiquement conformément à la réglementation des sites classés. Les mesures proposées pour réduire les impacts pendant les travaux y seront développés, en assurant la mise en état du site après chantier et l'intégration des ouvrages pérennes.

Le dossier de demande d'autorisation de travaux en site classé réalisé pour le site de l'Ile de Monsieur concerne donc les travaux prévus dans le cadre de la ligne 15 Sud pour la réalisation d'un ouvrage annexe.



Périmètre de protection de l'Ile Monsieur



Ile Monsieur (source : site officiel Ile Monsieur)

Concernant les autres sites, le site inscrit du « Pont de Sèvres, place de la manufacture, route nationale 187 et terrains libres » est un espace de transition, principalement occupé par des infrastructures routières ou ferroviaires : tramway (T2), lignes et arrêts de bus, réseaux routiers se partagent les lieux. Il s'étale sur environ 4 ha. Signalé à titre d'information, ce site englobe l'espace public autour du site classé de l'ile Monsieur. **Il pourrait être concerné marginalement (au niveau de la RD7) par la signalétique de chantier et l'aménagement des accès.**

Le site inscrit « Immeubles nus et bâtis » est un espace urbain de transition structuré sur le coteau de Bellevue, entre la Seine, la Colline Brimborion et le Domaine National de Saint-Cloud. Occupé par des immeubles et les berges de Seine, il s'étend sur 35 ha environ. Le Tramway (T2), des routes et réseaux routiers et un espace verts longiligne occupent les bords de Seine relativement artificialisés par ces aménagements**. Ce site pourrait être concerné par des équipements annexes aux installations de chantier principales situées dans le site classé de l'île Monsieur** : installations de traitement des eaux sur les quais, au sud du Pont de Sèvres.

La mise en œuvre de mesures permet de limiter la perception des installations de chantier. Elles s'intégreront dans la composition d'ensemble du site classé de l'île Monsieur sans altérer notablement les vues sur le coteau de Saint-Cloud. Le projet **est donc compatible avec l'image du site et les objectifs de classement.**

Voici quelques orientations qui ont d'ores et déjà été retenues :

- Limitation des emprises et maintien des usages et des capacité d'accueil du site,
- Passage en souterrain (micro tunnelier) entre le puits d'accès au tunnel et le quai de transbordement,
- Maintien de la végétation structurante permettant de filtrer les vues depuis les espaces fréquentés, la rive droite de la Seine ou depuis les monuments historiques,
- Maintien et restauration de la continuité des cheminements,
- Soin particulier dans l'aménagement des palissades de chantier en cohérence avec la palette de couleur utilisé pour l'aménagement du centre nautique,
- Limitation de la signalétique,
- Utilisation de grues de couleur sombres, unies pour éviter qu'elles n'apparaissent en contraste devant la masse boisée sombre et homogène du parc de Saint-Cloud depuis la rive droite et d'aspect soignée (aspect irréprochable, pas de logo, pas de décoration…),
- Installation des tuyaux dans les caniveaux intégrés dans la structure des cheminements,
- Intégration des ouvrages (trappes et grilles de ventilation) dans un principe de réaménagements global du parking de l'ile Monsieur en évitant les éléments saillants (intégration des ouvrages dans des édicules ou dans des mouvements de terrains adaptés).

Les éléments présentés dans le dossier de demande d'autorisation de travaux en site classé, montrent qu'il sera possible d'intégrer les ouvrages dans un parti d'aménagement semblable avec l'aspect actuel du site. Le projet permet donc une restauration du site après la phase chantier.

Ces principes seront intégrés dans les phases ultérieures de conception. L'aspect des ouvrages d'exploitation seront soumis à la validation de l'état lors de l'instruction du dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux nécessaire pour la réalisation des travaux de la ligne 15 ouest.

Au regard des mesures envisagées, de la visibilité de ces installations depuis des sites remarquables (Domaine National de Saint-Cloud) ou très fréquentés (Pont de Sèvres et routes voisines), les impacts du projet sur le site classé de l'Ile Monsieur et les sites inscrits voisins sont modérés en phase travaux et faible en phase exploitation.

Pour l'ensemble des autres sites classés et inscrits, aucun ouvrage ou travaux de nature à modifier l'état des lieux ne sont prévus dans les périmètres des sites. Le projet n'a donc aucun impact sur l'intégrité patrimoniale de ces sites.

1.17.1.2 Impact et mesures sur les monuments historiques

L'objectif du réseau de transport public urbain étant de desservir les centralités et les milieux habités, le projet s'approche donc plus ou moins près des monuments historiques protégés.

Le principe qui a prévalu depuis les premières phases d'élaboration du projet, notamment dans le choix du fuseau lors des études préliminaires et plus spécifiquement lors des études d'avant-projet sommaire, est celui de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé. De plus, sur la totalité de la Ligne 15 Sud, le principe de construction en souterrain du réseau de transport public permet de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

a. Impacts et mesures sur les monuments historiques directement impactés par le projet

Les périmètres de protection de nombreux monuments historiques classés et inscrits sont traversés et concernés par le passage du réseau de transport public de la Ligne 15 Sud, **toutefois seul trois ouvrages sont susceptibles l'altérer directement un monument historique.**

Monuments historiques impactés assez directement par le projet

Nom	Statut	Commentaires	Impacts prévisibles
Commune de Cachan			
Hôtel de Ville	Inscrit	L'édifice, inauguré en 1935, se compose de volumes de briques couverts de toits terrasses et s'articulant autour d'un beffroi. Il marque l'autonomie de Cachan après sa scission avec Arcueil. L'inscription, par arrêté du 11 mars 2002, protège les façades et toitures, le vestibule des pas perdus ; le grand escalier, la salle de fêtes et mariages et celle du conseil, ainsi que le Square de la Libération et le sol de la parcelle R.181 (source : base Mérimée, Ministère de la Culture et de la Communication).	Un ouvrage annexe et la zone de travaux associée sont envisagés sur le square Charles de Gaulles inclus dans la parcelle protégée au titre des monuments historiques. Une partie du monument historique inscrit risque donc d'être altéré.
Commune de Vitry-sur-Seine			
Hôtel particulier	Inscrit (façades et toitures)	Situé au 1 rue Edouard Tremblay et datant du XVIIème siècle, bénéficie d'une inscription par arrêté du 10 février 1969. Les éléments protégés sont les toitures et les façades (source : base Mérimée, Ministère de la Culture et de la Communication). À la fin des années 80, un bâtiment contemporain a été adossé à l'hôtel particulier et l'ensemble forme la bibliothèque municipale Nelson Mandela de Vitry.	Le projet de gare « Vitry-Centre » se situe sur la parcelle voisine de l'immeuble protégé, les interrelations visuelles seront très fortes
Commune de Maisons-Alfort			
Cité HBM du Square Dufourmantelle	Inscrit	La cité date des années 30 et est constituée d'un ensemble de 600 logements sociaux, répartis dans plusieurs bâtiments en brique influencés par l'architecture viennoise du début du XXème siècle. Sur le modèle des cités closes, les bâtiments sont distribués le long d'un grand axe ponctué par un square d'agrément central, de quatre cours principales et de nombreuses cours secondaires reliées les unes aux autres par des porches et des passages voûtés. Située au niveau du Square de Dufourmantelle, la cité est délimitée par la rue Jean Jaurès, la rue de Rome, l'avenue de la Liberté et le	Le projet de gare « Le-Vert-des-Maisons » se situe sous et à côté du monument protégé, les interrelations visuelles seront très fortes et les incidences indirectes doivent être précisées

Nom	Statut	Commentaires	Impacts prévisibles
		square Gabriel-Fauré. Les façades et les toitures de l'ensemble des bâtiments de la cité, ainsi que le sol de la parcelle et la sculpture de Maurice Saulo située au centre des espaces communs bénéficient d'une inscription au titre de monuments historiques par arrêté du 27 Juin 2007. (source : base Mérimée, Ministère de la Culture et de la Communication).	

Le projet concerne potentiellement trois monuments historiques inscrits.

Hôtel de Ville de Cachan

Dans le cadre de la réalisation de l'infrastructure, deux interventions sont à distinguer :

- Lors du chantier, l'utilisation comme zone de chantier d'une partie du square périphérique,
- Lors de l'exploitation de la ligne, la présence d'un accès pompiers souterrain avec une émergence (grille de ventilation).

L'ensemble de la parcelle étant inscrite, une attention particulière sera prise dans l'élaboration des études concernant l'insertion de l'ouvrage annexe (nivellement, matériaux) et l'occupation du site pendant le chantier. L'Architecte des Bâtiments de France pourra être associé au développement du projet notamment pour préciser l'intérêt de la reconstitution du square dans l'esprit du parti d'aménagement actuel très cohérent avec l'architecture de l'Hôtel de Ville.

Le cas échéant, il conviendrait éventuellement de préserver ou déposer les éléments architecturaux du square (préau, statuaire et sol du bassin) afin de permettre une remise en l'état. La réflexion intégrera l'avenir du rand de peupliers constituant la limite du square.

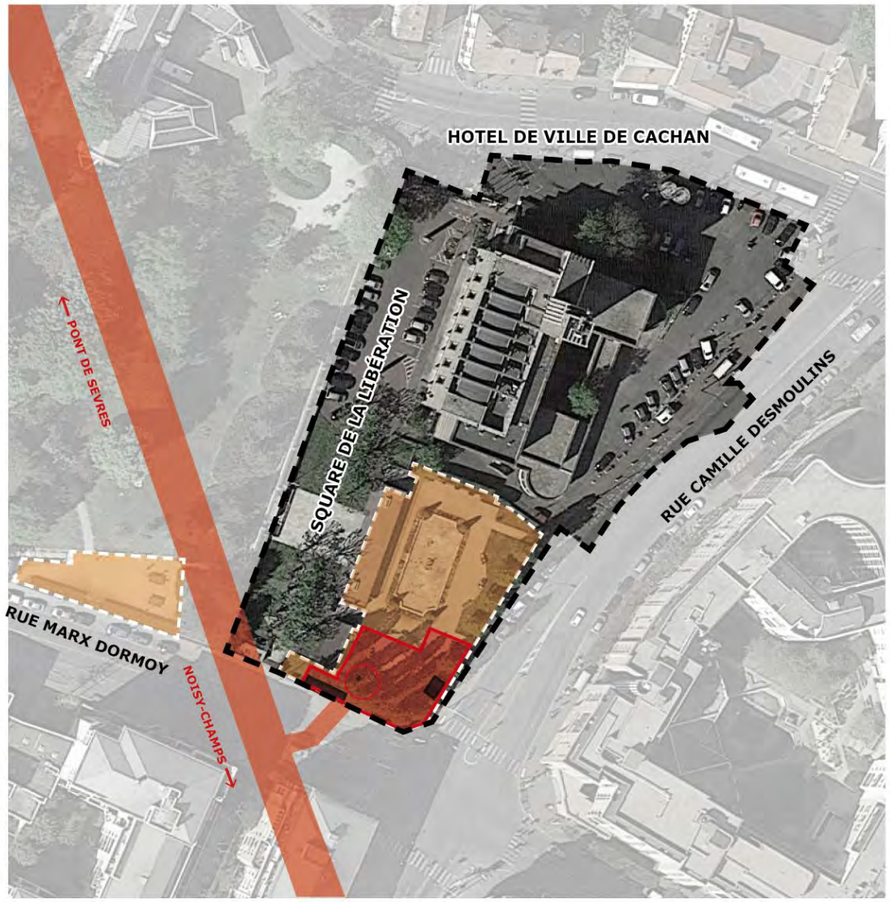
Dans tous les cas le square sera réaménagé en intégrant le nouvel ouvrage au parti d'aménagement.





Square Général de Gaulle et Hôtel de Ville, Cachan

Emprise OA « Square Général de Gaulle »



Emergences en surface (trappe d'accès, grille de désenfumage)

Emprise protection Hôtel de Ville de Cachan (parcelle cad. R181)

Emprise souterraine de l'ouvrage et des tunnels

Emprise définitive de l'ouvrage (s=~370 m²)

Emprise du chantier (s=~1400 m²)

Hôtel particulier à Vitry-sur-Seine

Le tunnel passera sous le monument historique inscrit, la gare est construite sur les parcelles voisines, de l'autre côté de la rue Edouard Tremblay. Il n'y a donc pas d'effet direct sur le monument et les éléments protégés (toiture et façades).

Le chapitre spécifique aux vibrations évalue l'incidence du projet sur le monument historique au même titre que sur les autres bâtiments.

Du fait de la proximité des emprises travaux de la gare et du monument historique, les interrelations visuelles seront directes et fortes, notamment durant la phase travaux. L'Architecte des Bâtiments de France pourra être associé lors des études opérationnelles. Comme le montre les esquisses du projet de gare ci-après, le projet pourra, en phase exploitation, mettre en valeur le bâtiment avec le réaménagement du Parc du Coteau et la revalorisation de l'usage de la Rue Edouard Tremblay.





Rue Edouard Tremblay et Hôtel Particulier de Vitry-sur-Seine adossé à la bibliothèque





Emprise protection monument historique Hôtel Particulier (toitures et façades)
Emprise souterraine de la Gare et des tunnels
Bâtiment à démolir

Emprise protection monument historique Hôtel Particulier (toitures et façades)

L'emprise sous-terraine de la gare, du parc au-dessus et la localisation du monument historique inscrit

Le projet n'a pas d'impact direct sur l'hôtel particulier de Vitry-sur-Seine, monument historique inscrit. Les impacts en phase chantier sont modérés au regard de l'intérêt du bâtiment et de l'importance des perspectives existantes. En phase exploitation, la qualité architecturale de la gare, la valorisation de la rue Edouard Tremblay devraient mettre en valeur le monument historique ce qui est un impact positif.

Cité HBM du Square Dufourmantellle à Maisons-Alfort

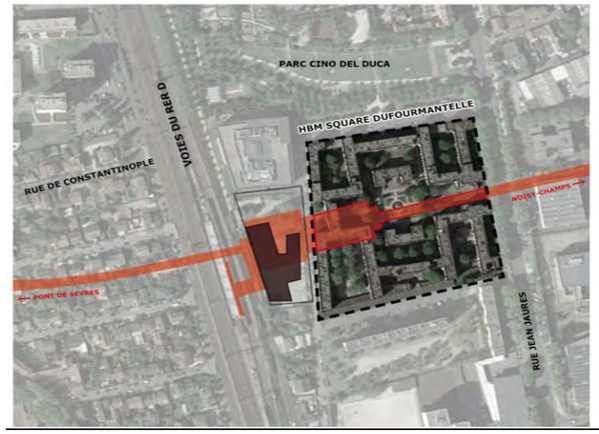
Une partie de la Gare sera aménagée en souterrain sous la parcelle, les bâtiments et le square inscrits monuments historiques. Le reste de la gare sera aménagé et émergera de l'autre côté de l'avenue de la Liberté.

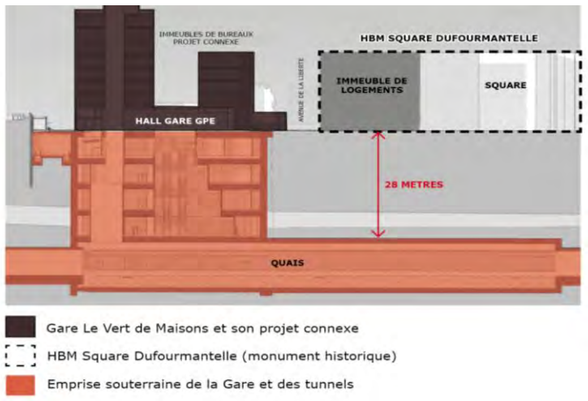
Le projet n'a pas d'effet direct sur la pérennité du monument historique et les impacts liées aux nuisances éventuelles du projet (bruit, vibration…) sont traitées dans les chapitres spécifiques.





La Cité HBM du Square Dufourmantelle





Gare Le Vert de Maisons et son projet connexe
HBM Square Dufourmantelle (monument historique)
Emprise souterraine de la Gare et des tunnels

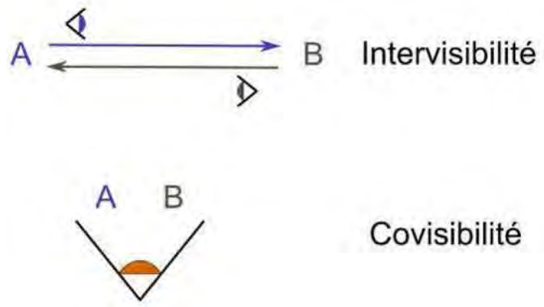
L'emprise sous-terraine de la station, et la localisation du monument inscrit

Même si les interrelations visuelles entre le chantier puis la Gare et le monument sont directes et fortes, les impacts en phase travaux puis exploitation sont modérés au regard de la qualité du monument, de la trame urbaine et des perspectives existantes. L'Architecte des Bâtiments de France pourra être associé lors des études opérationnelles.

b. *Impacts et mesures sur les monuments historiques ayant des relations visuelles avec le projet*

La réglementation sur les monuments historiques règlemente la modification des monuments protégés, elle instaure également une servitude afin de maitriser la forme urbaine et l'aspect de l'environnement des bâtiments, afin de préserver une certaine cohérence architecturale et si nécessaire les perspectives monumentales ou la composition dans laquelle s'inscrit le monument.

En complément de l'impact sur la pérennité des monuments historiques, il est donc nécessaires d'évaluer les impacts du projet dans le périmètre de protection des monuments historiques prévu par la réglementation dans l'article L.631-30 du code du Patrimoine (distance de 500 m autour de l'immeuble protégé, ou périmètre de protection modifié PPM). Ces impacts pourront être issus de deux types de relations visuelles qui seront distinguées : le projet (l'ouvrage) est visible depuis le monument et réciproquement (intervisibilité) ou le monument et le projet sont visibles simultanément depuis le lieu précis (covisibilité).



Pour évaluer ces relations visuelles, la méthode utilisée a constitué en premier lieu à analyser la potentialité au moyen d'une pré-analyse cartographique. Cette première analyse a permis de faire apparaître que certaines gares et quelques autres émergences du réseau sont situées dans 31 périmètres de protection de monuments historiques touchés par le fuseau. Toutefois, les particularités topographiques de terrain ainsi que les éléments existants non cartographiés des sites à étudier rendent difficile l'appréciation des possibilités réelles de relations visuelles. Cette première approche a donc a été complétée d'une analyse formelle de terrain *in situ*.

Pour chaque monument dont le périmètre de protection intercepte un élément émergeant du projet (gare, ouvrage…) ou une zone de travaux associée, la potentialité de relations visuelles est mesurée selon un degré de perception forte, moyenne, faible ou inexistante qui concerne aussi bien l'inter visibilité que la co-visibilité.

Le tableau suivant reprend liste des monuments historiques concernés par le tronçon d'ouest en est et permets de préciser l'importance des relations visuelles entre les monuments et les éléments du projet.

Dans la traversée de ces périmètres, la nature et l'importance de l'impact du projet prévu en souterrain sont étroitement liées :

- aux caractéristiques intrinsèques du monument potentiellement impacté et de ses abords (position dominante, végétation existante, tissu bâti environnant, perceptions existantes dans l'environnement actuel…) ;
- aux caractéristiques techniques et architecturales de la gare ;
- à la restructuration urbaine subséquente à la nouvelle centralité créée par la gare, mais qui ne sont pas sous maîtrise d'ouvrage de la SGP (impacts indirects) ;
- aux impacts temporaires de réalisation des travaux.

Les monuments protégés sont généralement situés dans des tissus bâtis denses, dans des sites relativement plats où les perspectives dégagées s'ouvrant sur les futures gares sont extrêmement rares. Pour intervenir dans le champ visuel d'un monument protégé, l'article L621-2 du Code du Patrimoine, il faut que la gare ou les ouvrages annexes soient implantés à proximité immédiate du monument historique protégé ou bien, être situé en position dominante.

Évaluation des relations visuelles entre les zones de chantier du projet et les monuments historiques

Zone de travaux	Monuments	Statut	Covisibilités et intervisibilités	Caractérisation de la relation visuelle
Sèvres				
OA Ile Monsieur (Puits d'attaque)	Manufacture Royale de Porcelaine (ancienne)	Inscrit	MODEREES	Inter visibilité permise par la proximité de l'ouvrage annexe et du bâtiment de la Manufacture. Inter visibilité modérée, en phase chantier, en fonction de la conservation des arbres situés aux alentours du terrain d'implantation du puits d'attaque. Co-visibilité possible depuis le Pont de Sèvres notamment.
Gare « Pont de Sèvres »	Immeuble 11 place de la Libération	Partiellement inscrit	MODEREES	Inter visibilité permise par la réciprocité des vues rive à rive au travers de la Seine, filtrée par la végétation arborée en rive gauche. Co-visibilité possible depuis la rue Troyon. Ce constat pourrait évoluer en fonction du projet réalisé sur l'Île Seguin qui s'interpose mais est pour le moment nue et sans végétation.
	Immeuble 17 Grand Rue	Partiellement inscrit	MODEREES	
	Collège Arménien	Partiellement Inscrit	MODEREES	
	Cristallerie ou Manufacture des Cristaux de la Reine	Partiellement Inscrit	MODEREES	
Meudon				
OA ZAC SAEM	Maison de plaisance de J.J. Huvé	Classé	AUCUNES	Le monument historique concerné est situé dans un tissu bâti dense et n'a pas de visibilité sur la Seine.
Issy-les-Moulineaux				

Zone de travaux	Monuments	Statut	Covisibilités et intervisibilités	Caractérisation de la relation visuelle
Gare « Issy RER »	Ancien château des Conti	Partiellement inscrit	AUCUNES	L'élément protégé concerne la fontaine aux dauphins située au fond du jardin du 3 rue Marcelin Berthelot.
OA Parc Henri Barbusse	Ancien château des Conti	Partiellement inscrit	AUCUNES	L'ouvrage annexe est situé dans le Parc Henri Barbusse (contexte boisé).
	Palais des Arts et des Congrès	Partiellement inscrit	AUCUNES	
Châtillon				
OA Square Malleret Joinville (Malakoff)	Église Notre Dame du Calvaire	Classé	MODEREES	Dans ce contexte urbain, le bd de Vanves (RD 72) ouvre une perspective unique mais bien cadrée entre l'église et l'ouvrage, rendant possible ponctuellement l'inter visibilité et une co-visibilité indirecte.
Arcueil et Cachan				
Gare « Arcueil-Cachan »	Aqueduc des eaux de Rungis	Inscrit	MODERRES	L'aqueduc est, par sa taille, très marquant dans le paysage urbain, ce qui l'expose à une co-visibilité avec le projet. Toutefois, les possibilités de co-visibilité recherchées sur site sont limitées au quai de la gare RER de Cachan. Celles-ci interviendront donc dans un contexte ferroviaire déjà marqué (gare prévue accolée à l'existante).
	Maison Renaissance (Ancien fief des Arcs)	Classé	AUCUNES	Ces édifices et vestiges de taille modeste sont inclus dans des contextes urbains ou boisés qui ne permettent pas de relation visuelle avec la gare dans la mesure où celle-ci ne domine pas en hauteur le bâti du secteur.
	Aqueduc Gallo-Romain (restes)	Classé	AUCUNES	
	Maison Eyrolles	Inscrit	AUCUNES	
	Hôtel de ville	Inscrit	AUCUNES	
	Hospice Raspail (Ancien)	Inscrit	AUCUNES	
OA Square Général de Gaulle	Maison Eyrolles	Inscrit	AUCUNES	Demeure située en contexte boisé.
	Hôtel de Ville	Inscrit	FORTES	L'accès pompier est prévu sur le sol de la parcelle cadastrée R181 et le Square de la Libération protégés avec l'Hôtel de Ville. L'inter visibilité et la co-visibilité seront donc directes. L'incidence du projet ont été évaluées précédemment au regard du risque sur la pérennité de l'élément protégé
	Hospice Raspail	Inscrit	AUCUNES	Cet édifice relativement proche de l'accès pompier et de la zone de travaux est relativement bien protégé des relations visuelles grâce à son écrin boisé. De plus, la partie protégée est située à l'intérieur du bâtiment (salle de billard).
Villejuif				
OA Jules Joffrin	Eglise Saint-Cyr-Sainte-Juliette	Inscrit	AUCUNES	Ouvrage prévu dans une impasse de quartier pavillonnaire isolée du monument.
Gare « Villejuif Louis Aragon »	Église Saint-Cyr-Sainte-Juliette	Inscrit	AUCUNES	Projet de gare envisagé sur une avenue encadrée de bâtiments R+2 à R+4 contigus, ne laissant pas de perspective ouverte en direction des monuments protégés.
	Ancien hôtel de la Capitainerie des Chasses	Inscrit	AUCUNES	
Vitry-sur-Seine				
Gare « Vitry-Centre »	Hôtel particulier	Inscrit	FORTES	Le projet de gare est prévu face à l'hôtel particulier, sur le Parc du Coteau. L'inter visibilité et la co-visibilité seront donc directes. L'incidence du projet ont été évaluées précédemment au regard du risque sur la pérennité de l'élément protégé
	Église Saint-Germain	Classé	AUCUNE	L'Église bénéficie d'un périmètre de protection modifié qui ne comprend pas le site du projet de gare.
Maisons Alfort				
Gare « Le Vert-des-Maisons »	Cité HBM du square Dufourmantelle	Inscrit	FORTES	Le projet de gare est prévu en parti sur le sol de la parcelle protégée. L'inter visibilité et la co-visibilité seront donc directes. L'incidence du projet ont été évaluées précédemment au regard du risque sur la pérennité de l'élément protégé
	Groupe Scolaire Jules Ferry	Inscrit	AUCUNES	Les secteurs bâtis et les espaces verts qui s'interposent entre le projet de gare et l'édifice ne permettent pas de relation visuelle.
Saint-Maur-des-Fossés - Joinville-le-Pont				
OA Impasse Abbaye	Abbaye de Saint-Maur (ancienne)	Classé	AUCUNES	Du site de l'abbaye ne subsiste que les sols, vestiges et substructions qui sont protégés. Le site est aujourd'hui occupé par un espace vert et par différents bâtiments récents, non protégés. Les éléments protégés ne sont pas de nature à entretenir des relations visuelles avec l'ouvrage projeté.
	Église Saint-Nicolas	Classé	AUCUNES	Les secteurs bâtis et les espaces verts qui s'interposent entre le projet d'ouvrage et les édifices ne permettent pas de relations visuelles.
	Hôtel de Largentière (ancien)	Inscrit	AUCUNES	Demeure située en contexte boisé.
	Château de Parangon	Inscrit	AUCUNES	Le Château de Parangon bénéficie d'un périmètre de protection modifié qui ne comprend pas le site

Zone de travaux	Monuments	Statut	Covisibilités et intervisibilités	Caractérisation de la relation visuelle
				d'implantation de l'ouvrage annexe.
Champigny-sur-Marne				
OA Rond-point du Colonel Grancey Champigny	Église Saint-Saturnin	Classé	AUCUNES	Les secteurs bâtis et les espaces verts qui s'interposent entre le projet d'ouvrage et l'édifice ne permettent pas de relation visuelle.

A la lecture du tableau précédent, plusieurs secteurs ou monuments protégés sont concernés par des relations visuelles significatives avec les éléments du projet.

Concernant les **installations de chantier et ouvrages dans le site de l'ile Monsieur**, le site a été classé pour la préservation des perspectives vers et depuis le Domaine de Saint-Cloud (bien qu'aucune servitude de protection ne soit associées à ce monument historique). Les impacts sur celui-ci et sur la Manufacture de Porcelaine sont donc très liés aux impacts sur le site classé. L'impact du chantier sur les arbres qui participent à la qualité de la composition est donc particulièrement important notamment en phase chantier. Des mesures spécifiques seront intégrés dans le dossier de demande d'autorisation de travaux dans le site classé (cf. chapitre précédent). En phase exploitation, l'ouvrage intégré dans le site classé, ne devrait plus être perceptibles ou en covisibilité avec les différents monuments historiques.

Au niveau de la gare « Pont de Sèvres », les relations visuelles sont permises par la réciprocité des vues rive à rive au travers de la Seine. Toutefois, la gare est prévue dans un secteur très artificialisé, ne participant pas à la mise en valeurs des monuments (contexte de nœud routier) et quartier en cours de restructuration. L'impact du projet, à la fois pendant les travaux et l'exploitation, sera faible.

En ce qui concerne la gare « Arcueil-Cachan », les possibilités de relations visuelles avec l'ancien aqueduc sont limitées à une co-visibilité indirecte, localisée au niveau des quais de la gare RER, qui sont surélevés par rapport au niveau du terrain naturel. Elles interviennent dans un contexte ferroviaire très marqué. L'introduction d'une nouvelle gare accolée à l'existante n'aura un impact que très faible sur le monument protégé.

Enfin, un projet d'accès pompiers à Malakoff entre potentiellement en co-visibilité indirecte et en intervisibilité avec l'église classée de Châtillon. Il est important de préciser que la partie supérieure des ouvrages annexes est prévue au plus proche du terrain naturel. L'ouvrage devrait donc être très peu perceptible. L'impact concernera donc principalement la phase chantier, avec des impacts qui s'annoncent temporaires (travaux) et pérennes (destruction d'arbres). Au regard de l'éloignement du monument et de l'ouvrage (environ 450 m), les impacts seront très faibles.

À la lecture du tableau précédent, les seuls monuments concernés par des relations visuelles fortes avec les éléments du projet correspondent à ceux pour lesquels une menace sur la pérennité du monument protégé a été étudiée précédemment. Ces monuments seront exposés à une inter visibilité et une co-visibilité directe et immédiate avec le projet, tant en phase travaux qu'en phase d'exploitation.

Par ailleurs quelques monuments présentent des risques de relations visuelles modérées avec le projet, notamment **au niveau de l'Ile Monsieur, de la gare « Pont de Sèvres » et « Arcueil-Cachan » et de manière plus anecdotique au niveau de l'ouvrage annexe à Malakoff.**

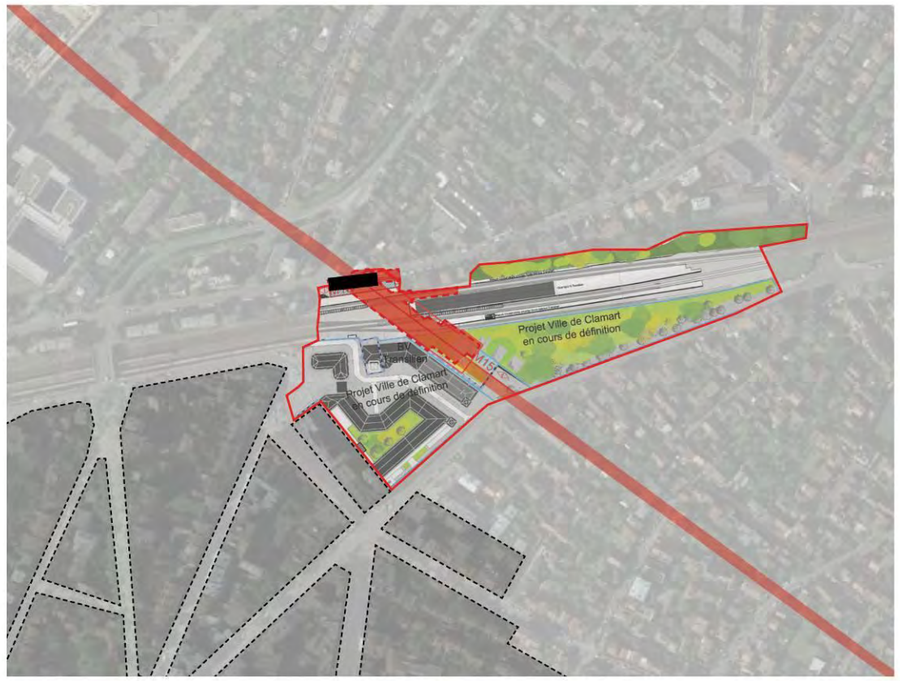
Le gare « Fort-d'Issy-Vanves-Clamart » est situé en limite de la ZPPAUP de Clamart dont le zonage se substitue à la servitude des monuments historiques inclus dans celle-ci. Comme évoqué dans l'état initial les monuments sont situés hors fuseau à plus de 500m. Par ailleurs, la gare étant en dehors de la ZPPAUP, il n'y a pas de servitude sur celle-ci. Enfin, dans le respect de la charte architecturale et paysagère de construction des gares du Grand Paris, le programme architectural de la gare respecte l'identité du quartier protégé préexistant voisin.

c. *Mesures d'évitement*

Le principe qui a prévalu depuis les premières phases d'élaboration du projet, notamment dans le choix du fuseau lors des études préliminaires, est celui de limiter fortement l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

De plus, sur la totalité du projet, le principe de construction en souterrain du métro permet d'éviter l'impact direct du projet sur le patrimoine protégé.

Toutefois, du fait de la superposition de nombreuses contraintes et du nombre de monuments historiques présents sur certains secteurs, le principe d'évitement appliqué n'a pas permis de supprimer tous les enjeux liés aux monuments historiques.



Esquisse du projet de gare par rapport à la ZPPAUP de Clamart

d. Mesures de réduction

Les mesures de réduction ou de suppression d'impact consistent en des préconisations sur l'installation de palissades dans le but de réduire un impact visuel temporaire ou pour la gestion d'autres nuisances identifiées telles que les poussières, le bruit…. liés aux opérations de la phase travaux ou des installations annexes (bases vie, zone de dépôt…).

Afin de limiter les effets en phase d'exploitation, les mesures de réduction consistent en un soin particulier à l'étude architecturale et à l'insertion paysagère de ces émergences. Dès la conception architecturale et le design des équipements, le projet se veut porteur de modernité et de renouveau urbain. Il devra donc s'affirmer dans ce sens, dans le respect de l'existant. Le traitement paysager des abords par plantation de masses boisées lorsque le site est à dominante naturelle et boisée peut y contribuer.

Pour les monuments historiques classés, ces mesures devront être présentées en amont à l'Architecte des Bâtiments de France afin de recueillir son avis sur l'efficacité des mesures proposées et ses préconisations éventuelles. Pour les monuments historiques inscrits, il pourra également être associé. Cette précaution permettra réduire au maximum l'impact du projet sur le patrimoine protégé.

1.17.1.3 Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Le coût des mesures est difficilement quantifiable car il est intégré au coût des travaux (effort de conception, recueil en amont de l'avis de l'ABF, cicatrisation du chantier,...). Ce sont des mesures qui jouent sur la qualité du projet et de sa mise en œuvre principalement, sans rajouter de composante au projet.

1.17.1.4 Conclusion des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine protégé

La démarche d'évitement a permis de limiter très fortement les impacts sur les monuments historiques. Toutefois l'ouvrage annexe « Square Charles de Gaulle » est aménagé dans l'emprise du monument historique inscrit, la parcelle attenante à l'Hôtel de Ville de Cachan. Le square sera détruit et pourra être réaménagé à l'issue des travaux.

Les gares de « Vitry-Centre » et « Le Vert de Maisons » seront construites aux abords immédiats de monuments historiques également inscrits. Les projets urbains associés intègrent l'existant et donc la présence de ces monuments.

Certains éléments de projet entre en covisibilité avec des monuments historiques. La démarche d'insertion du chantier et des ouvrages sur le site classé de l'Ile Monsieur permet d'en limiter fortement les effets sur la manufacture royale de porcelaine. L'aménagement de la gare de Pont de Sèvres bien que réalisé dans le champ de covisibilité de plusieurs monuments n'altère par leur monumentalité ni leur perception. A l'inverse, lorsque les travaux seront terminés, le quartier de Pont de Sèvre revalorisé devrait renforcer l'attrait de ce secteur. L'ouvrage du square Malleret Joinville (à Malakoff) ou la gare Arcueil Cachant bien que situés dans l'aire de covisibilité de monuments historiques n'auront que très peu d'effet sur celles-ci et les démarches de conception soignées ou de bonne tenue des chantiers suffiront à limiter leurs impacts.

Enfin concernant les sites classés et inscrits, seul le site classé île de Monsieur est impacté par le projet et fait l'objet d'une demande d'autorisation de travaux. La mise en place de mesure s'intègre dans la composition d'ensemble du site classé de l'île Monsieur sans altérer notablement les vues sur le coteau de Saint-Cloud. Le projet **est donc compatible avec l'image du site et les objectifs de classement du site de l'île de Monsieur.**

1.17.2 Impacts et mesures sur le paysage

En matière de paysage, l'analyse des effets du projet consiste en l'analyse des modifications et effets visuels, et éventuellement de la modification de l'identité d'un territoire ou de sa perception.

Les variantes du tracé sont prévues en souterrain, les effets visuels en phase exploitation sont donc majoritairement faibles. Néanmoins, il s'agira d'identifier et d'étudier :

- Les effets visuels en phase chantier, qui seront principalement ponctuels et temporaires ;
- Les effets visuels des émergences de la Ligne 15 Sud qui jalonnent le tracé (gares, ouvrages annexes,...). Ces effets seront permanents mais ponctuels et limités à des vues immédiates compte tenu de leur faible émergence visuelle et du contexte urbain.

Comme pour l'étude des impacts des sites et monuments protégés, il est distingué autant que possible l'étude de l'impact en phase chantier et en phase exploitation

1.17.2.1 Impact généraux en phase chantier

Le tracé étant en souterrain, les effets visuels en phase travaux sont liés :

- aux emprises nécessaires aux travaux de réalisation des puits, des gares, ouvrages annexes et sites industriels ;
- aux plateformes de stockage des matériaux extraits par le tunnelier;
- aux plateformes de stockage des machines, des outils, etc. ;
- aux locaux dédiés au personnel ;
- à la circulation des engins sur les zones de travaux et sur les voies d'acheminement.

Le contexte étant essentiellement urbain (résidentiel ou industriel), les effets visuels du projet sont souvent limités par la présence des immeubles voisins ou de la végétation (alignements urbains, parcs et jardins…). Toutefois, les travaux s'insérant dans un tissu urbain dense, leurs abords sont généralement très fréquentés et sensibles aux nuisances (bruits, poussières, modification de la circulation…). Ces nuisances traitées spécifiquement dans des chapitres dédiés peuvent cependant agir sur la perception du paysage d'une manière globale (cf. dégradation de l'image de la perception d'un site ou d'un quartier).

Les impacts globaux du projet sur le paysage, en phase chantier sont faibles, localisés au niveau des émergences (gares et ouvrages annexes). Dans certains sites ou secteurs plus sensibles (ensembles remarquables, parcs et jardin …) les impacts en phase chantier peuvent être plus importants. Ils sont spécifiquement détaillés ci-après en parallèle des impacts en phase exploitation.

1.17.2.2 Impacts des gares et des sites industriels (SMR et SMI)

L'ensemble des gares ont été conçues à partir du **référentiel de conception établi** par la Société du Grand Paris. Il contient en particulier **la Charte d'architecture établi par le cabinet d'architectes Jacques Ferrier** qui décrit le cahier des charges global de l'ensemble des gares.

La Charte permet de formaliser et de partager les ambitions de conception. Elle a été conçue pour offrir plusieurs niveaux de lecture :

- un organigramme général,
- la définition détaillée des objectifs et des principes par thème et par ensemble fonctionnel.

Elle donne trois objectifs fondamentaux s'articulant sur une échelle différente:

- créer à l'échelle de la ville une identité partagée entre la ville et le réseau. L'ensemble des gares se présentent ainsi comme une « collection » de repères,
- concevoir à l'échelle du bâtiment, des gares urbaines, ouvertes sur la ville et les quartiers. La gare est conçu comme un équipement public de proximité capable de connecter le réseau ferré de transports en commun à d'autres modes de transport,
- imaginer à l'échelle de l'homme, des gares humaines, en partant de l'expérience des voyageurs à travers ses perceptions sensorielles.

A ces objectifs fondamentaux répondent quatre objectifs de conception :

- présence affirmée de la gare dans la ville
- parcours intuitif et sensible
- sobriété de l'architecture
- mise en scène de la mobilité

Toutes les gares prennent place dans un contexte urbain qui favorise leur insertion paysagère. La densité du tissu bâti en limitera l'émergence visuelle. Les vues seront limitées aux abords immédiats et rapprochés. Par contre les impacts indirects et notamment la recomposition urbaine autour des gares (impacts indirects du projet) peut induire une mutation des paysages urbains (restructuration, modernisation…). Ils seront notamment évalués au travers des études environnementales menées dans le cadre des CDT. A l'échelle des aires urbaines considérées et de la petite couronne, ces impacts sur le paysage seront toutefois modérés. Ces travaux de recompositions urbaines peuvent être une opportunité de modernisation et de reprise des espaces publiques.

Par ailleurs, le projet de métro visant à assurer des connexions avec le réseau existant, de nombreuses gares du projet sont prévues dans des contextes ferroviaires déjà marqués. C'est le cas des gares suivantes : « Issy RER », « Fort d'Issy-Vanves-Clamart », « Châtillon-Montrouge, « Arcueil-Cachan », « Les Ardoines », « Le Vert-de-Maisons », « Créteil l'Echat », « Saint-Maur-des-Fossés », « Bry-Villiers-Champigny », et « Noisy-Champs ». Ce contexte favorise plus encore l'intégration des gares.

Toutefois, trois sites de gares présentent des enjeux paysagers particuliers soit au regard du contexte patrimonial (gare de « Pont de Sèvres ») soit en raison de la présence d'espaces semi-naturels (parcs urbains) comme à « Villejuif Institut Gustave Roussy » et « Noisy-Champs »

Afin que chacun puisse apprécier les effets des gares, les projets d'aménagement des 17 gares sont présentés à la suite d'Ouest en Est, en développant le projet et en présentant plus particulièrement son impact paysager. Ces projets toujours à l'étude pourront faire l'objet d'ajustement mais ils permettent d'apprécier l'impact général des gares sur le paysage. Cette présentation est complétée par une analyse des sites de maintenance.

1.17.2.3 Gare Pont de Sèvres

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

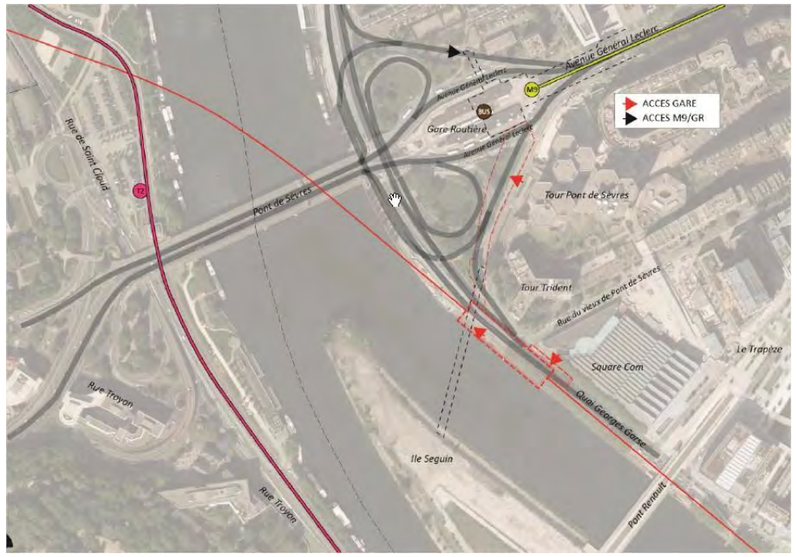
Le terrain de la future gare Pont de Sèvres de la ligne 15 du GPE est situé à l'ouest de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine. Il est localisé sur la rive droite de la Seine, au sud-ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, en limite de Sèvres.

La gare de « Pont de Sèvres » s'inscrit dans un environnement caractérisé par la RD1 et un réseau viaire complexe, par les grands immeubles du quartier Pont de Sèvres (City Lights GE, Trident, Square Com), par la Seine et la proximité de l'Ile Seguin.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Agence Duthilleul. Implantée au bord de la Seine, côté rive droite, sous les voies routières de la RD1, quai Georges Gorse, la gare se connecte directement au terminus ouest de la ligne 9 du métro de Paris et à la gare routière. Elle est composée de **deux ouvrages souterrains** (la boîte de la gare de la ligne 15 du réseau GPE et le hall de correspondance avec le M9 et la gare routière) et de **deux émergences** (l'accès principal au pied des tours GE au nord, au sud ; l'accès secondaire devant le bâtiment Square Com, et en rive de Seine. Une mesure conservatoire pour une liaison avec la future passerelle vers l'Ile Seguin).

Le quartier du Pont de Sèvres fait l'objet d'une grande opération de restructuration. Des opérations ambitieuses sont engagées pour requalifier, redonner vie et attractivité à cet environnement : les tours du Pont de Sèvres avec le projet CityLights, la Cité musicale de l'Ile Seguin et le Trapèze (quartier de programmation mixte en cours de réalisation, face à l'Ile Seguin).



Plan d'implantation de la Gare Pont de Sèvres (Atelier Duthilleul)



Perspective de la gare et de son accès principal (Atelier Duthilleul)





Chantiers en cours de l'Ile Seguin et des immeubles City Lights

La gare Pont-de-Sèvres présente un enjeu visuel car c'est l'une des gares prévues en site paysager sensible. Elle est implantée à proximité immédiate du nœud routier RD1 (voie sur berge en rive droite) et RN10. La gare « Pont de Sèvres » de la ligne 9 est à ce niveau.

Le projet de gare proposé à ce jour par le cabinet d'architecture Duthilleul et le groupement d'ingénieurs SETEC TPI/INGEROP, s'intègre au mieux au contexte urbain par le biais d'une proposition de gare souterraine sous le quai Georges Gorse.

Cette gare bénéficiera d'un traitement architectural qui l'intègre au mieux dans un contexte de renouvellement urbain en lien avec les usines Renault.

L'organisation générale actuelle du quai n'est modifiée qu'à la marge. L'impact de la nouvelle gare sera donc faible et accompagne la restructuration du quartier.

1.17.2.4 Gare Issy RER

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La future gare « Issy RER » du GPE ligne 15 se situe à Issy-les-Moulineaux dans le quartier Val de Seine / Les Arches, situé à l'ouest du centre-ville. La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est.

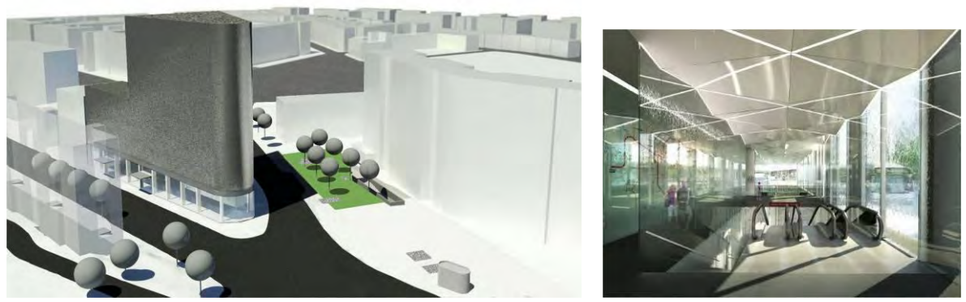
La gare est prévue au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un environnement bâti dense à l'angle de deux voies à forte déclivité ; la rue Aristide Briand présente un dénivelé de 1.80 m sur la longueur de la gare souterraine et sur la longueur de l'émergence et l'avenue de Verdun présente un dénivelé de 0.50 m sur la longueur de l'émergence.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Brunet Saunier. La gare est organisée en deux volumes distincts la position du volume de l'émergence n'est pas à l'aplomb par rapport au volume enterré de la boite quai. L'émergence est inscrite sur une parcelle exigüe et respecte les alignements du bâti existant, c'est un lieu public accessible depuis les deux voies et largement vitré. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié afin de permettre à terme l'intégration en rez-de-chaussée d'une future opération connexe, qui pourra intervenir à l'horizon de mise en service de la gare.



Plan d'implantation de la Gare Issy RER (Agence Brunet Saunier)



Perspective indicative de l'émergence et de son accès à la nef (Agence Brunet Saunier)

La gare s'insère dans un site urbain dense. De ce fait, l'impact paysager de la gare est faible.

1.17.2.5 Gare Fort d'Issy – Vanves – Clamart

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Fort d'Issy –Vanves-Clamart » est localisée principalement sur la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy-les-Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare de Transilien de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF actuel. Le terrain est proche du centre-ville (au sud) mais également de l'éco-quartier de Fort d'Issy (au nord-ouest).

La gare sera implantée sur des parcelles aujourd'hui occupées, dont les maisons d'habitations seront démolies pour l'arrivée de la gare. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé principalement de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs assez hauts du côté de Clamart (R+7). La topographie du terrain est en forte déclivité au droit de l'émergence le long de la rue du Clos Montholon (3m de dénivelé sur la longueur du site).

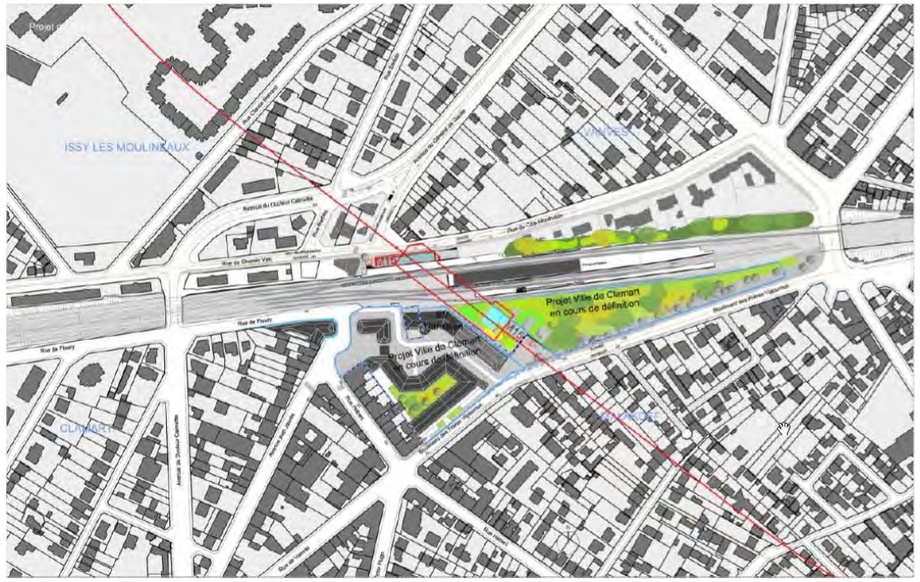
b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'implantation de la gare suppose une modification du terrain au niveau des entrées de la gare pour l'aménagement de parvis qui permettront l'inter modalité. L'émergence au nord suppose la démolition de 3 maisons individuelles et l'émergence au sud suppose une modification du terrain (talus à planifier).

L'émergence côté Issy se présente sous forme d'une grande halle posée sur le quai latéral du Transilien et formée d'une surface courbe le long de la rue du Clos Montholon. Côté Clamart, la configuration du nouveau quartier façonne le site de sorte que la volumétrie de la boîte gare émerge de la topographie nouvellement créée en s'insérant entre l'aménagement de l'espace public, permettant la liaison avec la place de la gare existante et le talus, permettant l'accès à l'un des bâtiments du programme du nouveau quartier depuis le boulevard des Frères Vigouroux.

La gare étant presqu'exclusivement souterraine du fait de la configuration du site, en particulier de l'existence du talus de l'ancienne emprise SNCF, l'impact paysager de la gare est faible.

La configuration générale du site n'est pas modifiée. Seul le projet d'aménagement de l'écoquartier va modifier l'aspect paysager du site dans le respect des enjeux de la ZPPAUP voisine.



Plan d'implantation de la Gare Fort-d'Issy-Vanves-Clamart (Philippe Gazeau Architecte)



Perspectives d'aménagement du site et de l'émergence côté Issy (Philippe Gazeau Architecte)

1.17.2.6 Gare Châtillon-Montrouge

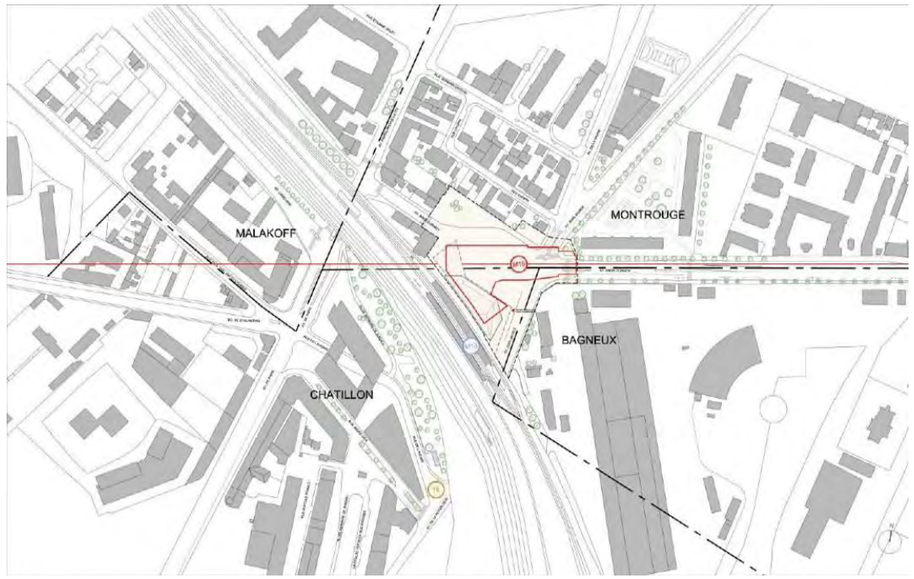
a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Au sud de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine, le territoire sur lequel se situe la gare « Châtillon-Montrouge » est au croisement de 4 villes : Montrouge, Bagneux, Châtillon et Malakoff. Le terrain où se situe la gare présente un dénivelé d'un mètre d'ouest en est et de deux d'ouest au sud. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transport (Tramway T6, station Terminus M13 et gare de métro M15). Les bâtiments qui composent la place de la gare sont assez vétustes et ne sont pas à la hauteur de l'ambition affichée par la ville et la SGP. La gare s'inscrit en effet dans un **territoire dont le front bâti est assez hétéroclite** (petit habitat pavillonnaire, site de maintenance SNCF, zone tertiaire et habitat dense).

Le terrain du projet se situe sur l'actuelle gare routière de Châtillon et comprend également les parcelles faisant face le long de l'avenue Marx Dormoy. Il est bordé au sud par le faisceau de voies ferrées et l'avenue Jean Jaurès. Le territoire n'est pas très végétalisé, seuls quelques arbres sont plantés sur le parvis de la gare routière. Afin de libérer l'emprise nécessaire pour la construction de la gare et l'aménagement du parvis, plusieurs constructions seront détruites : un immeuble de bureaux en R+3, 5 pavillons d'habitations, le café de la gare, un immeuble de bureaux en R+5 et une maison sur l'avenue Jean Jaurès.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare « Châtillon-Montrouge » a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Périphériques Architectures. Le projet s'organise principalement au sud de la gare routière. L'entrée de la gare s'effectue au rez-de-chaussée du bâtiment voyageur. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié pour permettre à terme, l'implantation potentielle d'un projet connexe. Les façades du rez-de-chaussée du bâtiment gare sont vitrés toute hauteur. La toiture ou auvent en habillage céramique émaillé marque le seuil de l'entrée de la gare.



Plan d'implantation de la Gare Châtillon-Montrouge (Périphériques Architectures)



Perspectives indicatives d'insertion de la gare et vues diverses (Périphériques Architectures)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée.

L'impact paysager de la gare est donc faible.

1.17.2.7 Gare Bagneux

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

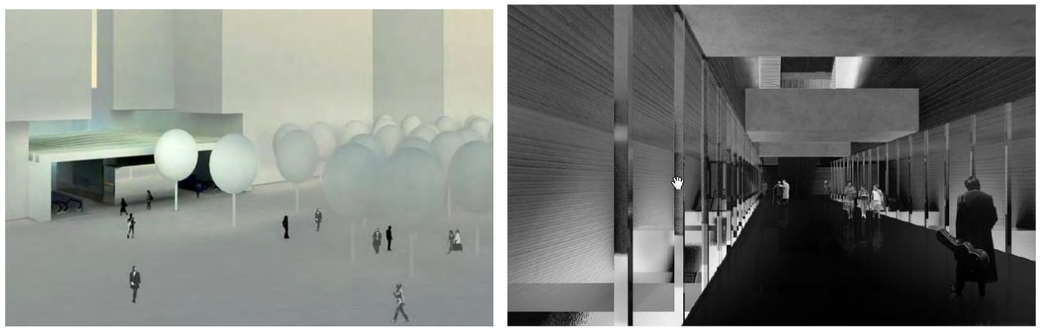
La gare de « Bagneux » se trouve à l'intersection des avenues Henri Barbusse et Pasteur à Bagneux. Cet emplacement est attenant au futur pôle d'échanges du terminus de la ligne 4 du métro. La gare GPE s'inscrit dans le vaste programme de restructuration urbaine et de réaménagement de la ZAC Victor Hugo (futur éco-quartier aux programmes divers).

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Atelier Barani. La gare est implantée dans un nouvel ilot, essentiellement constitué d'un parvis plutôt minéral. Le projet de la gare permet la construction d'un projet connexe potentiellement constitué de plots de logements de part et d'autre de la gare. Par ailleurs, le nivellement quasiment plat favorise la flexibilité des usages dans l'espace public. L'entrée de gare, positionnée au centre du terrain, est encadrée au nord et au sud par les socles du futur projet connexe.



Plan d'implantation de la Gare Bagneux(Atelier Barani)



Perspective d'insertion de la gare et vue intérieure (Atelier Barani)

La gare étant intégrée dans un ilot urbain d'une zone fortement urbanisée, l'impact paysager est faible.

1.17.2.8 Gare Arcueil-Cachan

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La future gare « Arcueil-Cachan » se situe dans la commune de Cachan, située elle-même à 2 km de la Porte d'Orléans. A l'échelle du territoire, la vallée de la Bièvre marque fortement la topographie de la ville de Cachan placée entre deux coteaux. Le terrain de la gare se situe au droit du passage sous la ligne ferroviaire, dans une zone de transition (quartier la gare) entre le quartier pavillonnaire de Lumières à l'Ouest des voies RER, la frange d'extension urbaine du quartier de la Mairie à l'ouest et les grandes parcelles aérées des campus universitaires (ESTP/ENS/IUT) au sud. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier et à créer une nouvelle polarité autour du nouveau projet d'infrastructure.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Ar-thème Associés. La gare se situe à l'angle de l'Avenue Carnot et de l'avenue Léon Eyrolles. Elle est située le long des emprises du RER afin d'organiser la correspondance intermodale. Les deux avenues sont plantées, avenue Carnot avec une rangée de platanes au nord et une rangée d'érables taillés en rideau et avenue Eyrolles un alignement de févriers d'Amérique (Gleididsias).

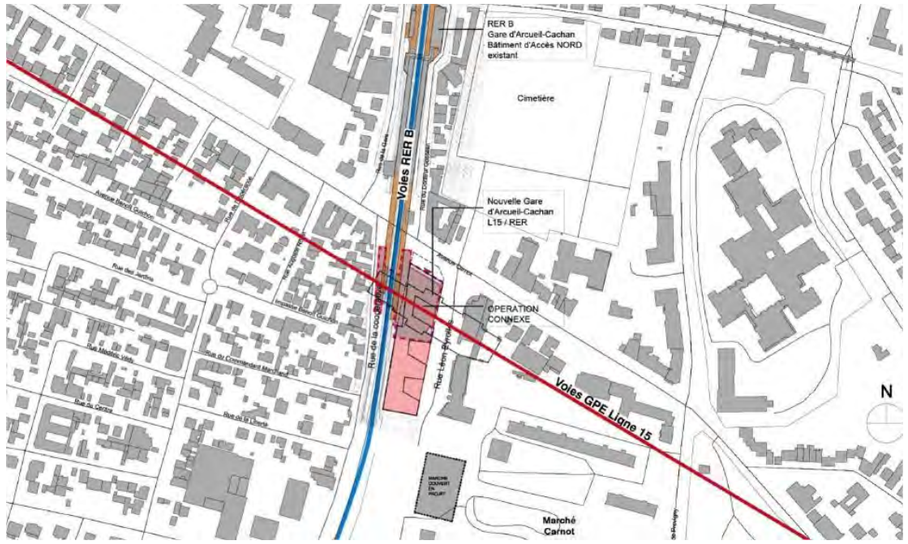
Le foncier acquis par la SGP longeant les voies du RER peut permettre l'implantation du bâtiment voyageur sur l'emprise de l'ancien marché couvert. La gare a été étudiée afin de rendre possible à l'horizon de la mise en service de la gare la création d'un ensemble immobilier sur ce secteur.



Perspective indicative de l'insertion de la gare et de l'aménagement futur du site et façade Est et Nord (Ar-Thèmes Associés)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée.

L'impact paysager de la gare est donc faible à faible.



Plan d'implantation de la Gare Arcueil-Cachan (Ar-thème Associés)

1.17.2.9 Gare Villejuif IGR

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Située entre les vallées de la Seine et de la Bièvre, sur le plateau de Longboyau, Villejuif est le point culminant du département du Val-de-Marne et l'un des points les plus hauts de la première couronne parisienne. La configuration topographique, entre coteaux et vallées divise la ville en deux entités géographiques (le Haut-Villlejuif, sur le plateau, et le Bas Villejuif, sur les versants). Le site retenu pour la construction de la gare se développe sur la frange Ouest, à proximité immédiate du Parc des Hautes Bruyères, de l'IGR et du centre-ville. Le projet concourt aux côtés d'éléments bâtis très hétérogènes de grande échelle (les murs de soutènement de l'A6, l'IGR haut de 18 étages, le viaduc de Cachan). Ces points de rupture dans le tissu urbain se verront rééquilibrés par la ZAC campus Grand Parc qui prévoit l'aménagement d'un quartier mixte.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Dominique Perrault Architecture. La Gare de Villejuif a été imaginée comme un espace à l'air libre révélant son infrastructure dès l'entrée. La toiture est composée de deux cercles superposés, le plus bas, côté parc définit l'échelle des piétons, le plus haut côté IGR celle de l'intermodalité, de la ville. Le parvis se décline de manière concentrique depuis le centre du puits jusqu'à la rue Edouard Vaillant et le parc des Hautes Bruyères. La limite avec le Parc des Hautes Bruyères est traité par l'agence TVK et TER. Les espaces libres proches de la gare seront essentiellement minéralisés.



Insertion Gare Villejuif IGR (avant/après)



Existant



Projet

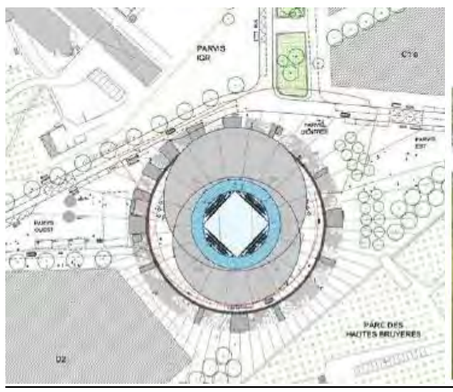
La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est implantée dans un site périurbain ouvert, faiblement urbanisé et présentant plusieurs espaces délaissés. La gare est située en bordure du plateau Est de la vallée de la Bièvre. Elle se retrouve à la charnière de plusieurs ensembles structurant :

- A l'Ouest, l'autoroute A6
- Au Sud, le parc des Hautes Bruyères qui entoure l'ancienne redoute militaire du même nom
- Au nord l'Institut Gustave Roussy (pôle de cancérologie)
- A l'Est, un tissu mixte activités – logements en cours.

La Zone d'aménagement concertée (Opération Campus Grand Parc) prévue autour de la future gare (voir simulation documents graphiques) devrait renforcer la cohérence de l'ensemble.

Le bâtiment gare aura donc un impact visuel important dans ce contexte ouvert et par endroit faiblement investi. Néanmoins l'aménagement étant situé en limite du parc, à proximité d'un secteur faiblement investi, il permettra de mieux qualifier les espaces. Le choix d'une équipe de concepteur de renommée donnera également un impact positif au quartier en créant un bâtiment repère de qualité. Par ailleurs, les démarches de conception s'attachant à préserver l'articulation entre l'espace public autour de la gare et le parc voisin.

Plan masse et vue aérienne Gare Villejuif IGR (Dominique Perrault Architecture)



Vue en plan



Vues en perspectives

1.17.2.10 Gare Villejuif Louis Aragon

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Villejuif Louis Aragon » se situe au sud-est de la commune de Villejuif, proche de la commune de Vitry, dans un environnement urbain dense. Elle vient s'implanter au nord de l'îlot dit « Aragon », à la place des bâtiments démolis le long de la rue du même nom.

Le terrain est proche du centre-ville mais également de la ZAC Aragon et de l'hôpital Guiraud. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs assez hauts (jusqu'à R+8). La topographie du terrain est globalement plate et descend vers la pointe de l'ilot au Nord.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'émergence de la gare se positionne en limite de parcelle, le long de l'avenue Louis Aragon. Elle est composée d'un seul volume de 7m de haut abritant les deux accès de la gare. Elle se présente sous la forme d'une grande halle rectangulaire aux angles arrondis entourant un grand vide ouvrant vers l'intérieur de la gare. Le parvis de la gare se déroule tout autour de l'émergence pour la mettre en valeur et favoriser les cheminements piétons. L'ensemble des façades est traité en éléments verriers présentant différents aspects et formant plusieurs strates.



Plan implantation Gare Villejuif Louis Aragon (Philippe Gazeau Architecte)



Perspectives d'aménagement du site et de l'entrée de gare (Philippe Gazeau Architecte)

La gare est entièrement souterraine et adossé à un bâtiment existant. L'impact paysager de la gare est donc faible.

1.17.2.11 Gare « Vitry Centre»

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

La gare de « Vitry Centre » est située dans un secteur actuellement dépourvu de réseau ferré. Le territoire qu'elle est appelé à desservir comprend des équipements administratifs (hôtel de ville), sportifs et culturels (le MAC-VAL, théâtre Jean Vilard, bibliothèque Nelson Mandela). Située sous le parc du Coteau, la gare s'ouvre sur l'avenue Maximilien-Robespierre, le long de laquelle sont prévus divers programmes de ZAC. En bordure de l'entrée principale du parc du Coteau, la « Maison des Lierres» (bâtiment en U), sera démoli afin de faciliter l'accessibilité et la visibilité de la future gare.

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture King Kong. La gare souterraine projetée se situe principalement sous la partie est du parc du Coteau. Le soulèvement du parc grâce à une voûte se fait à l'intersection de la rue E. Tremblay avec l'avenue Maximilien-Robespierre. La prolongation du parvis extérieur permet de rejoindre le bâtiment voyageur par une pente douce. Le hall d'accueil, à la toiture végétalisée, s'avance ainsi vers l'avenue, où il assure la vocation de repère urbain.



Plan implantation Gare Villejuif Louis Aragon (cabinet d'architecture King Kong)



Perspective d'insertion de la gare (cabinet d'architecture King Kong)

L'emprise de la gare est située sur la partie Est de l'emprise du parc du Coteau. Le bâtiment existant en pignon le long de l'Avenue Maximilien Robespierre est démoli. Le projet architectural reconstitue la partie du parc détruite par les travaux. L'entrée du bâtiment voyageurs est prévue sur l'avenue. Même si une partie du parc et ses plantations sont détruites pour la réalisation, l'ensemble sera reconstruit. La suppression du bâtiment existant valorisera le parc qui était jusqu'à présent enclavé, la rue E. Tremblay et indirectement le monument historique.

L'impact des travaux sera important sur le parc mais après mise en service, la gare assez discrète va renforcer la qualité de ce secteur. L'impact paysager de la gare est donc plutôt positif.

1.17.2.12 Gare Les Ardoines

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Les Ardoines » se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Elle dessert un tissu urbain contrasté, industriel à l'est et pavillonnaire à l'ouest, voué à se transformer en profondeur dans le cadre du projet de la ZAC Gare des Ardoines. Les parcelles où s'implante la future gare sont actuellement occupées par des hangars voués à la démolition.

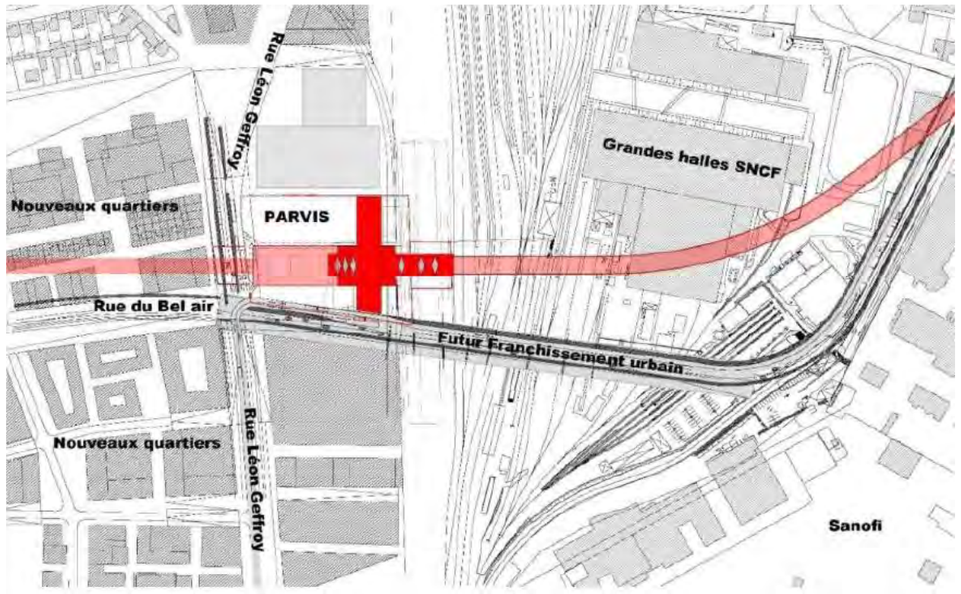
Le site de la gare situé à l'ouest du réseau ferré est entièrement coupé des territoires Est auxquels il n'est relié que par trois passerelles privées. Pour pallier à cette situation de coupure, l'EPA prévoit la réalisation d'un franchissement des voies ferrées immédiatement au sud de la future gare.

b. *Présentation du projet architectural*

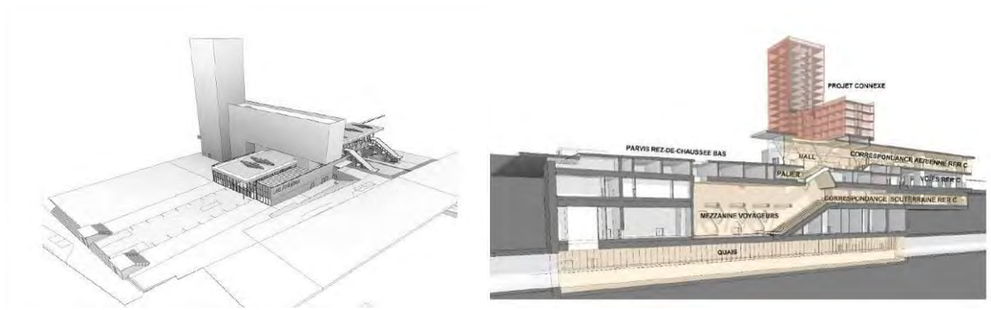
Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Valode & Pistre. Deux scénarios sont étudiés pour le futur projet de gare : le premier proposant la réalisation de la gare avec le projet urbain et un projet connexe en surplomb regroupant des logements étudiants et une résidence « service », le deuxième impliquant toujours la réalisation de la gare avec le projet urbain mais sans le projet connexe.

Dans la première hypothèse, la gare s'implante en partie haute du parvis. Le volume de son émergence épuré et allongé est perceptible dans le paysage urbain.. Les structures de la gare sont dimensionnées et implantées de manière à reprendre la descente de charge du bâtiment pont qui l'enjambe.

Dans la deuxième hypothèse, la gare conserve son autonomie de fonctionnement et l'homogénéité de sa volumétrie grâce à une intégration précise des structures de reprise du bâtiment pont dans la gare.



Plan implantation Gare Les Ardoines (cabinet d'architecture Valode&Pistre)



Projet de gare (Cabinet d'architecture Valode&Pistre)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et à la gare existante. Le bâtiment sera visible du proche environnement. Cependant, ce proche environnement est fortement industriel. L'impact paysager est donc faible voir plutôt positif dans la configuration actuelle de cette zone.

Le projet de ZAC des Ardoines prévoit une évolution significative de cet environnement proche. Cette évolution prenant en compte la future gare, elle sera intégrée paysagèrement au projet.

L'impact paysager de la gare est donc faible à positif.

1.17.2.13 Gare Le Vert de Maisons

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Vert de Maisons » se trouve à l'est des voies du RERD et de la gare actuelle de Vert de Maisons. Elle est située sur la commune de Maisons-Alfort en limite de la commune d'Alfortville (ouest des voies du RERD).

Ce quartier est marqué par un urbanisme de plusieurs périodes : années 30 avec la Cité et le Square Dufourmantelle, dont une partie est un monument classé, années 70 avec des immeubles typiques et années 90-2000 avec quelques immeubles récents. Cette diversité donne un paysage urbain assez disparate et compartimenté.

La gare du Grand Paris Express s'inscrit dans un paysage immédiat formé par la Cité Dufourmantelle et un immeuble récent, accompagnés de friches.

Le parti architectural retenu conforte le compartiment récent du paysage urbain. Il tient compte cependant de l'existence de la Cité Dufourmantelle, à la fois très proche (de l'autre côté de la rue) et suffisamment éloignée pour que l'intégrité paysagère soit préservée.

Les enjeux de cette gare résident dans cette proximité du Monument historique.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE.

L'architecture de la gare, intégrée à un projet immobilier tiers ,tiers, vise à développer des continuités spatiales neutres et homogènes afin d'en insérer le fonctionnement dans le fonctionnement actuel.

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et intégrée à un projet de bâtiment. Le bâtiment de la gare ne sera quasiment pas visible.

L'impact paysager de la gare est donc faible.



Plan implantation Gare Vert de Maisons (cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE)



Perspective d'implantation (cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE)

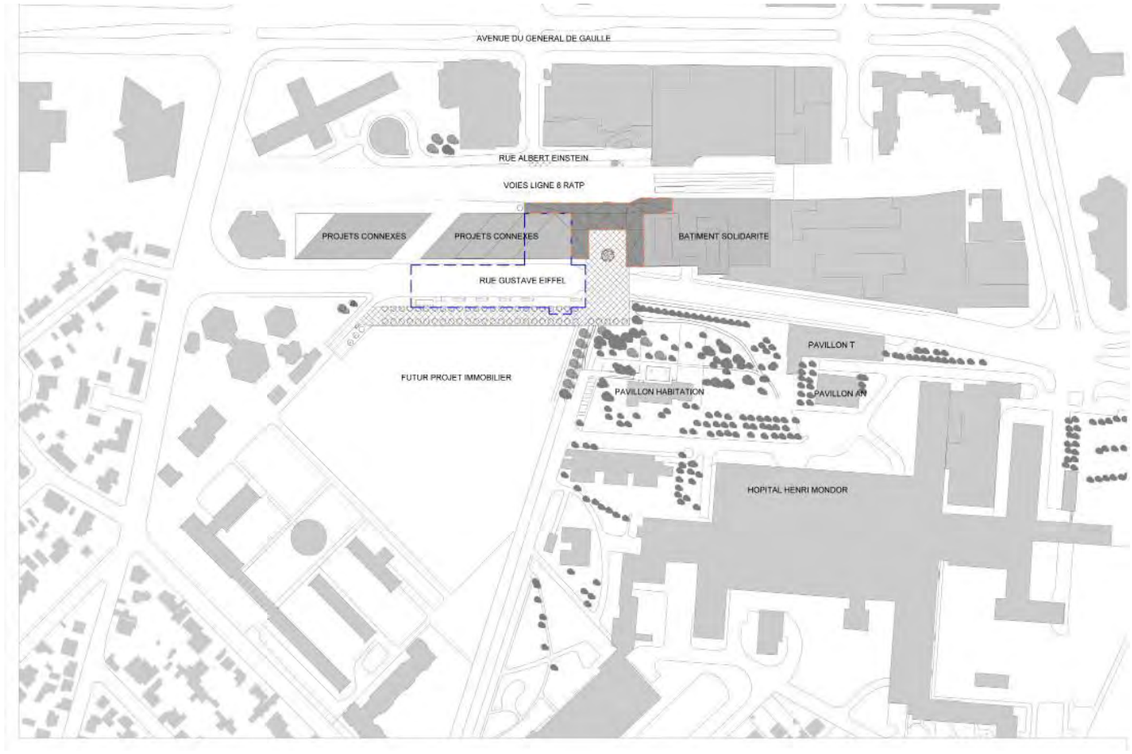
1.17.2.14 Gare Créteil l'Echât

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Créteil l'Echat » se trouve à l'ouest de l'hôpital Henri Mondor, dans le quartier de l'Echât, au nord de Créteil. Ce quartier est marqué par l'urbanisme des années 70's. Les enjeux de cette gare impliquent la création de connexions entre les différents territoires où elle est implantée, très hétérogènes et disparates. L'objectif sur cette gare est d'aménager un nouvel espace public à échelle humaine dans le quartier de l'Echât qui manque d'identité, de continuités piétonnes et de mixité programmatique.

b. *Présentation du projet architectural*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Créteil l'Echat » se trouve à l'ouest de l'hôpital Henri Mondor, dans le quartier de l'Echât, au nord de Créteil. Ce quartier est marqué par l'urbanisme des années 70's. Les enjeux de cette gare impliquent la création de connexions entre les différents territoires où elle est implantée, très hétérogènes et disparates. L'objectif sur cette gare est d'aménager un nouvel espace public à échelle humaine dans le quartier de l'Echât, de continuités piétonnes et de mixité programmatique.



Plan implantation Gare Créteil l'Echat (cabinet d'architecture ANMA)



Perspective d'implantation et vue extérieure (cabinet d'architecture ANMA)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et dans le bâti existant. La gare a été étudiée afin de rendre possible à terme, l'édification d'un projet connexe potentiel. Le bâtiment de la gare s'intègre dans son environnement urbain futur, et de ce fait l'impact paysager de la gare est donc faible.

1.17.2.15 Gare « Saint-Maur Créteil»

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

Le terrain d'implantation de la gare « Saint Maur Créteil » se situe au nord de la gare RER actuelle de Saint Maur Créteil, à Saint Maur des Fossés. Elle dessert quartier très dense à dominante pavillonnaire et de bâti peu élevé.

La gare s'implante sur le parvis de la gare actuelle occupé par un parking souterrain. La future gare est accolée au talus des voies actuelles du RER. La gare a été étudiée afin de rendre possible à l'horizon de mise en service de la gare, la réalisation, d'un projet connexe potentiel de part et d'autre de la gare.

b. Présentation du projet architectural

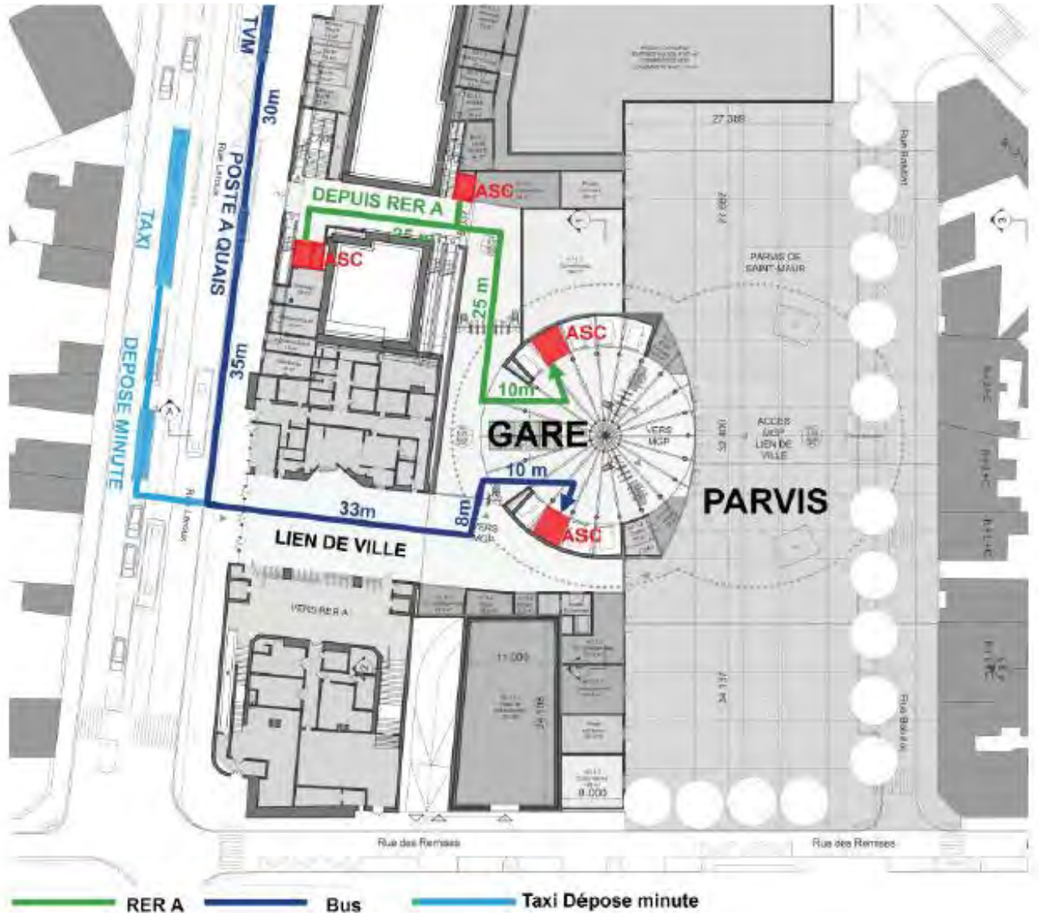
Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Valode & Pistre.

Le scénario gare profonde est le scénario privilégié. Le bâtiment extérieur ne change pas. Il est implanté sur le parvis actuel de la gare et est accolé au talus des voies actuelles.

Ce bâtiment de forme rond tronqué laisse la place à un parvis plus restreint mais qui garde des fonctions similaires, essentielles dans la liaison avec le quartier voisin.



Vue depuis le parvis de la gare de Saint Maur Créteil (Source : Société du Grand Paris)



Plan implantation Gare Saint Maur Créteil et liaison avec la gare RER (SYSTRA)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et à la gare existante. Le bâtiment sera visible du proche environnement très dense. L'impact paysager de la gare est donc faible.

1.17.2.16 Gare Champigny Centre

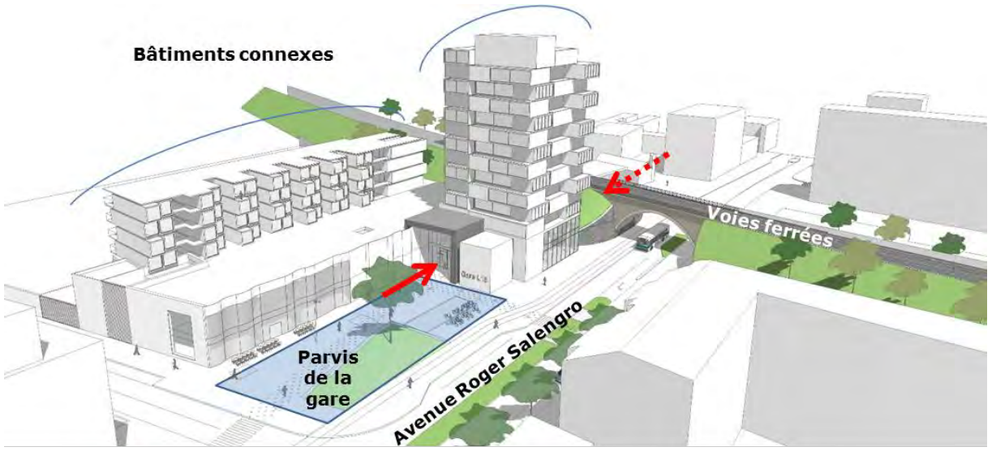
a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Champigny centre » se situe dans le cadre de l'Avenue Roger Salengro, l'une des principales artères de la commune de Champigny-sur-Marne.

Elle dessert un tissu urbain à dominante pavillonnaire et bâti peu élevé résidentiel, voué à muter à terme, au moins autour de la gare.

b. *Présentation du projet architectural*

La gare est construite sur une emprise résultant de démolitions. Cette gare, assurant la connexion de la Ligne 15 Sud avec la ligne 15 est (orange sous maîtrise d'ouvrage STIF) est implantée dans un environnement nouveau. Le bâtiment peu élevé s'insère parfaitement dans le bâti existant lui-même peu élevé. Sa forme en parallélépipède rectangle s'associe très bien à la forme urbanistique de l'Avenue Roger Salengro, voie très large dont la requalification est prévue.



Perspective de la gare – Vue depuis l'Ouest (Source : Société du Grand Paris)



Vue depuis la mezzanine 1 (Source : Société du Grand Paris)

1.17.2.17 Gare Bry-Villiers Champigny

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Bry-Villiers-Champigny » se situe au nord du faisceau de voies du RER E et en bordure de la RD10 sur la commune de Champigny sur Marne.

Sur le plan paysager, ce terrain occupe le versant nord d'un vallon au fond duquel circulent les voies ferrées. La future gare occupe une grande partie de ce versant.

b. *Présentation du projet architectural*

Deux scénarios sont étudiés pour le futur projet de gare : le premier proposant la réalisation de la gare sans le projet connexe, le second proposant la réalisation de la gare avec un projet connexe.

Le plan d'implantation général de la gare est le même dans les deux scénarios : en bas de versant, à proximité des voies.

Le projet connexe, constitué d'un bâtiment tertiaire en 3 parties apporte de la hauteur à l'édifice de la gare le long de la RD10.

La gare se situant dans un environnement en forte évolution et marqué par des grandes surfaces commerciales, le type de bâtiment envisagé reste dans la typologie générale, nettement améliorée cependant par le parti architectural.



Plan implantation Gare Bry Villiers Champigny sans projet connexe (SYSTRA pour SGP)

Le bâtiment de la gare reste dans les proportions des bâtiments voisines et s'insère donc bien dans le paysage futur. L'environnement proche de la gare va évoluer fortement : la zone peu urbanisée actuelle sera urbanisée à terme, et la gare de la Ligne 15 Sud sera accompagnée d'une nouvelle gare du RER E construite sous maîtrise d'ouvrage RFF/SNCF.

L'environnement proche de la gare va évoluer fortement : la zone peu urbanisée actuelle sera urbanisée à terme, et la gare de la Ligne 15 Sud sera accompagnée d'une nouvelle gare du RER E construite sous maîtrise d'ouvrage RFF/SNCF.

L'impact paysager de la gare elle-même est faible car le bâtiment reste proportionné au bâti existant, les vues étant limitées au très proche environnement. L'impact du projet avec le projet connexe est un peu plus fort à cause de la forme envisagée pour le projet connexe. Cet impact reste toutefois faible au regard de la qualité de l'urbanisation environnante actuelle. L'impact paysager de la gare est donc faible.



Vue à titre indicatif du projet connexe (Source : Société du Grand Paris)

1.17.2.18 Gare Noisy-Champs

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

Le terrain d'implantation de la gare « Noisy-Champs » se situe à l'ouest de la gare actuelle du RER A et à cheval sur les voies : la Ligne 15 Sud passe en dessous des voies du RER mais la superstructure de la gare se trouve au-dessus.

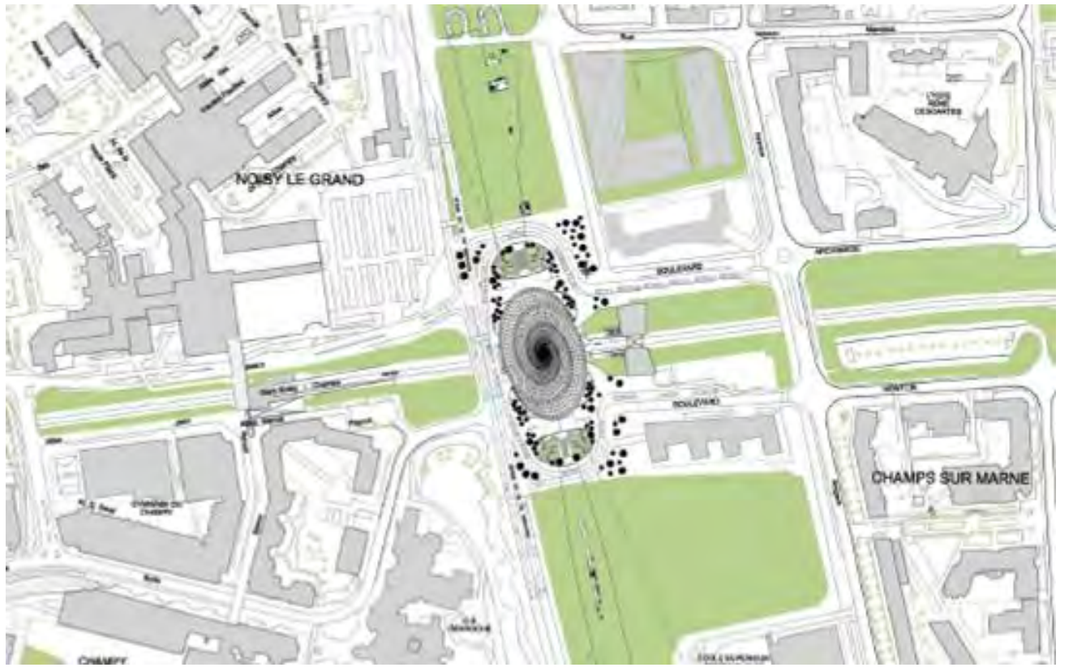
L'urbanisation actuelle est contrastée, donc les paysages aussi. Une bande boisée de surface significative traverse le quartier de la gare selon un axe Nord-sud, l'urbanisation se répartissant de part et d'autres.

Cette bande boisée sera détruite par les travaux de construction de la gare, la voirie actuelle étant reconstituée.

De ce fait, au moins momentanément, les vues vont s'élargir et le paysage devenir plus minéral, la composante verte diminuant.

L'environnement proche de la gare va évoluer fortement, le projet urbain porté par EPAMARNE prévoyant une densification e l'urbanisation. La bande verte va disparaître sous sa forme actuelle et sera remplacée par un boulevard urbain avec plantations.

Au niveau de la gare elle-même, le bâtiment situé au-dessus des voies sera visible dans un environnement proche, qui sera réduit avec le projet urbain.



Plan implantation Gare Noisy Champs (SYSTRA pour SGP)

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare prend en compte cette évolution significative du paysage environnant. La qualité architecturale et la forme du bâtiment assument cette position de visibilité et de marqueur de la présence de la gare.

Le projet urbain intègre parfaitement la nouvelle gare, qui souligne à la fois la gare de la Ligne 15 Sud et la gare RER actuelle. La forme ovale de la gare et sa position dans le futur boulevard urbain la soulignent encore plus.



Insertion de la gare de Noisy-Champs dans le projet urbain développé par EPAMARNE



Perspective d'insertion urbaine

c. *Impacts du projet*

La gare est très visible et cela a été voulu par les concepteurs. De ce fait elle a un impact significatif sur le paysage local : les vues sur la gare sont limitées à un environnement proche.

Par contre en nord et au sud de la gare ; le long du Boulevard du Ru de Nesle est prévu dans le cadre des travaux de l'infrastructure, un défrichement de parcelles boisées afin d'implanter la zone de chantier ainsi que la création de puits de tunnelier.

Ces parcelles situées sur les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne sont prévu en zone à urbaniser aux documents d'urbanisme des deux communes. L'article 4 du décret de DUP emporte mise en compatibilité des documents d'urbanisme sur la commune de Champs-sur-Marne et sur la ZAC de Nesle.

Après les travaux de l'infrastructure seul deux ouvrages annexes correspondant au puits d'accès seront conservé, le sol des emprises occupées sera reconstitué.





Emprise souterraine de la Gare et des tunnels

Emprise du chantier

1.17.2.19 SMR Champigny

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le SMR de la Ligne 15 Sud est situé en bordure de l'unité paysagère du « Vallée du Morbras ». Ce petit vallon annexe au Val de Seine est particulièrement urbanisé essentiellement par du tissu résidentiel. Il est borné au sud par la forêt domaniale de Notre Dame et à l'Est par la forêt de Ferrières.

Le projet de site de maintenance (SMR) de Champigny-sur-Marne prend place au sein d'une zone d'activité occupée par des locaux commerciaux. Il est bordé au Sud par le parc Départemental du Plateau et ses jardins familiaux et à l'Est par un second espace boisé public.

La Société du Grand Paris a choisi la société Egis pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Richez Associés pour le projet de SMR de Champigny. Une attention particulière est portée vis-à-vis de l'insertion du bâtiment dans le site. En effet, le terrain naturel du site présente une déclivité prononcée de la rue Bernaü vers la rue François Franchon.

Par ailleurs, les dimensions du site (plus de 80 hectares) engagent des enjeux de nivellement et de traitement fin des espaces extérieurs. Le site s'inscrivant dans l'évolution future du quartier autour du futur projet de la ZAC Marne Europe, une réflexion programmatique sur les surfaces non utilisées doit être également menée.

b. *Impacts du projet*

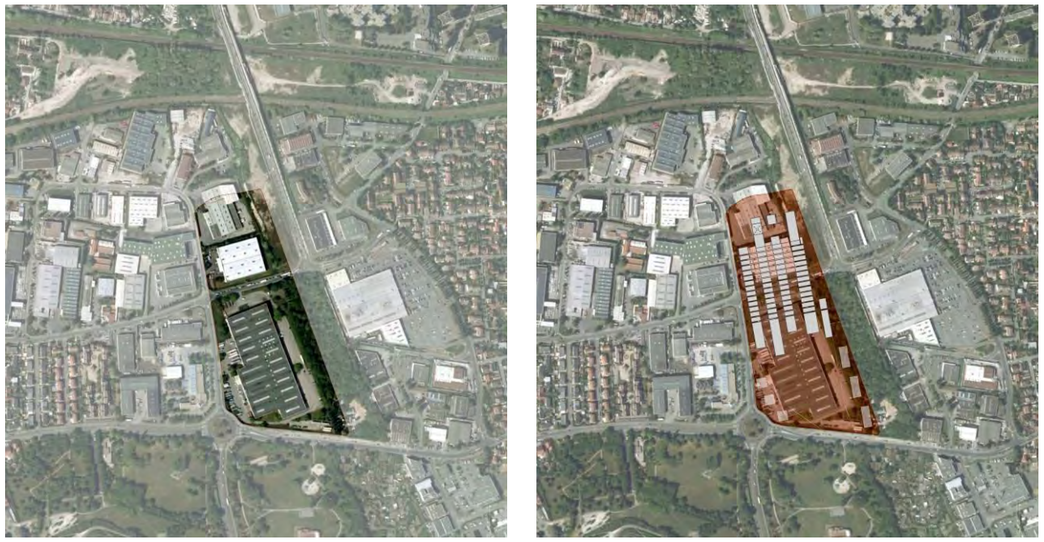
Le SMR Champigny est implanté sur deux ilots urbains actuels encadrés par de nombreux autres ilots urbains. Le seul espace de visibilité est la RD10 depuis le secteur proche de l'autoroute A4, les zones commerciales et orienté Nord-Sud selon l'axe du viaduc de la RD 10 traversant les voies ferrées.

L'impact visuel du SMR est limité par son insertion dans un paysage déjà urbanisé et comprenant déjà des bâtiments industriels ou commerciaux de grande taille, parfois dégradés.

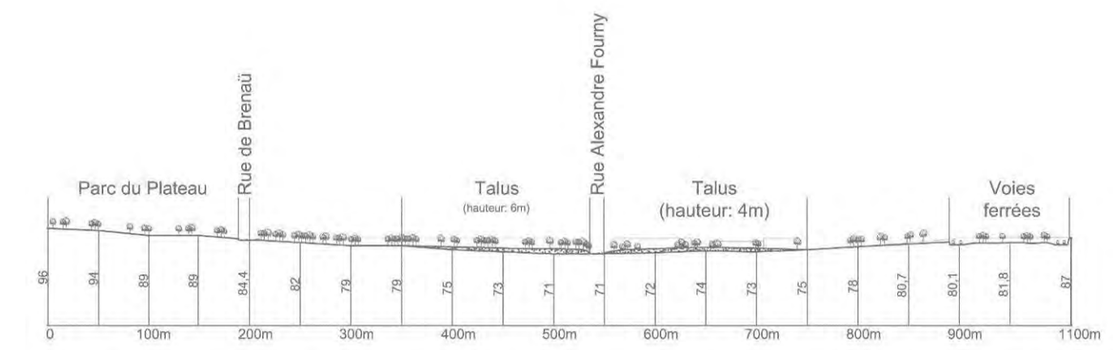
Depuis le Sud et le Parc Départemental du Plateau, les vues sont annihilées par les écrans végétaux prévus et par le fait que la toiture végétalisée du SMR rejoint la surface du sol. Une certaine continuité verte est assurée avec le parc.

Les autres vues sont très courtes et limitées par les ilots riverains. L'impact est donc négligeable. Au contraire, l'implantation du bâtiment dont le traitement architectural est de qualité peut être un élément valorisant pour l'ensemble du site.

Le chantier présentera des caractéristiques assez similaires avec l'activité de la carrière (circulation d'engins, mouvements de terrain, …) qui rendront la phase chantier du SMR peu impactante.



Insertion du futur SMR Champigny (avant/après)



Coupe actuelle du site du futur SMR Champigny



Coupe projet du futur SMR Champigny



Perspective du futur SMR Champigny

1.17.2.20 SMI Vitry

a. <u>Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords</u>

Le SMI Vitry est implanté dans le territoire industriel de la Seine Amont, sur la partie Est de la commune de Vitry. L'emprise est une parcelle longiligne Nord-Sud cadré par les voies ferrées existantes du RER C et la rue Léon Geoffroy. L'ensemble du secteur est constituées de grandes parcelles en activité ou parfois abandonnées.

Les vues ne sont possibles que depuis la rue Léon Geoffroy et l'A86 qui passe en surplomb en limite sud. Ces vues sont très limitées car les marges de recul sont faibles sur la Rue Léon Geoffroy. Celles de l'A86 sont limitées par la vitesse des véhicules circulant sur la voie. En période d'embouteillage, donc de vitesse réduite ou nulle, le SMI devient visible.

b. <u>Impacts du projet</u>

L'impact est limité par le caractère industriel du site et de la zone qui l'entoure. Les études pour la réalisation du bâtiment sont pour l'instant peu avancées.

Néanmoins compte tenu de sa qualité, il sera intéressant d'essayer de conserver l'alignement de platanes existants de l'emprise privée longeant le trottoir de Léon Geoffroy



Vue continue parcelle SMI de Vitry et l'alignement de platanes depuis la rue Léon Geoffroy

1.17.2.21 Impacts des ouvrages annexes

Les ouvrages annexes regroupent les puits de ventilation et les accès pompiers. Ces ouvrages sont de taille réduite.

Les puits de ventilation et accès pompiers ne seront pas « visuellement » raccrochés à un tracé et donc ne seront pas reconnus comme tels. Pour cette raison, ils est prévu qu'ils soient aussi discrets que possible et intégrés à l'existant.









Exemples d'aspect des émergences des ouvrages annexes (source : Société du Grand Paris)

Si l'aspect visuel définitif de chaque émergence liée aux ouvrages n'est pas totalement actée (cf. études restant à réaliser) ces ouvrages seront composés en surface d'une dalle de couverture pouvant être recouverte par des matériaux de même nature que l'aménagement environnant ou végétalisable (pelouse ou arbustes) équipée d'une trappe d'accès et d'une grille de ventilation (cf. ci-dessus). En fonction du contexte et dans de rares cas (cf. risque d'inondation, site sensible…), un édicule pourra être édifié.



Exemple d'émergence en surface d'un puits (source : Société du Grand Paris

Le contexte étant essentiellement urbain et les ouvrages réduits, leur impact est potentiellement faible hormis sur certains secteurs sensibles. En effet les ouvrages ne sont pas de nature à modifier notablement la composition urbaine ou sa perception, mais sans précautions ces ouvrages pourraient apparaitre incongrus et altérer ponctuellement certains sites.

Les ouvrages considérés comme sensibles sont ceux situés :

- en bord de Seine, ZAC SAEM à Boulogne-Billancourt et place de la Résistance à Issy-les-Moulineaux,
- dans des parcs ou à proximité d'ensembles semi-naturels, Parc H Barbusse (Issy-les-Moulineaux), square Malleret Joinville (Malakoff), Cimetière Parisien de Bagneux, Parc Robespierre (Bagneux), Jardin panoramique (Cachan),
- en bord de Marne, rue du Port à Créteil, Impasse de l'Abbaye (Saint-Maur-des-Fossés).

1.17.2.22 Mesures d'accompagnement en faveur du paysage

a. Mesures d'évitement

Outre le principe d'aménagement de la ligne en souterrain, les études préliminaires ont cherché à éviter les secteurs les plus sensibles.

Par exemple, initialement, le projet prévoyait l'implantation d'un ouvrage annexe sur le parc des Hautes Bruyères. Ce dernier aurait modifié la topographie du « jardin du silence », et le geste paysager à l'échelle du jardin aurait été remis en cause. Les difficultés liées à l'intégration d'un tel ouvrage dans ce contexte (microtopographie particulière, …) ayant été identifiées en amont, l'ouvrage a été déplacé pour éviter l'impact prévisible.

b. Mesures de réduction spécifiques aux ouvrages annexes

D'une manière générale, afin de faciliter l'insertion paysagère des ouvrages annexes, une réflexion portant sur l'ensemble des espaces publics, leur fonction, les espèces végétales à utiliser et les matériaux de construction sera menée, en partenariat avec les collectivités concernées.

En effet, ces émergences en surface ne seront « visuellement » pas raccrochées à un tracé et donc ne seront pas reconnues comme telles. En ce sens, elles doivent *a minima* être discrètes et être intégrées à l'existant. Les études architecturales en cours et à venir favoriseront une bonne insertion urbaine et paysagère des gares.

Il convient notamment de donner une fonction (square, aire de jeux, esplanade…) aux abords des puits, notamment s'ils ne s'inscrivent pas directement dans l'espace public (la route, un stade, un parking…). Il convient d'éviter également l'usage de matériaux ou de formes trop standardisées qui paraitraient trop « industriels » ; voire, au cas par cas, d'insérer les ouvrages dans des édicules assurant d'autres fonctions nécessaires à chaque site. Lorsqu'ils sont dans un contexte de jardin ou de milieux plus naturels, les plantations et reboisements sont des mesures simples d'intégration paysagère.

L'insertion de ces ouvrages doit être particulièrement soignée lorsqu'ils s'inscrivent dans un contexte sensible.

c. Mesures de réduction spécifiques aux gares

Comme évoqué précédemment, la charte architecturale et paysagère, les démarches menées avec les collectivités locales dans le cadre des CDT permet d'assurer l'intégration paysagère des gares. La requalification urbaine associée au projet est de nature à renforcer la qualité et l'unité des zones urbaines concernées.

Par exemple et pour l'une des gares situées en contexte sensible, au niveau de la gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, il s'agit d'intégrer la gare dans son contexte de renouvellement urbain dans le respect des aménagements déjà réalisés au niveau du parc départemental.

d. Mesures d'insertion des sites industriels

La conception des sites industriels suit une démarche qualitative analogue à celle des gares. Une charte architecturale, urbaine et paysagère a ainsi été établie à l'échelle de l'ensemble du projet Grand Paris Express.

D'un point de vue paysager et en complément de la qualité apporté à la conception, en phase chantier, concernant le SMR de Champigny, il s'agira essentiellement de soigner la tenue du chantier et de l'occulter dans la mesure du possible avec des palissades notamment vis-à-vis de la RD10.

Concernant le SMI de Vitry-sur-Seine, il s'agira de soigner la tenue du chantier et de l'occulter dans la mesure du possible avec des palissades notamment vis-à-vis de la déviation de la Rue Léon Geoffroy. La palette végétale actuelle de la zone est pauvre et typique des zones industrielles. La diversification végétale pourra être recherchée mais en restant proche de la palette existante : une diversification trop forte rendrait le SMI encore plus visible.

1.17.2.23 Coûts liés aux mesures d'accompagnement

Le coût des mesures est difficilement chiffrable car elles sont intégrées au coût du projet et des travaux (effort de conception,...). Ce sont des mesures qui jouent sur la qualité du projet et de sa mise en œuvre principalement, sans rajouter de composante au projet.

1.17.2.24 Conclusion sur les impacts et mesures en matière de paysage

Le projet est essentiellement souterrain, les impacts sont donc limités aux zones de travaux associés aux gares, sites industriels et ouvrages annexes.

Dans un contexte urbain souvent associé à un contexte ferroviaire, la construction des ouvrages ne pose généralement pas de problème. Les démarches de conception soignées apportées aux ouvrages du Grand Paris Express et les projets de restructuration urbaines induits permettent de garantir une certaine cohérence et fonctionnalité urbaine et donc un impact paysager faible plutôt positif parfois.

Paradoxalement, les ouvrages les moins faciles à intégrer sont les ouvrages annexes (trappes de sécurités des puits de secours et grilles de ventilation) qui ne se seront pas rattachés à l'infrastructure et qui s'insèrent parfois dans des sites où ils pourraient paraitre incongrus (bord de rivières, parcs urbains…). Comme pour les gares et sites industriels, une conception soignée et une recherche de cohérence avec le contexte préexistant permettra de limiter les effets de ces aménagements.

Concernant la phase travaux, les effets sur le paysage seront limités par la recherche de limitation des nuisances.

1.17.3 Patrimoine archéologique

1.17.3.1 Recensement des ouvrages concernés par le patrimoine archéologique

L'état initial a montré la sensibilité de certains secteurs du fait de la présence de vestiges connus ou de zones où la présence de patrimoine archéologique est suspectée :

- La vallée de la Seine de l'Ile Monsieur à la Gare d'Issy RER,
- La section entre Arcueil-Cachan et Vitry Centre.

Il a aussi montré que certains vestiges pouvaient exister ponctuellement (ancienne abbaye de Saint-Maur-des-Fossés ou Bois de Saint-Denis à Villiers-sur-Marne).

Dans le cadre de la démarche d'archéologie préventive, la Société du Grand Paris, maître d'ouvrage de la Ligne 15sud, a effectué la démarche de saisine anticipée (art. R323-12 du code du patrimoine) auprès des services du Préfet de Région (Service Régional de l'Archéologie) sur 65 zones d'aménagement susceptibles d'être utilisées et d'engendrer des terrassements susceptibles d'impacter le patrimoine archéologique.

Après analyse, le préfet a prescrit un diagnostic sur cinq secteurs d'aménagement et près de 13ha :

Secteur concerné	Arrêté préfectoral correspondant	Emprise concernée
Ile de Monsieur	Arrêté n° 2014–5580 du 12 no 2014	800 m²
Gare de Villejuif IGR	Arrêté n° 2014-261 du 20 nov. 2014	6 100 m²
Gare de Vitry centre	Arrêté n° 2014-497du 10 oct. 2014	3 200 m²
SMI de Vitry	Arrêté n° 2014-295 du 9 déc. 2014	3.5 ha
SMR et SMI de Champigny	Arrêté n° 2014-048 du 21 janvier 2015	8.4 ha

Sur ces sites des investigations complémentaires vont être menées et des prescriptions particulières pourront être édictées par le SRA.

Cela n'exonère pas la Société du Grand Paris et les personnes morales intervenant pour son compte du respect des dispositions réglementaires en cas de découverte fortuites de vestiges : au minimum, arrêt du chantier et saisine des services de la Préfecture de Région.

1.17.3.2 Impacts et mesures en phase chantier concernant le patrimoine archéologique

Les impacts sur le patrimoine archéologique ne concernent que la phase chantier.

En phase d'exploitation, aucun effet n'est envisagé sur le patrimoine archéologique, car il n'y a aucun mouvement de sol ou de sous-sol.

La démarche explicitée au point précédent n'exclut pas la découverte fortuite de vestiges au cours des travaux. Elle a pour seul but la prise en compte du patrimoine connu ou suspecté en vue de sa préservation.

Le fait que la ligne 15sud soit en totalité souterraine est une mesure d'évitement d'impacts sur le patrimoine archéologique. Le tunnel, dans cette zone très urbanisée est profond et n'interfère que très ponctuellement avec les couches géologiques concernées (dont la formation est contemporaine de l'humanité).

Compte tenu de la taille des zones soumises à prescriptions archéologique (près de 13ha), les impacts potentiels du projet sont forts. Ils peuvent a contrario être faibles à modérés si les diagnostics démontrent l'absence de patrimoine archéologique d'intérêt ou si les prescriptions limitent les impacts du projet.

La réglementation impose les mesures de réduction des impacts :

- Sur les secteurs d'aménagement où du patrimoine est identifié dans le cadre de l'archéologie préventive, les mesures de conservation (fouilles, études, maintiens…) seront prescrites par le SRA,

- sur les secteurs d'aménagement en surface non concernés par l'identification de vestiges, ou lorsqu'aucun diagnostic archéologique préventif n'est imposé, la conduite des travaux doit :

    - Prendre les dispositions nécessaires pour que la découverte de vestiges puisse être identifiée : les chefs de chantier et les conducteurs d'engins doivent recevoir des instructions claires et opérationnelles sur ce sujet,

    - Arrêter les travaux en cas de découverte de vestiges et rendre compte au maître d'œuvre et au Maître d'ouvrage de la découverte,

    - Saisir les services de la Préfecture de Région et suivre les instructions.

Ces mesures ne peuvent être précisément décrites ici car elles sont fixées par ailleurs par les services en charges de la protection du patrimoine archéologique et de la Préfecture de Région.

De même, le coût de ces mesures ne peut être évalué de façon claire et fiable : il va de zéro euro si aucun vestige n'est connu ou découvert à plusieurs milliers d'euros, voire millions d'euros en fonction de l'importance et de la nature des vestiges découverts.

1.17.3.3 Conclusions des impacts et mesures d'accompagnement concernant le patrimoine archéologique

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices. Toutefois, l'impact du projet sur le patrimoine archéologique non connu à l'heure actuelle reste indéterminé.

1.17.4 Synthèse des impacts et mesures associées relative au paysage, au patrimoine culturel et à l'archéologie

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Ile de Monsieur	Impact paysager fort localement en phase chantier au niveau de l'Ile Monsieur et du site classé. Présence de vestiges archéologiques suspectés	Réalisation d'un dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé Insertion paysagère du chantier et des ouvrages Démarche d'archéologie préventive
	Gare Pont de Sèvres	Nombreux monuments dont le périmètre de protection de 500m intersecte la zone de projet Contexte paysager sensible (Val de Seine et coteaux)	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	ZAC SAEM Place de la résistance	Les ouvrages annexes sont aménagés en bord de Seine	
	Issy RER	La gare s'intègre dans un contexte urbain assez peu sensible	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Parc Henri Barbusse Square Malleret Joinville Cimetière Parisien Parc Robespierre	Chantiers et ouvrages annexes dans des parcs	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Square Charles de Gaulle	L'ouvrage est aménagé sur le square dans l'emprise du monument historique inscrit (Hôtel de Ville de Cachan)	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Jardin Panoramique	Chantiers et ouvrages annexes dans des parcs	
	Villejuif IGR	Aménagement dans la gare dans un paysage ouvert en mutation à proximité d'un parc urbain Présence de patrimoine archéologique suspecté	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet Démarche d'archéologie préventive
	Vitry Centre	La gare est aménagée à proximité d'un monument historique inscrit Présence de patrimoine archéologique suspecté	
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
Vitry Centre à Champigny Centre	SMI de Vitry	Présence de patrimoine archéologique suspecté	Démarche d'archéologie préventive
	Gare de Le- Vert-de-Maisons	La gare est construite à proximité immédiate d'un monument historique inscrit	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Rue du Port Impasse de l'Abbaye	Les ouvrages annexes sont aménagés en bord de Marne	
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	
Champigny Centre à Noisy-Champs	SMR de Champigny	Présence de patrimoine archéologique suspecté	Démarche d'archéologie préventive
	Gare de Noisy-Champs	La gare est construite dans un contexte sensible (milieu semi-naturel)	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	

1.18 Population, emploi et occupation du sol

La réalisation du Grand Paris Express s'inscrit dans une politique de développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France.

Le projet du Grand Paris Express constitue en ce sens un moteur de la croissance de la population et de l'emploi et devrait permettre, à terme, de favoriser les créations d'emplois et d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération.

Depuis les années 1980, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et en deuxième couronne, selon des formes urbaines peu denses et très consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de routes et de RER. Cet étalement urbain peut cependant être limité si l'urbanisation future est structurée par des opérations planifiées plus denses s'appuyant sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet de métro du Grand Paris Express.

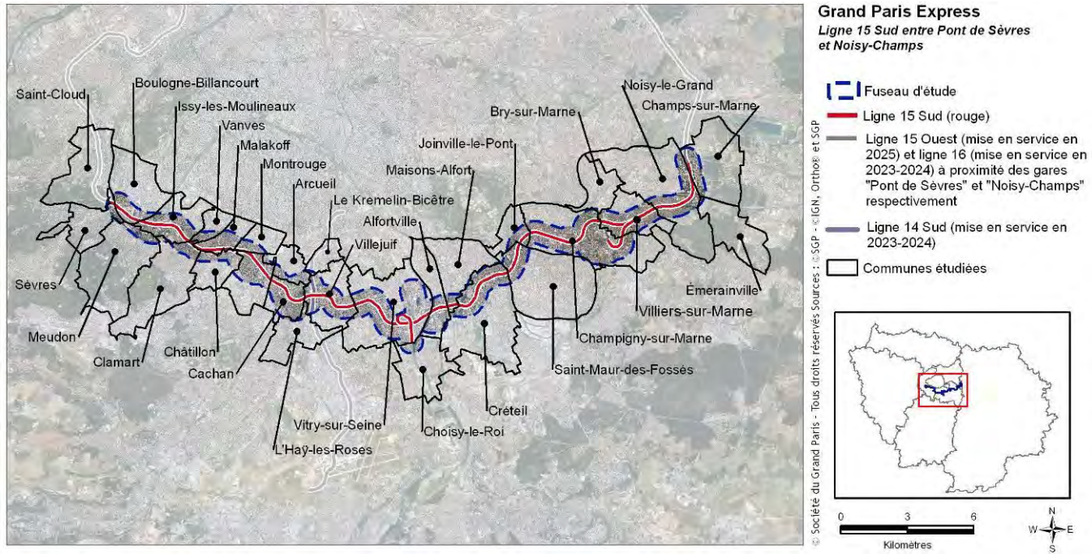
Sous réserve des conditions nécessaires à une densification et à un renouvellement des constructions à proximité du réseau régional de transport en commun, le Grand Paris Express devrait se traduire par un impact très positif en matière de limitation de l'étalement urbain.

En tant que maillon du programme d'ensemble, la Ligne 15 Sud répond aux mêmes objectifs de favorisation de l'emploi et de densification des territoires que les autres tronçons du Grand Paris Express. Le périmètre d'influence principale du projet à l'étude comprend la totalité du territoire des communes traversées par la zone de 500 m de part et d'autre du tracé du projet. Il intersecte 29 communes situées dans les départements de la Seine et Marne, des Hauts-de-Seine, de la Seine-Saint-Denis et du Val-de-Marne. Ces communes couvrent une surface d'environ 16 550 hectares.

Parmi ces 29 communes, 2 appartiennent à la Grande Couronne (Champs-sur-Marne et Emerainville) et les 27 autres à la Petite Couronne (Bagneux, Boulogne-Billancourt, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Meudon, Montrouge, Saint-Cloud, Sèvres, Vanves, Choisy-le-Roi, Noisy-le-Grand, Alfortville, Arcueil, Bry-sur-Marne, Cachan, Champigny-sur-Marne, Créteil, l'Haÿ-les-Roses, Joinville-le-Pont, Le Kremlin-Bicêtre, Maisons-Alfort, Saint-Maur-des-Fossés, Villejuif, Villiers-sur-Marne et Vitry-sur-Seine).

Ce périmètre d'influence de la Ligne 15 Sud est cartographié sur la figure ci-après.

L'influence du projet se ressentira également dans toute l'Ile-de-France via le réseau de transports en commun, mais de manière beaucoup plus limitée. Les calculs du présent chapitre se centreront dès lors sur le périmètre des territoires les plus influencés présenté ci-dessus.



Délimitation du périmètre d'influence principale de la Ligne 15 Sud sur la densification potentielle des territoires

1.18.1 Impacts et mesures en phase chantier

1.18.1.1 Impacts directs et indirects

a. Création de 13 000 à 15 000 emplois

Le nombre d'emplois engendrés par les chantiers est difficile à évaluer car il ne concerne pas uniquement les ouvriers nécessaires à la réalisation du chantier mais également l'ensemble des personnes travaillant de près ou de loin à la construction de l'infrastructure (concepteurs du projet, fournisseurs de machines et de matériaux, etc.). En première approximation, le projet nécessiterait entre 40 000 et 45 000 hommes x ans répartis sur toute la durée d'élaboration et de construction du projet. Bien que la charge de travail soit inégalement répartie dans le temps, le nombre moyen d'emplois créés entre 2015 et 2022 est donc de l'ordre de 6 000. En dehors de ces emplois engendrés directement par la mise en œuvre du projet, les chantiers en tant que tels ne devraient pas avoir d'impact direct sur la population et l'emploi.

b. Consommation permanente de 8 ha

L'emprise du projet sur l'occupation du sol (en surface) se décompose comme suit : l'emprise des gares nouvelles et des ouvrages annexes et l'emprise des chantiers nécessaires à la réalisation des infrastructures du projet. Il n'y a pas d'emprise liée à la construction du linéaire de métro en souterrain, hormis les puits d'entrée et de sortie des tunneliers.

Les surfaces correspondantes, lorsqu'elles relèvent des catégories « espaces ruraux » et « espaces urbains ouverts » établies à partir des postes du mode d'occupation des sols (MOS), ont été estimées et sont présentées dans le tableau suivant.

Estimation des surfaces en espaces ruraux et urbains ouverts concernés par les emprises des gares nouvelles / ouvrages annexes et des chantiers

Emprises	Surfaces en espaces ruraux et urbains ouverts concernés	Type d'impact
Gares nouvelles et ouvrages annexes	8 ha	Permanent
Chantiers	16 ha	Temporaire (phase chantier)

1.18.1.2 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

a. Optimisation des itinéraires

Dans un souci de limiter les impacts, le nombre de zones de chantier a été limité au maximum. Concernant les impacts indirects, l'optimisation des itinéraires des engins de chantier et la mise en place de déviations en cas de coupure des accès à certaines parcelles devraient permettre d'éviter la plupart des impacts.

b. Limitation de l'emprise du chantier

L'emprise des chantiers sera réduite au plus près des aménagements prévus. Par ailleurs, les zones utilisées temporairement en phase chantier mais non construites, seront remises en état à la fin des travaux.

c. Effets résiduels : consommation permanent de surfaces très limitées

La réalisation de la Ligne 15 Sud induira une consommation permanente très limitée d'espaces ruraux et urbains ouverts : moins de 16 hectares au total en phase chantier, dont seulement 8 hectares environ consommés de manière définitive pour l'implantation des gares et des ouvrages annexes. Les surfaces consommées sont négligeables par rapport à l'envergure du projet et aux gains potentiels qu'il engendre en phase d'exploitation (voir impacts en phase d'exploitation, ci-après). A ce titre, il n'est pas prévu de mesure de compensation particulière, en dehors de celles déjà mentionnées dans le volet relatif au milieu naturel et paysager (chapitre 5).

d. Mesures de suivi dans le temps

Les emprises des chantiers seront délimitées précisément lors des études de conception et le respect des limites par les entrepreneurs sera contrôlé durant toute la phase de chantier.

1.18.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France ont été définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière. Ces hypothèses concernent aussi bien les scénarios de projet que les scénarios de référence utilisés pour caractériser la situation future sans projet.

Les hypothèses d'évolution socio-démographique retenues, selon que l'on considère ou non le Grand Paris Express comme réalisé, ont été explicitement établies dans l'objectif d'alimenter l'exercice d'évaluation des impacts et des bénéfices du projet et ont pour finalité de servir de données d'entrée aux calculs effectués dans ce cadre. Elles ont également été utilisées comme données d'entrée pour alimenter les volets suivants : mobilité, bruit, air et énergie.

Deux analyses sont menées dans la présente étude pour apprécier les effets de la réalisation du projet sur l'occupation des sols et la lutte contre l'étalement urbain :

- **A l'horizon de la mise en service du projet, soit 2022 :**

Cette analyse consiste à évaluer l'effet « différentiel » de la réalisation du seul projet Ligne 15 Sud.

Cette approche permet d'apprécier les impacts propres à la réalisation du tronçon, à l'horizon 2022, dans le contexte plus général de la mise en œuvre progressive du Grand Paris Express.

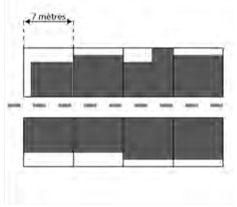
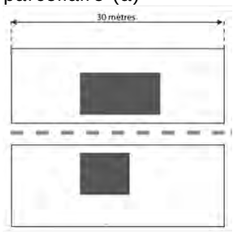
- **A l'horizon cible de réalisation du Grand Paris Express, soit 2030 :**

Cette analyse s'attache à analyser l'effet du projet sur la densification potentielle des territoires dans une situation de projet où tous les tronçons du Grand Paris Express sont réalisés, par rapport à une situation de référence dans laquelle aucun tronçon du Grand Paris Express n'est considéré comme réalisé. L'analyse à l'horizon 2030 permet d'apprécier le rôle de la Ligne 15 Sud au sein du réseau global, en tant que maillon indispensable de l'infrastructure.

Dans cette configuration, deux cadrages prospectifs distincts en matière de projections de population et d'emploi sont pris en compte en situation de projet et en situation de référence. La réalisation de l'intégralité du Grand Paris Express conduit en effet à envisager une croissance socio-démographique accrue dans la région Ile-de-France (conséquence de l'attractivité renforcée de la région du fait de la nouvelle infrastructure), avec, en sus, une localisation préférentielle de la croissance socio-démographique dans les territoires desservis par le réseau.

Les effets du projet sur la lutte contre l'étalement urbain, et les conséquences environnementales qui en découlent, sont analysés grâce aux deux indicateurs présentés dans le tableau suivant.

Description des indicateurs environnementaux retenus pour l'évaluation des impacts induits du projet sur l'occupation du sol

Thématique	Indicateur	Descriptif de l'indicateur		Variation attendue suite au projet
Espaces naturels, agricoles ou boisés	Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle	Ce sont toutes les surfaces d'emprise au sol supplémentaires nécessaires pour accueillir les populations et les emplois supplémentaires sur le territoire.	Différence entre le total des hectares consommés pour l'urbanisation nouvelle en référence vs en projet : à l'horizon 2022 à l'horizon 2030	↘
Espaces artificialisés	Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle	C'est l'ensemble des Voiries et Réseaux Divers (VRD) qu'il faudra mettre en œuvre pour viabiliser les nouvelles surfaces urbanisées sur d'anciens espaces ruraux ou ouverts. Selon la nouvelle morphologie urbaine créée, la quantité de VRD à créer sera plus ou moins longue. Le schéma suivant illustre comment une urbanisation plus compacte (parcellaire (a)) permet de réduire la longueur des VRD à mettre en œuvre et les coûts externes que cela engendre par rapport à une urbanisation plus diffuse (parcellaire (b))13 :  parcellaire (a)  parcellaire (b) parcelle bâtiment VRD	Différence entre le total des kilomètres de VRD (Voirie et Réseaux Divers) nouveaux construits en référence vs en projet : à l'horizon 2022 à l'horizon 2030	↘

13 Source : Halleux J.-M, Lambotte J.-M. et Bruck L., 2008, "Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau", Revue d'Economie Régionale et Urbaine, n°1, pp.21-42, p.28 – Graphisme : Stratec, 2013.

La méthode d'évaluation des impacts est la suivante :

- Sur la base des hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi, et en utilisant des ratios de surface moyenne par habitant et par emploi, il a été possible d'estimer les besoins en surface de plancher supplémentaires, compte tenu des populations nouvelles à venir en référence et en projet.

- Sur la base des hypothèses d'évolution du Coefficient d'Occupation du Sol (COS) entre référence et projet, liées à la densification autour des gares induite par le projet, il est possible de traduire les besoins en surfaces de plancher en surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir la population et les emplois futurs.

- La comparaison des surfaces d'emprise au sol nécessaires entre la situation de référence et en situation de projet permet d'évaluer les effets du projet sur la consommation des espaces urbanisés. Ces surfaces peuvent ensuite être traduites en impacts environnementaux à travers les indicateurs décrits précédemment.

1.18.2.1 Impacts directs et indirects

a. Création de 700 emplois directs

Le fonctionnement du projet nécessitera l'intervention de nombreuses personnes que ce soit pour la gestion et le contrôle de la ligne ou pour son entretien. Le nombre total d'emplois créés est difficile à évaluer, mais de manière approximative le projet devrait engendrer environ 700 emplois directs à l'horizon de mise en service de la ligne.

b. Préservation de 1 500 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon de mise en service

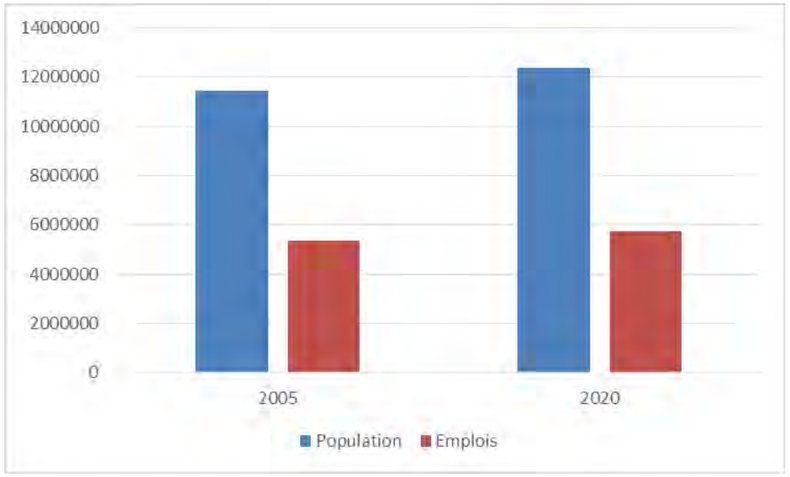
Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France utilisées pour caractériser l'horizon 2022 de mise en service de la Ligne 15 Sud sont présentées dans le tableau et la figure qui suivent. Elles s'appuient sur un cadrage socio-démographique établi à un horizon court terme (conventionnellement : horizon « 2020 »), élaboré par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme (IAU) de la Région Ile-de-France et consolidé par le STIF. Ce cadrage repose en particulier sur un recensement des projets d'aménagement lancés ou prévus par les collectivités, et permet de prendre en compte des hypothèses de développement urbain directement fondées sur la programmation opérationnelle des projets.

Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France

	2005	2020	
	Base[1]	Situation de référence et de projet[2]	Évolution par rapport à 2005
Totaux en Ile-de-France			
Population totale	11 433 500	12 367 500	+ 934 000
Emploi total	5 360 500	5 721 500	+ 361 000

1 Source : données INSEE, 2005.

2 Source : Cadrage IAU-STIF, 2014.



Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France

Le nombre d'habitants et d'emplois est considéré identique en situation de référence et en situation de projet (aussi bien en termes de volume qu'en termes de répartition de la croissance socio-démographique par commune). Les effets évalués du projet à cet horizon doivent donc être interprétés comme la densification supplémentaire au sein des territoires traversés par la Ligne 15 Sud, en particulier autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

Indicateur n°1 : Consommation des espaces par l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2020.

Sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées, la mise en service du projet est en mesure de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires à proximité des gares du projet Ligne 15 Sud, permettant la préservation de 1 470 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2020 par rapport à une situation sans projet.

Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle pour le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2020 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha)	Différence Projet – Référence	Variation Projet – Référence
Dans le périmètre d'étude à l'horizon 2020	-1 470	↘

Indicateur n°2 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2020.

La consommation des espaces non bâtis par l'urbanisation nouvelle implique des coûts de viabilisation qui dépendront du type de parcellaire mis en œuvre. En effet, le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influence la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, des formes d'habitat et d'activités peu denses ont pour conséquence d'augmenter les longueurs des infrastructures et des réseaux nécessaires pour desservir un même nombre de ménages et d'activités.

La préservation des espaces non bâtis aujourd'hui de l'artificialisation future (cf. Indicateur n°1), permise potentiellement par le projet, rendra possible une réduction de l'ordre de 330 km de linéaire de VRD à mettre en œuvre à l'horizon 2020 par rapport à une situation sans projet, dans les territoires directement desservis par le projet Ligne 15 Sud.

Coûts de viabilisation pour l'urbanisation pour le scénario de référence et le scénario de projet à l'horizon 2020 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle (km)	Différence Projet – Référence	Variation Projet – Référence
Dans le périmètre d'étude à l'horizon 2024	-330	↘

La réduction de 330 km de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle constitue avant tout un gain économique majeur en faveur du projet, puisque celle-ci implique des coûts moindres en termes de construction, mais également en termes d'exploitation annuelle des services publics (poste, ramassage des ordures, etc.). Ces gains économiques, que la mise en œuvre du projet fera économiser année après année à la puissance publique qui les finance, sont évalués et intégrés au bilan du projet (pour plus de détails, se référer au chapitre relatif à l'analyse des coûts collectifs induits par le projet).

c. *Préservation de 2 360 ha de l'urbanisation nouvelle à l'horizon 2030*

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France entre 2005 et 2030, avec et sans réalisation du programme Grand Paris Express, sont présentées dans les tableaux suivants. Ce scénario, qui prévoit notamment que la réalisation du Grand Paris Express peut être à l'origine d'une croissance supplémentaire d'environ 115 000 emplois et 50 000 habitants entre 2005 et 2030 (par rapport à la situation de référence), a été qualifié d'hypothèse « raisonnable » par le Conseil scientifique de la Société du Grand Paris.

Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France

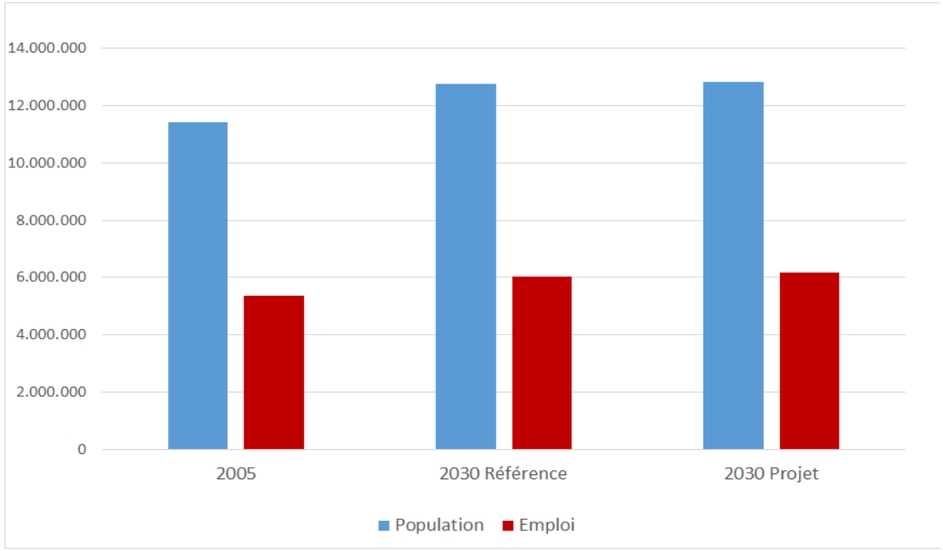
	2005	2030			
	Base[1]	Situation de référence[2]	Évolution par rapport à 2005	Situation de projet[2]	Évolution par rapport à 2005
Totaux en Ile-de-France					
Population totale	11 433 500	12 783 500	+ 1 350 000	12 833 500	+ 1 400 000
Emploi total	5 360 500	6 045 500	+ 685 000	6 160 500	+ 800 000

1 Source : données INSEE, 2005.

2 Source : cadrages du scénario central de croissance socio-démographique (« S1 »), 2014.

Globalement à l'horizon 2030, le réseau du Grand Paris Express devrait donc permettre de favoriser les créations d'emplois (+17% en situation de projet par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express) et d'attirer davantage d'habitants (+4% en situation de projet par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express) en Ile-de-France.

Cette croissance de la population et de l'emploi serait notamment concentrée dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.



Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi à l'horizon 2030 en Ile-de-France

La réalisation du Grand Paris Express est susceptible de créer une augmentation des migrations au profit de l'Ile-de-France d'ici à 2030, avec des différences de population et d'emploi en scénario de projet et scénario de référence.

Un double effet est donc observé à l'horizon 2030 :

- une augmentation des migrations en provenance de zones hors Ile-de-France ;
- une densification supplémentaire potentielle de ces populations au sein des territoires traversés par le tracé, par exemple autour des gares (sous réserve de mesures d'accompagnement adaptées).

Les résultats pour les deux indicateurs environnementaux à l'horizon 2030 sont présentés ci-après.

Indicateur n°1 : Consommation des espaces par l'urbanisation nouvelle d'ici à 2030.

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express favorise la densification à l'échelle de la totalité de l'Ile-de-France, grâce au maillage global apporté par le réseau. La contribution du projet Ligne 15 Sud à cette densification portant sur l'ensemble des territoires franciliens est estimée à environ 2 360 hectares préservés de l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Surfaces rurales consommées par l'urbanisation nouvelle dans le périmètre d'étude pour le scénario de projet et le scénario de référence à l'horizon 2030 (source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle (ha)	Différence Projet – Référence	Variation Projet – Référence
Globalement à l'horizon 2030 (part imputée à la réalisation du projet Ligne 15 Sud)	-2 360	↘

Indicateur n°2 : Coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle entre 2005 et 2024

A l'horizon 2030, la densification et la réduction des surfaces nouvellement urbanisées rendues possible par le projet Ligne 15 Sud permettrait d'éviter la construction d'approximativement 520 km de VRD liés à l'urbanisation nouvelle, par rapport au scénario de référence sans Grand Paris Express.

Coûts de viabilisation pour l'urbanisation dans périmètre d'étude pour le scénario de référence et le scénario de projet à l'horizon 2030 (Source : Stratec, 2014, à partir des hypothèses d'évolution démographique)

Longueur de VRD à construire pour l'urbanisation nouvelle (km)	Différence Projet – Référence	Variation Projet – Référence
Globalement à l'horizon 2030 (part imputée à la réalisation du projet Ligne 15 Sud)	-520	↘

d. <u>Cohérence avec les objectifs du SDRIF</u>

Le phénomène d'étalement urbain observé sur les deux dernières générations se traduit par une diminution de la densité des zones urbanisées et une dilatation de l'espace urbain vers la périphérie, au détriment de larges espaces naturels principalement agricoles. L'évaluation environnementale du Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF) estime que l'artificialisation des terres agricoles se réalise ainsi depuis 20 ans (1990-2008) en Île-de-France au rythme moyen de 1680 hectares par an. Ce phénomène d' « étalement urbain » peut avoir des conséquences multiples s'il est excessif. Les externalités négatives qu'il induit touchent notamment :

- le transport : allongement des déplacements, augmentation de la dépendance au véhicule particulier, augmentation de la congestion sur le réseau routier ;
- l'environnement : augmentation des surfaces artificielles, augmentation de la consommation de carburant, augmentation de la pollution de l'air et des nuisances sonores, consommation des espaces agricoles et naturels et pression sur les écosystèmes ;
- l'aspect social : accentuation de la fracture urbaine et des ségrégations sociales ;
- l'aspect économique : augmentation des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle.

Le SDRIF prévoit la limitation de l'étalement urbain et en particulier la limitation de la consommation des espaces verts, tels que les espaces agricoles, boisés et naturels. La mise en place d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le programme Grand Paris Express permet d'œuvrer dans ce sens. En améliorant significativement l'accessibilité

d'une partie du territoire, il crée la polarisation requise et rend possible la densification (habitants et emplois) à ses abords. Le projet offre donc une opportunité unique d'induire une urbanisation nouvelle, plus attractive et plus durable, à l'échelle du périmètre d'influence et au-delà, à laquelle contribueront, sur les territoires desservis par la Ligne 15 Sud, les Contrats de Développement Territorial (CDT) « Grand Paris Seine Ouest », « Campus Sciences et Santé », « Grandes Ardoines » « Boucles de la Marne » et « Grand Paris Est Noisy-Champs ».

e. Impacts à proximité des gare de la Ligne 15 Sud – densifications et création de commerces et de services

Les abords des futures gares du projet sont des zones à enjeux dans la mesure où :

- l'accessibilité en transport en commun sur ces territoires va être fortement (ou très fortement) améliorée, le degré d'amélioration dépendant de la desserte actuelle : cela aura des effets sensibles sur l'évolution du foncier et sur les opérations (démolition-reconstruction, rénovation, constructions) qui y auront lieu ;

- des opérations d'aménagement des territoires seront stimulées par le projet et viendront se greffer à la mise en œuvre des gares du Grand Paris Express : ces projets intensifieront les actions menées aujourd'hui dans le cadre des projets urbains et de logements.

Pour évaluer l'ampleur prévisible de l'évolution de l'occupation des sols aux abords des futures gares de la Ligne 15 Sud par rapport à une situation sans projet, une analyse qualitative été menée. Elle tient compte des critères suivants :

- Les modes d'occupation du sol actuels et l' « élasticité » des territoires ;

- La desserte actuelle en transports en commun et son degré d'amélioration apportée par le projet ;

- Les projets urbains d'envergure aujourd'hui arrêtés qui modifieront, avec ou sans projet, l'occupation des sols aux abords des gares d'ici à 2022.

Classification du potentiel d'évolution de l'occupation du sol à proximité des futures gares : gris foncé (très fort), gris clair (fort) et blanc (moyen).

Gares	Classification et commentaires au regard des projets d'aménagement en cours ou à l'étude autour des gares
Pont de Sèvres	La future gare s'inscrit dans un quartier caractérisé par d'importants chantiers, liés en grande partie au projet de requalification du quartier du Pont de Sèvres (entre l'avenue du Général de Gaulle et la rue du Vieux Pont de Sèvres). Hormis les quelques réserves foncières disponibles à proximité de la gare, la majeure partie du potentiel de densification réside dans la rénovation de bâtiments, au travers notamment du projet dans le quartier Pont de Sèvres.
Gare Issy RER	La future gare s'inscrit dans un quartier dense et résidentiel qui a connu une croissance de population et d'emploi importante (commune d'Issy-les-Moulineaux). Le quartier à proximité de la gare est occupé essentiellement par de l'habitat collectif et présente également un nombre important d'équipements. L'absence de réserves foncières disponibles limite les développements dans la zone et les opportunités de densification résident essentiellement dans la reconversion de bâtiments, notamment au sein de la ZAC Léon Blum.
Gare Fort d'Issy	La zone de proximité de la gare est un quartier résidentiel constitué majoritairement d'habitat collectif, et ayant connu une croissance de population et d'emploi importante (commune d'Issy-les-Moulineaux et Châtillon). Les opportunités de densification se concentrent essentiellement sur les quelques réserves foncières disponibles à proximité de la gare (environ 3.5 ha) et la reconversion de bâtiments.
Gare Châtillon – Montrouge	La future gare s'inscrit dans un quartier dense qui a connu une croissance de population et d'emploi importante (commune de Montrouge). La zone est caractérisée par de l'habitat essentiellement collectif et de larges emprises du secteur de transport ferré.
Gare Bagneux	La future gare s'inscrit dans un quartier dense et résidentiel, comprenant une majorité de logements collectifs. La zone est également caractérisée par des parts importantes d'équipements et de services. Les quelques tissus pavillonnaires offrent un potentiel de densification à plus long terme. Le secteur d'implantation de la gare correspond par ailleurs au périmètre de la ZAC Victor Hugo, projet urbain porté par la collectivité.
Gare Arcueil-Cachan	La zone de proximité de la gare est assez hétérogène, avec une majorité d'habitat, des équipements et des parcs et jardins. Le potentiel d'évolution de la zone se concentre autour de quelques emprises potentiellement mutables (moins de deux hectares).

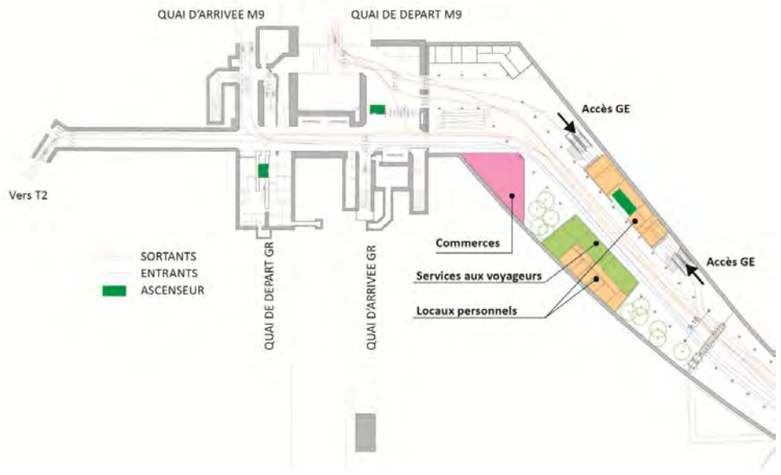
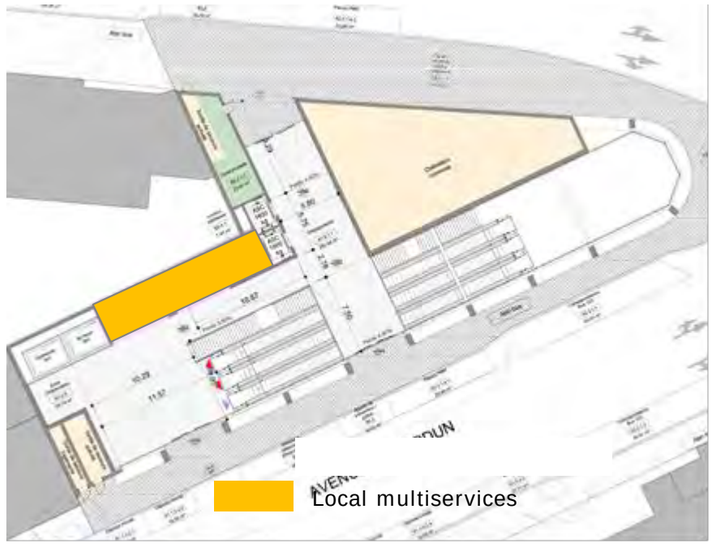
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy	La gare de Villejuif IGR s'implante dans un parc. Toutefois la zone de proximité de la gare est un quartier dense qui a connu une croissance de population importante (notamment sur la commune voisine du Kremlin-Bicêtre). Le quartier est composé majoritairement d'habitat (en grande partie individuel), d'équipements et de parcs et jardins. La zone se caractérise notamment par la présence du projet d'aménagement « Campus Grand Parc », conduit en procédure de ZAC, et qui vise à développer un campus urbain à vocation internationale, avec des activités de recherche dans les secteurs de la santé et des biotechnologies. Le secteur est actuellement relativement mal desservi par les transports en commun (uniquement en bus) et le projet apportera donc une amélioration significative de l'accessibilité de la zone, augmentant ainsi son attractivité.
Gare Villejuif L. Aragon	La future gare s'inscrit dans un quartier relativement dense et résidentiel. L'habitat y est majoritaire, avec un part importante de logements collectifs. La zone comprend également des équipements ainsi que des parcs et jardins.
Gare Vitry Centre	La zone à proximité de la gare représente un secteur résidentiel dense, laissant de fait peu de place à de nouveaux aménagements. Les opportunités de densification se concentrent donc essentiellement sur la reconversion de bâtiments. Dans le but de renouveler le bâti existant (principalement construit entre 1949 et 1975), le Plan Local Habitat de la ville fixe, à l'horizon 2017, des objectifs de production de nouveaux logements qui amènera une dynamique de construction à l'échelle de l'ensemble du territoire communal.
Gare Les Ardoines	La zone de proximité autour de la gare est un quartier peu dense, caractérisé par une forte présence des activités économiques et industrielles. Les emprises importantes liées aux activités ferroviaires, notamment des zones industrielles et logistiques, ainsi que les quelques terrains encore vacants, offrent des réserves foncières importantes. Les projets dans la zone (ZAC « Gare des Ardoines ») y prévoient notamment la création d'un nouveau quartier mixte.
Gare Le Vert de Maisons	La gare s'insère dans une zone assez hétérogène, avec une majorité d'habitat présentant des proportions semblables entre l'habitat collectif et individuel. La zone comporte également des activités économiques et industrielles. Le potentiel de densification dans la zone réside donc essentiellement dans la reconversion de bâtiments. Différents projets de renouvellement urbain actuellement en cours permettront de concrétiser ce potentiel (projet de Renouvellement Urbain Grand Ensemble, projet de Renouvellement Urbain Saint-Pierre – Toulon, projet de Renouvellement Urbain Langevin etc.)
Gare Créteil l'Echat	La zone à proximité de la gare se caractérise par une forte emprise routière et des parcs de stationnement. Le quartier regroupe également de nombreux équipements, essentiellement d'enseignement et de santé, ainsi que des bureaux. Le potentiel de mutation est donc limité dans la zone, et se concrétisera au travers de la requalification de certaines emprises.
Gare Saint-Maur Créteil	La zone de proximité autour de la gare est un quartier fortement résidentiel, avec une proportion importante d'habitations individuelles. Le quartier comprend également certains équipements, dont de nombreux équipements d'enseignement. Le tissu urbain actuel particulièrement dense limite les opportunités en termes de nouveaux projets à proximité immédiate de la gare.
Gare Champigny Centre	Le quartier autour de la gare est une zone mixte, avec une forte proportion d'habitats individuels. Le quartier comprend également des équipements d'enseignement et un cimetière. La future gare est située dans une zone encore mal desservie par les transports en commun : deux lignes de bus passent à proximité. Le projet apportera donc une amélioration significative de l'accessibilité de la zone, augmentant ainsi son attractivité.
Gare Bry Villiers Champigny	La zone de proximité de la gare est une zone peu urbanisée avec de nombreux terrains vacants. Le Sud de la zone est occupé par des activités économiques et industrielles. La zone présente donc un fort potentiel de densification. Une partie de ces réserves foncières font déjà l'objet de projets de développement, notamment au travers de diverses ZAC : Simonettes Nord et Sud, Marais de Gaulle, et Marne Europe. De plus, le projet de constitution d'un pôle multimodal d'envergure dans ce secteur améliorera significativement l'accessibilité et l'attractivité de la zone.
Gare Noisy-Champs	La zone à proximité de la gare est peu urbanisée et comprend de nombreux espaces verts, essentiellement des bois et forêts ainsi que des parcs et jardins.. Deux projets sont à noter dans la zone : la ZAC de la Haute Maison et le cluster « Ville durable » autour de la Cité Descartes.

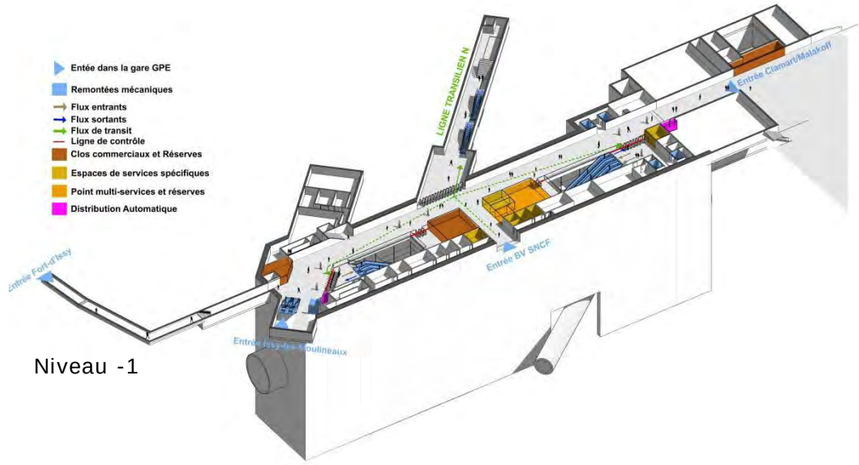
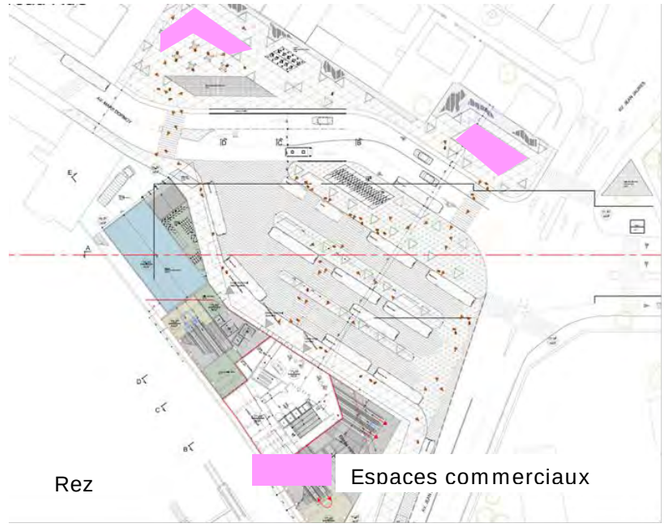
Par ailleurs, la gare n'est pas seulement une infrastructure utile en termes de mobilité, elle est aussi un espace de services aux voyageurs afin, qui participe à l'attractivité du territoire et soutient son développement.

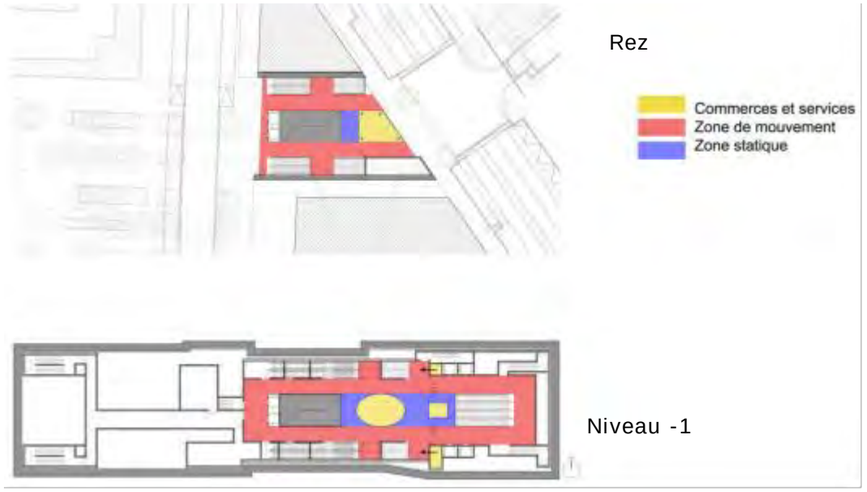
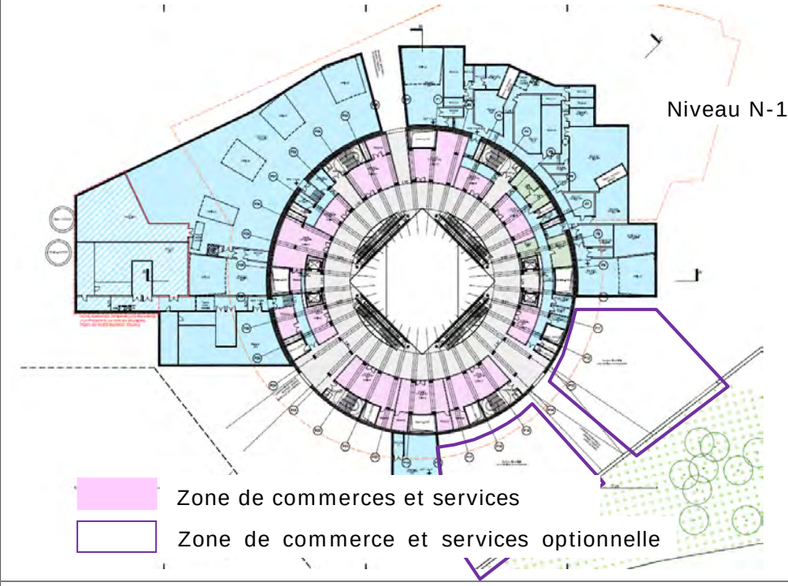
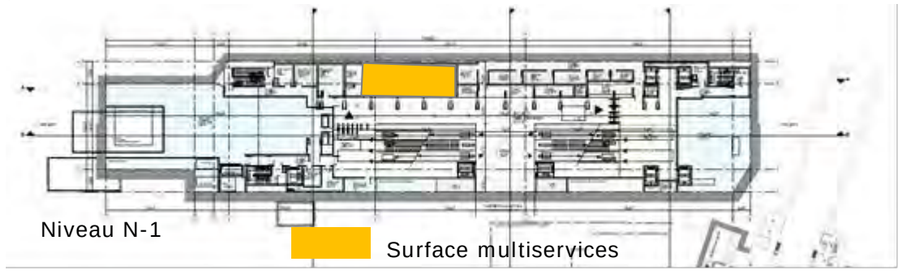
Le projet prévoit la construction de gares non seulement fonctionnelles mais offrant également selon les cas des espaces de services et des commerces en gare, à l'attention des voyageurs et des usagers du réseau de transport.

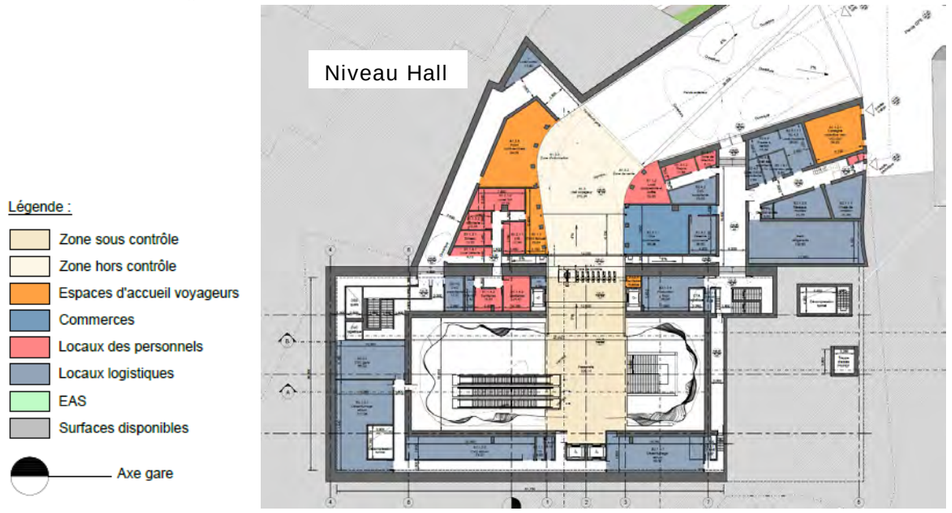
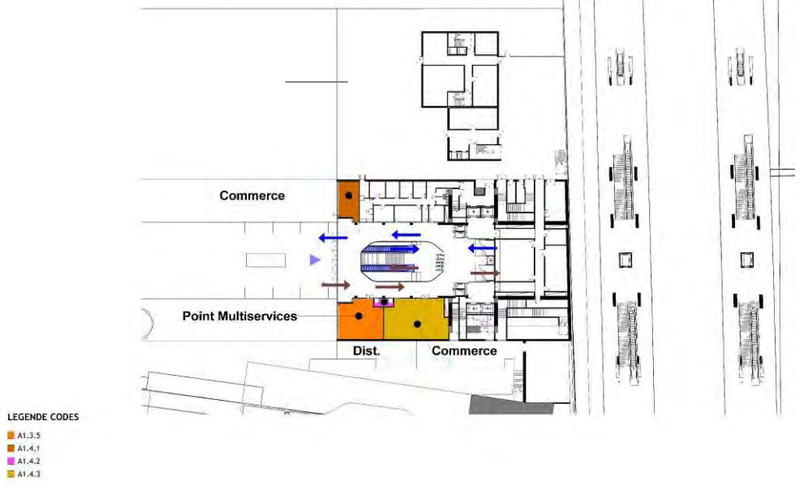
Les espaces dévolus à l'accueil de services aux voyageurs et de commerces en gare sont décrits dans le tableau ci-après.

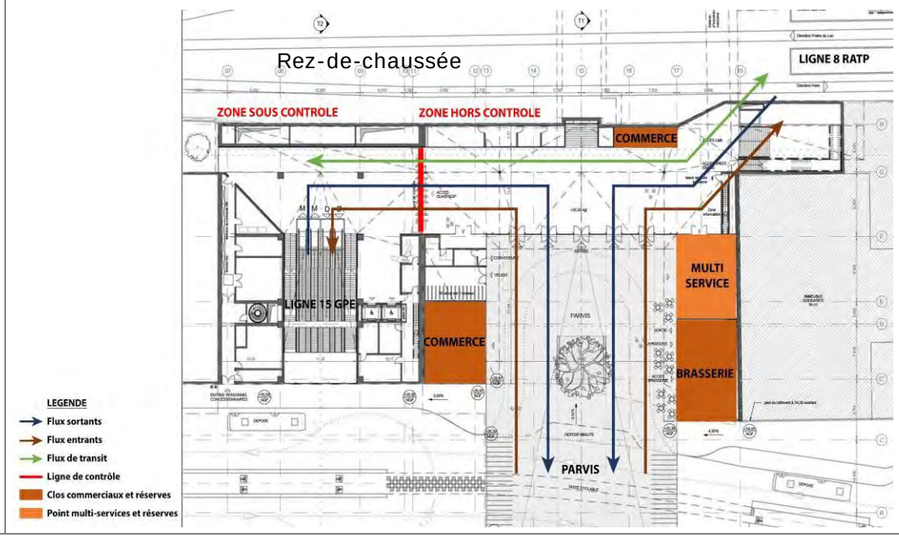
Espaces de commerces et de services au sein des futures gares

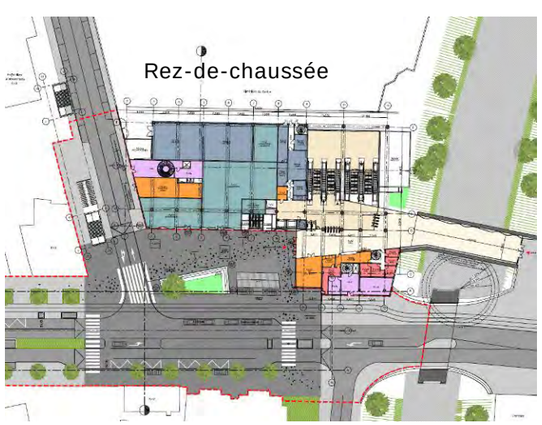
Gares	
Pont de Sèvres	La gare du Pont de Sèvres prévoit dans son hall de correspondances un emplacement pour un espace de commerce et un espace multiservices (260 m²) et une zone de services aux voyageurs (vente, info, accueil etc., 120m²). 
Gare Issy RER	Au niveau 0 (parvis), un local multiservices est prévu (50 m²). Des distributeurs automatiques seront installés au niveau des zones de transits voyageurs. Rez 

Gare Fort d'Issy	Des clos commerciaux sont prévus au niveau -1 (niveau Boulevard des Frères Vigouroux).  Niveau -1
Gare Châtillon – Montrouge	Des espaces commerciaux seront installés à l'extérieur de la gare (130m²), en rose sur la figure ci-dessous, sur le parvis entre l'avenue Marx Dormoy et l'avenue Jean Jaurès.  Rez

Gare Bagneux	La gare de Bagneux prévoit la création de surfaces dédiées aux commerces qui seront implantés au RDC et au -1. 
Gare Arcueil-Cachan	Les services et commerces sont implantés au rez-de-chaussée. 
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy	La gare de Villejuif IGR prévoit la création de surfaces commerciales ponctuelles et indépendantes au rez-de-chaussée (250m²) et d'une plus grande surface de commerces au niveau N-1 (780m²). Considérant la position privilégiée de la gare dans la ville, une extension conséquente de ses surfaces commerciales (1200m² supplémentaires) vers le parc pourrait être envisagée. 
Gare Villejuif L. Aragon	Au niveau -0,5 de la Gare Villejuif L. Aragon, un espace multiservice de 80 m² est prévu. 

Gare Vitry Centre	La gare de Vitry Centre proposera des espaces réservés aux commerces (110m²) avant la ligne de contrôle (RDC) ainsi que des distributeurs automatiques (5 m²). Des surfaces seront également destinées aux services aux voyageurs (150m²). 
Gare Les Ardoines	La gare des Ardoines proposera des espaces réservés aux clos commerciaux (40m²) destinés aux flux de voyageurs ainsi que des distributeurs automatiques (4). Des espaces de c Niveau Hall de RERC n seront également proposés (120 m²). Des surfaces seront également destinées aux services aux voyageurs (150 m²). 

Gare Le Vert de Maisons	La gare Le Vert de Maisons proposera un espace de commerce au rez-de-chaussée, à l'extérieur de la gare, ainsi que plusieurs surfaces destinées aux services aux voyageurs. 
Gare Créteil l'Échat	La gare de Créteil l'Echat proposera des espaces réservés aux clos commerciaux (410 m²) dont une brasserie ainsi que des distributeurs automatiques. Des surfaces seront également destinées aux services aux voyageurs (170 m²). Les surfaces commerciales ainsi que le point multi-services seront situés au RDC avant les zones sous contrôle. 

Gare Saint-Maur Créteil	La gare de Saint-Maur Créteil prévoit la création de surfaces commerciales ponctuelles et indépendantes au rez-de-chaussée (250m²). Rez-de-chaussée  Zone de commerces annexe Zone de services
Gare Champigny Centre	Dans le hall d'entrée de la Gare Champigny Centre, l'espace de vente, l'espace d'accueil et la zone d'information se déploient dans la continuité du point multi-services, regroupant ainsi les espaces de services associés, face à la ligne de contrôle.  Rez-de-chaussée Périmètre d'étude de reconstitution des espaces publics Zone sous contrôle Zone hors contrôle Équivalent EAS Locaux des personnels Locaux logistiques Commerces Surfaces disponibles Zone sous contrôle tiers Espaces d'accueil voyageurs Locaux techniques RFF / RATP

Gare Bry Villiers Champigny	La gare de Bry Villiers Champigny prévoit la création de 650m² de surfaces commerciales/services ponctuelles et indépendantes au rez-de-chaussée de la gare. Des espaces de services aux voyageurs seront répartis au RDC et aux niveaux -2 et -3. Rez-de-chaussée 
Gare Noisy-Champs	La Gare de Noisy Champs proposera 300 m² de surfaces commerciales ainsi 260 m² de services dédiés aux voyageurs. Ces surfaces seront réparties de façon ponctuelle et indépendante au rez-de-chaussée de la gare. Légende : Ligne de contrôle Point multi-services et réserves Clos commerciaux et réserves Espaces de services spécifiques Distribution automatique  Rez-de-chaussée

1.18.2.2 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Puisque les impacts du projet en phase d'exploitation relevés sont positifs, il n'y a pas lieu de mettre en place des mesures d'évitement ou de réduction, mais, au contraire, de mettre en place des mesures visant à maximiser les effets du projet.

a. Mesures d'optimisation

Le développement d'une infrastructure de transport en commun de l'envergure de celle du projet s'inscrit dans une stratégie politique de développement économique des territoires de l'Ile-de-France.

Il faut cependant noter qu'à lui seul, le projet ne peut assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du territoire ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Les bénéfices induits (indirects ou cumulés) présentés dans ce chapitre seront rendus possibles par la réalisation du projet, mais ils ne se produiront que si d'autres mesures « externes » (qui échappent aux compétences du maître d'ouvrage) sont mises en œuvre.

Ces mesures concernent le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et de la fiscalité et visent à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi tout en favorisant un renouvellement et une densification raisonnée du bâti, en particulier dans les quartiers pavillonnaires suburbains/périurbains qui constituent des réservoirs fonciers majeurs.

Il est donc essentiel que le projet soit intégré dans un programme d'aménagement du territoire, volontariste et partagé par les acteurs du territoire, intégrant des objectifs multiples :

- créer une capacité d'accueil appropriée à la croissance prévue de la population et de l'emploi ;
- créer des réseaux de transport de rabattement efficaces assurant de fortes améliorations d'accessibilité à tous les territoires desservis ;
- assurer un développement urbain respectueux de l'environnement et conforme aux objectifs du Grenelle de l'Environnement.

La mise en œuvre d'un tel programme d'aménagement du territoire se traduit notamment par la mise en place de Contrats de Développement Territorial (CDT) qui permettent aux collectivités territoriales associées à l'Etat d'élaborer un projet ambitieux pour leur territoire en termes d'urbanisme, d'économie, de transport et d'environnement. Les objectifs suivants sont notamment fixés par les cinq CDT à proximité du tracé du projet :

- Le CDT « Grand Paris Seine Ouest », rassemblant un total de 307 000 habitants et 166 000 emplois sur 32 km², fixe un objectif de construction de 2 000 logements neufs par an ;
- Le projet de CDT « Campus − Sciences et Santé », rassemblant un total de 8 communes soit 260 000 habitants et 90 000 emplois, fixe un objectif de construction de 1 700 logements par an pendant 15 ans ;
- Le CDT « Grandes Ardoines », rassemblant un total de 169 000 habitants et 48 000 emplois, fixe un objectif de 1 390 logements par an entre 2012 et 2018 ;
- Le projet de CDT « Boucles de la Marne » se focalise sur le développement économique afin de permettre un équilibre sur ce secteur entre habitat et emploi. Les collectivités s'engagent également à contribuer à l'effort métropolitain de production de logements sur ce territoire, mais il n'y a cependant pas encore d'objectif chiffré à ce stade ;
- Le projet de CDT « Grand Paris Est Noisy-Champs » concerne une population de plus de 90 000 habitants et de près de 40 000 emplois. Le CDT vise à renforcer ce territoire dans son rôle de pôle économique et urbain de l'Est parisien et à le positionner comme démonstrateur de la transition énergétique. Ce CDT prévoit la construction de 900 logements par an en moyenne pendant 15 ans.

b. Mesures de suivi dans le temps

En matière d'aménagement du territoire, il est nécessaire de suivre et d'évaluer la compacité du développement urbain à venir. Pour ce faire, deux outils existent :

- L'EVO MOS, ou Évolution du Mode d'Occupation du Sol, permet de spatialiser et de quantifier la surface rurale qui s'est urbanisée. Il existe pour les 30 dernières années. Son actualisation permettra d'apprécier l'évolution du phénomène d'étalement urbain.

- L'îlot MOS, qui existe aujourd'hui sur la base du recensement, définit le nombre de résidents à l'îlot.

En complément de ces outils, la Société du Grand Paris procède à la mise en place, avec ses partenaires, d'un dispositif qui permettra de faire le point régulièrement sur l'évolution localisée de l'emploi, de la population, des constructions de logements et de bureaux ainsi que des prix immobiliers, et de comparer ces évolutions avec les prévisions sous-jacentes aux évaluations du projet.

c. Coûts liés aux mesures d'accompagnement en réponse aux effets sur la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol

Les mesures d'optimisation consistent principalement en l'utilisation ou l'élaboration d'outils de planification, ce qui n'implique pas nécessairement de coûts directs et ne relève pas de la responsabilité du maître d'ouvrage.

1.18.3 Synthèse des impacts à l'échelle du projet

Le tableau page suivante présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Légende :

Pas d'enjeu	Enjeu faible	Enjeu modéré	Enjeu fort	
Pas d'impact	Impact faible	Impact modéré	Impact fort	Impact positif

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant la démographie, la population, les emplois et l'occupation du sol

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER *(Boulogne-Billancourt, Meudon, Saint-Cloud, Sèvres)*	Croissance démographique et crise du logement	La croissance de la population attendue n'est pas particulièrement prononcée dans ce secteur	Néant
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 482 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-107 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Les développements futurs relatifs à l'emploi ne se focalisent pas sur cette section	Néant
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant
Issy RER à Arcueil-Cachan *(Bagneux, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Montrouge, Vanves)*	Croissance démographique et crise du logement	Attraction d'habitants supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 857 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-190 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Les développements futurs relatifs à l'emploi ne se focalisent pas sur cette section	Néant
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Arcueil-Cachan à Vitry Centre *(Arcueil, Cachan, l'Haÿ-les-Roses, Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés)*	Croissance démographique et crise du logement	Développements démographiques importants prévus sur cette section notamment sur les communes du Kremlin-Bicêtre et de Cachan	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 311 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-69 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Attraction d'emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant
		Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une moins bonne accessibilité (notamment le quartier de la future gare de Villejuif IGR)	Néant
Vitry Centre à Champigny Centre *(Alfortville, Choisy-le-Roi, Créteil, Maisons-Alfort, Vitry-sur-Seine, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés)*	Croissance démographique et crise du logement	Attraction d'habitants supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes d'Issy-les-Moulineaux, Châtillon et Montrouge afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 396 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-88 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Attraction de nombreux emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Vitry Centre à Champigny Centre		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express.	Néant
Champigny Centre à Noisy-Champs *(Champs-sur-Marne, Emerainville, Noisy-le-Grand, Bry-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne)*	Croissance démographique et crise du logement	Les développements démographiques prévus sur cette section se concentrent sur les communes de Champs-sur-Marne, Emerainville et Villiers-sur-Marne qui verront leur population augmenter à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes d'Issy-les-Moulineaux, Châtillon et Montrouge afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 316 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-70 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Attraction de nombreux emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant
		Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une accessibilité moindre (notamment les quartiers des futures gares de Champigny Centre et Bry – Villiers Champigny)	Néant

1.19 Urbanisme réglementaire

Le décret 2014-1607 du 24 décembre 2014 a déclaré les travaux de la Ligne 15 Sud d'utilité publique et urgents.

Ce décret déclare également les documents d'urbanisme des communes concernées, POS ou PLU compatibles avec le projet.

L'analyse des impacts du projet sur les documents d'urbanisme n'a donc pas lieu d'être.

Pour les autres documents, cette analyse porte sur la compatibilité du projet aux documents de structuration de l'espace.

Cette analyse est présentée au chapitre 5 du présent document.

1.20 Risques Technologiques

Cette partie s'attache à décrire les impacts générés sur la Ligne 15 Sud par les installations industrielles dites « à risques » (ICPE hors Seveso et ICPE SEVESO) en phase chantier et en phase d'exploitation.

1.20.1 Rappel des enjeux

Les risques technologiques résultent de l'activité économique actuelle. Ils se matérialisent potentiellement par divers phénomènes dangereux tels que les incendies, les explosions, les radiations, et tout autre phénomène modifiant les propriétés physico-chimiques de l'environnement.

Les ICPE soumises à autorisation présentent un périmètre de risque limité (en général contenu dans les limites physiques de l'installation). Ainsi, les installations ICPE présentant de réelles contraintes sont celles situées en proximité immédiate des ouvrages (soit à une distance inférieure à 200).

Les installations SEVESO seuil haut, quant à elles, présentent des périmètres de vigilance plus larges (les effets dangereux sont ressentis à des distances plus importantes, en dehors du périmètre du site exploité), qui varient selon les caractéristiques de l'installation (sauf règlement spécifique).

L'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud fait la présentation illustrée de ce propos. Le lecteur s'y réfèrera en cas de besoin.

1.20.1.1 Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) – hors établissements SEVESO

En ce qui concerne la Ligne 15 Sud, il convient de noter que :

- Trente-trois ICPE (ICPE dont les activités peuvent interférer avec le développement d'un métro, voir l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud) se situent au sein du fuseau de 500m de la Ligne 15 Sud,

- Huit ICPE sont situées à moins de 200m d'un ouvrage du tracé de la Ligne 15 Sud.

1.20.1.2 Établissements classés SEVESO

Cinq établissements SEVESO sont situés dans un fuseau de 3km de la Ligne 15 Sud. Il s'agit :

- Du site DELEK France, classé SEVESO Seuil Haut, et situé dans le secteur de la gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine ;

- Du site Véolia Eau Ile de France, classé SEVESO Seuil Bas, et situé à plus de 500m du tracé de la Ligne 15 Sud sur la commune de Choisy-le-Roi ;

- Du site Véolia Eau Ile de France, classé SEVESO Seuil Bas, et situé à plus de 500m du tracé de la Ligne 15 Sud, sur la commune de Noisy-le-Grand ;

- Du site SIAAP, classé SEVESO Seuil Bas, et situé à plus de 500m du tracé de la Ligne 15 Sud, sur la commune de Valenton;

- Du site EDF CETAC, classé SEVESO Seuil Bas, et situé aux abords de l'OA Friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine .

NB : Le site Seveso DELEK France, détenu par le groupe TDR Capital LLP a changé de nom le 26 février 2015. Le site Seveso a ainsi été renommé European Forecourt Retail Group (EFR Group). Cette évolution est survenue au cours de la rédaction de la présente étude d'impact. Ainsi, le nom de DELEK France a été conservé et fait aujourd'hui référence au site rebaptisé EFR Group.

1.20.2 Impacts et mesures en phase chantier

Au regard du projet, plusieurs typologies d'impacts sont à envisager :

- Des impacts pour la sécurité du chantier vis-à-vis de sa proximité avec les activités à risque identifiées sur le territoire (ICPE ou SEVESO) ;

- Des impacts pour la sécurité du chantier en raison de la présence éventuelle d'ICPE temporaires sur les bases chantier et de l'acheminement des matériaux nécessaires au projet (exemple des centrales béton).

Ces deux aspects sont abordés successivement dans le présent chapitre.

1.20.2.1 Proximité d'installation classées avec les chantiers

a. Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

Comme précisé plus haut, trente-trois ICPE s'inscrivent au sein du fuseau de la Ligne 15 Sud. Seules certaines d'entre elles se situent à une distance inférieure à 50m d'une base de chantier :

- Le dépôt SNCF Montrouge, situé à moins de 50m de la gare de Châtillon-Montrouge sur la commune de Bagneux.

- L'Institut Gustave Roussy, situé à moins de 100m de la gare Villejuif Institut Gustave Roussy sur la commune de Villejuif,

- La chaufferie SCUC Echât Ouest, située à quelques dizaines de mètres de la gare de Créteil L'Echât sur la commune de Créteil,

- La chaufferie SCUC Echât Est, située à quelques mètres de la gare de Créteil l'Echât et du tunnel sur la commune de Créteil,

- Le CHU Henri Mondor, situé à quelques dizaines de mètres à l'est du tunnel sur la commune de Créteil,

- La chaufferie EDF située à moins de 100m de l'OA Friche Arrighi, sur la commune de Vitry-sur-Seine,

- Le site SANOFI AVENTIS, situé à proximité de la gare des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

- La société APIGS, située à quelques mètres du SMI de Vitry-sur-Seine.

En raison de la distance séparant le tunnel (et ses émergences) de la Ligne 15 Sud et les sites d'implantation des ICPE, l'impact est localisé sur cinq secteurs :

- Au niveau des alentours de la gare de Créteil l'Echât, et plus particulièrement de la chaufferie SCUC Echât Est au regard de sa forte proximité avec le projet (quelques mètres).

  Cette chaufferie sera déplacée avant le début des travaux de la gare de Créteil L'Echât.

  L'impact direct du projet sur la chaufferie SCUC est donc considéré comme modéré au niveau de la gare de Créteil L'Echât.

- Au niveau de la gare des Ardoines, du fait de la proximité du site SANOFI AVENTIS. D'après le zonage réglementaire, la gare se situe partiellement (partie au-dessus des voies ferrées) dans une zone d'effets indirects par bris de vitres. Il en est de même de l'Ouvrage spécial Friche Arrighi et de son poste de redressement.

  L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme modéré au niveau de la gare des Ardoines.

- Au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge, au regard de sa proximité avec le dépôt SNCF Montrouge. Par ailleurs, les activités du site ne constituent pas de risque important.

  L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme faible au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge.

- Au niveau du SMI de Vitry-sur-Seine, au regard de sa proximité avec le site APIGS. Par ailleurs, les activités du site ne constituent pas de risque important.

  L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme faible au niveau du SMI de Vitry-sur-Seine.

- Au niveau de la gare de Villejuif IGR, au regard de la proximité avec l'Institut Gustave Roussy. Par ailleurs, des activités sensibles sont menées au sein de l'institut.

  L'impact direct du projet sur les activités ICPE, et inversement, est donc considéré comme modéré au niveau de la gare de Villejuif IGR.

b. Canalisations de pétrole et de gaz

Les canalisations de pétrôle et de gaz haute pression impliquent des servitudes d'utilité publique relatives aux risques associés.

En application des articles R555-30 et R555-31 du code de l'environnement de l'arrêté du 5 mars 2014, les projets d'ERP de plus de 100 personnes doivent effectuer une analyse de compatibilité avec ces canalisations. Cette analyse est réalisé par leporteur de projet sur labase des éléments fournis par le gestionnaire de réseau lors des rencontres de concertation.

Au niveau de la ligne 15 sud, concernant :

- Les canalisations de transport de pétrole (TRAPIL) :

  - La gare des Ardoines se situe en proximité.d'une canalisation de ce type. Cette gare constitue un ERP concerné par la législation. Pour autant, le zonage réglementaire associé à la canalisation TRAPIL n'intercepte pas l'emprise de la gare.

- Le puits d'attaque tunnelier Friche Arrighi se situe quant à lui l'intérieur du périmètre létal mais ne constitue pas un ERP. Il n'est donc pas concerné par la rubrique en question.

- Les canalisations de transport de gaz (GRT Gaz) :

  - La gare de Pont de Sèvres est située en proximité d'une canalisationde ce type. Pour autant, le chapitre 1.7.1.1 indique que celle-ci sera abandonnée en 2016, soit avant la mise en service. La gare, bien que située dans le périmètre létal, n'est pas concernée.

  - La gare de Le Vert de Maisons se situe également dans le périmètre létal d'une canalisation de transport de gaz haute pression. Deux solutions ont été définies pour prendre en compte cette proximité. Ces solutions sont exposées dans le chapitre 1.7.1.1 de la pièce B3 du dossier. Ces mesures permettent la compatibilité du projet avec la proximité de la canalisation et doivent servir de support à l'analyse de compatibilité à produire.

c. *Installations SEVESO*

Les travaux réalisés dans le cadre de l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud ont permis d'identifier 5 sites SEVESO dont les caractéristiques sont brièvement rappelées dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques sommaires des sites SEVESO

	DELEK FRANCE à Vitry-sur-Seine	***EDF CETAC à Vitry-sur-Seine***	***Véolia Eau IdF à Choisy-le-Roi***	***Véolia Eau IdF à Noisy-le-Grand***	***SIAAP à Valenton***
Localisation	Situé à environ 250m de la gare des Ardoines, de l'OA Rue Gabriel Péri et à 200m de l'OA Friche Arrighi	Situé à environ 100m de l'OA Friche Arrighi Vitry	Situé hors du fuseau de 500m		
Seuil SEVESO	Seuil Haut	Seuil Bas			
Typologie de risques	Incendie, explosion, pollution principalement		Pollution principalement		
Protection réglementaire	PPRT[14], POI[15], PPI[16] Un zonage réglementaire aux abords du site contraint les aménagements urbains	POI, PPI Aucun des zonages réglementaires n'interdit la construction d'équipements aux abords du site			

<u>Nota</u> : Les activités font l'objet d'un POI et d'un PPI définissant les consignes de sécurité à adopter en cas d'incident majeur par les usagers et riverains des exploitations

<u>Le site Seveso Seuil Haut DELEK France</u>

Au niveau de la Ligne 15 Sud, le zonage réglementaire associé au site de DELEK France est en interaction avec la gare des Ardoines, l'OA Rue Gabriel Péri, l'OA spécial Friche Arrighi ainsi que le poste de redressement situé à côté.

La présentation du dépôt pétrolier DELEK France et du PPRT en projet associé est consultable dans l'état initial de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud.

L'élaboration du PPRT a été prescrite par arrêté préfectoral du 6 avril 2009. Le délai d'élaboration du PPRT a été **prolongé jusqu'au 31 mars 2015**, par arrêtés préfectoraux n°2010/6992 du 5 octobre 2010, n°2011/3240 du 3 octobre 2011, n°2013/1040 du 25 mars 2013 et n°2014/6997 du 3 octobre 2014.

En outre, l'arrêté n°2014/7081 du 13/10/2014 a porté ouverture de l'enquête publique du projet de PPRT. Celle-ci s'est déroulée du 3 novembre au 3 décembre 2014 inclus, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

Le PPRT a finalement été approuvé le 30 mars 2015 par arrêté préfectoral n°2015/765.

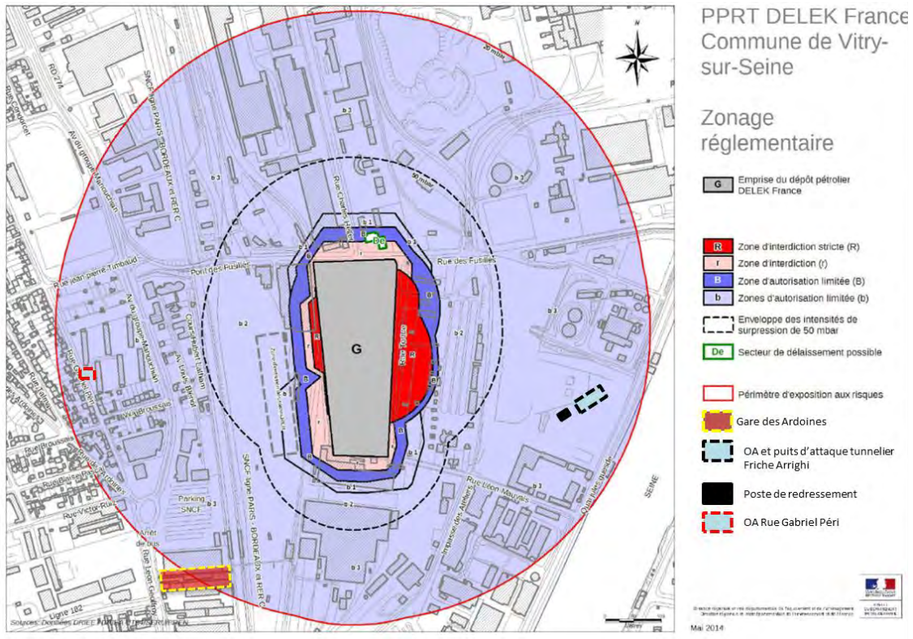
---

[14] *PPRT : Plan de Prévention des Risques Technologiques*
[15] *POI : Plan d'Organisation Interne de l'industriel*
[16] *PPI : Plan Particulier d'Intervention du Préfet*

En termes réglementaire, les interactions entre le PPRT en projet et les ouvrages de la Ligne 15 Sud concernés sont les suivantes:

- La gare des Ardoines soumise à la zone d'autorisation limitée « b3 » ;
- L'ouvrage spécial Friche Arrighi (qui offre une double fonctionnalité : démarrage de deux tunneliers (en phase travaux), et ouvrage de ventilation, désenfumage et accès de secours (en phase exploitation) et le poste de redressement à proximité, soumis à la zone d'autorisation limitée « b3 » ;
- L'ouvrage annexe Rue Gabriel Péri, soumis à la zone d'autorisation limitée « b3 ».

La zone « b3 » correspond, d'après le projet des enveloppes des intensités du PPRT, à une surpression de 20 à 35 mbars.



Interaction entre le zonage réglementaire du site DELEK France et les ouvrages de la Ligne 15 Sud (Source : PPRT de Vitry-sur-Seine)

<u>L'article 18 du Règlement du PPRT précise :</u>

« Article 18 – Projets nouveaux autorisés sous réserve : Sont admis sous réserve du respect de prescriptions constructives (résistance à des effets de surpression) :

- *les infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et à leur exploitation ;*
- *les établissements recevant du public (ERP) qui ne sont pas considérés comme difficilement évacuables ».*

La Ligne 15 Sud correspond à une infrastructure de transport. L'Article 18 du PPRT permet donc la construction et l'exploitation de celle-ci sous réserve du respect de prescriptions constructives.

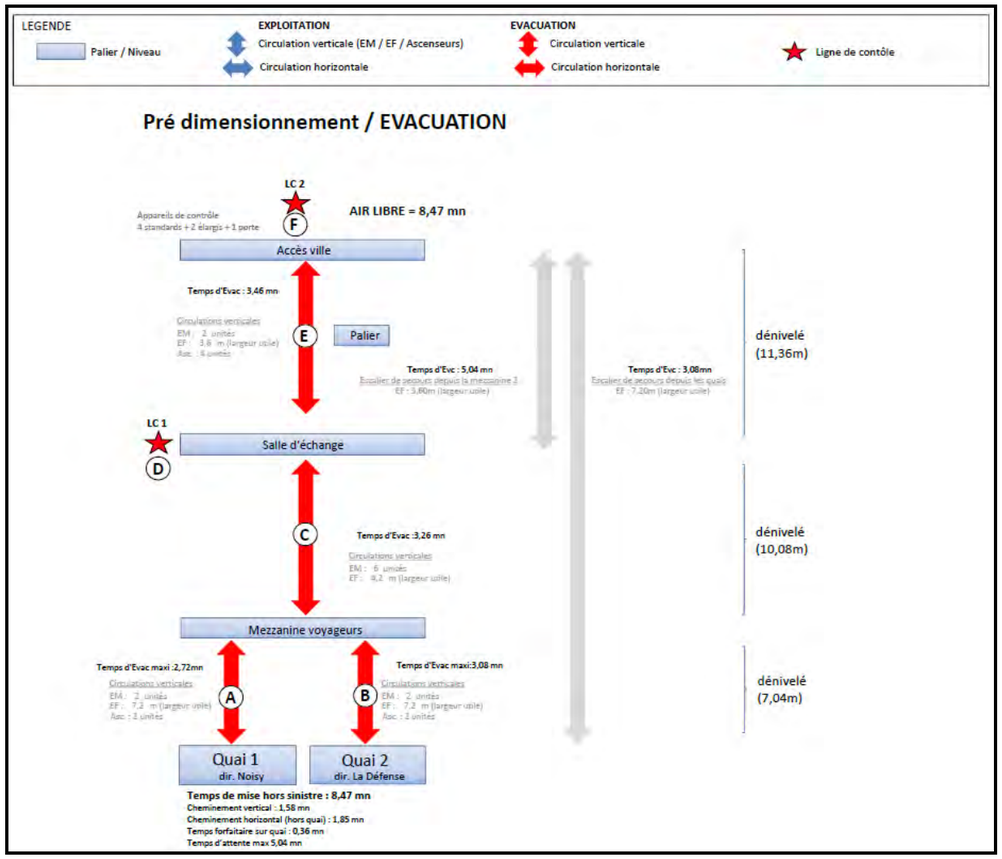
L'OA Friche Arrighi, son poste de redressement associé, ainsi que l'OA Rue Gabriel Péri correspondent aux équipements nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation de la Ligne 15 Sud. L'Article 18 du PPRT permet donc leur construction et exploitation sous réserve du respect de prescriptions constructives.

La gare des Ardoines, située sur la commune de Vitry sur Seine est bien un établissement recevant du public (ERP) de type « GA - Gares accessibles au public ».

Le dimensionnement et les caractéristiques de la gare ont été définis pour assurer la bonne évacuation des usagers. Les sorties, les éventuels espaces d'attente sécurisés et les dégagements intérieurs qui y conduisent sont aménagés et répartis de telle façon qu'ils permettent l'évacuation ou la mise à l'abri préalable rapide et sûre des personnes. Leur nombre et leur largeur sont proportionnés au nombre de personnes appelées à les utiliser. L'établissement dispose de deux sorties au moins conformément au Code de la Construction et de l'Habitation, Article R*123-7.

Elle est classée en fonction de son effectif de 1451 personnes en établissement 2ème catégorie de type GA avec activité de type M. Deux escaliers encloisonnés en 3UP permettent de dégager les voyageurs de chaque quai jusqu'à l'extérieur en 6,64 minutes. Le temps de sortie des quais est quant à lui de 3.08 minutes et de mise hors sinistre de 8,47 minutes.

Des espaces d'attente sécurisés sont aménagés aux deux extrémités de chaque quai et au niveau de la salle d'échange. L'espace des quais est isolé des espaces superposés, ce qui permet de protéger les circulations verticales regroupées dans le volume de la mezzanine.

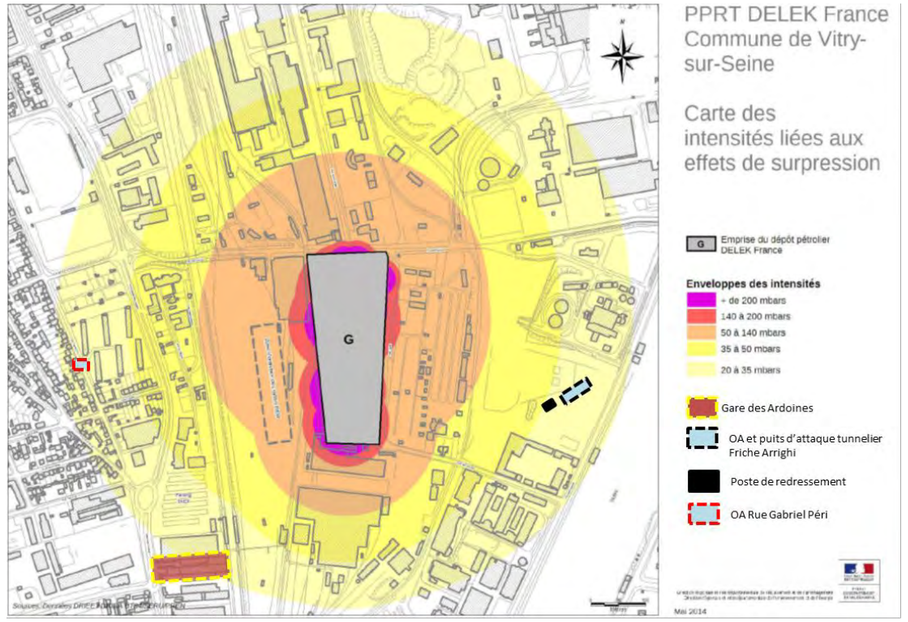


Le projet retenu permet d'assurer l'évacuation des usagers en moins de 10 minutes. La gare des Ardoines peut être considérée comme un « *ERP facilement évacuable* ». L'implantation de la gare des Ardoines de la Ligne 15 Sud est compatible avec les prescriptions du PPRT en vigueur.

En outre, le PPRT impose des prescriptions constructives :

*« Les projets, notamment les **vitrages**, doivent présenter des caractéristiques de nature à garantir leur résistance à des effets de surpression dont l'intensité, comprise entre 20 mbar et 50 mbar, est donnée par la « carte des intensités liées aux effets de surpression. Ces caractéristiques seront définies par une étude obligatoire et spécifique à la charge du maître d'ouvrage. »*

La carte des intensités liées aux effets de surpression est donnée ci-dessous :



Interaction entre la carte des intensités liées aux effets de surpression du site DELEK France et les ouvrages de la Ligne 15 Sud (source : PPRT de Vitry-sur-Seine)

En outre, le PPRT impose des mesures de consolidation sur les façades, en plus de la tenue aux charges climatiques. Ainsi, le PPRT impose aux murs rideaux de résister à une surpression de l'ordre de 35mbar.

Seul l'aléa de bris de glace impacte la gare des Ardoines et les Ouvrages Annexes présents dans le périmètre des effets de surpression du site DELEK France. De ce fait, les ouvrages sont peu impactés, et la prise en compte d'une surpression de 35mbar sera prise en compte au niveau des façades et des vitrages.

S'agissant des prescriptions constructives, le projet prévoit que les vitrages de la gare devront résister à une surpression de 20 mbars.

Le site Seveso Seuil Bas EDF CETAC

Concernant le site SEVESO seuil Bas EDF CETAC, la proximité avec l'OA Friche Arrighi et le poste de redressement constitue un point sensible. Si le site n'est pas pris en compte par le PPRT, l'impact ne peut pas être négligé au regard de l'activité du site et des risques associés : explosion, feu de cuvette, feu de passerelle, boil over, feu de nappe etc. En outre, un porté à connaissance des risques technologiques daté du 11 mars 2009 existe. Celui-ci s'accompagne de cartes d'aléas thermiques et de surpression.

L'Ouvrage Spécial Friche Arrighi est en effet situé dans la zone à risque de feu de nappe. Il est en dehors des zones à risque des autres phénomènes dangereux. La gare des Ardoines est quant à elle située hors de la zone de risque.

De manière générale, l'impact direct potentiel des installations SEVESO DELEK France et EDF CETAC sur le projet, en phase chantier, est fort. Il est localisé au niveau du secteur des Ardoines et porte sur la gare des Ardoines, l'ouvrage spécial Friche Arrighi et l'ouvrage annexe Rue Gabriel Péri.

1.20.2.2 Risque technologique lié aux activités de chantier

Certains des matériels et des produits utilisés sur les bases chantier relèvent de la nomenclature des ICPE de l'article R511-9 du code de l'environnement.

La liste complète des matériels[17] et produits qui seront effectivement utilisés n'est pas définie à ce jour. Quelle que soit cette liste, la réglementation relative aux ICPE sera appliquée aux bases chantier recevant des matériels et produits à risques.

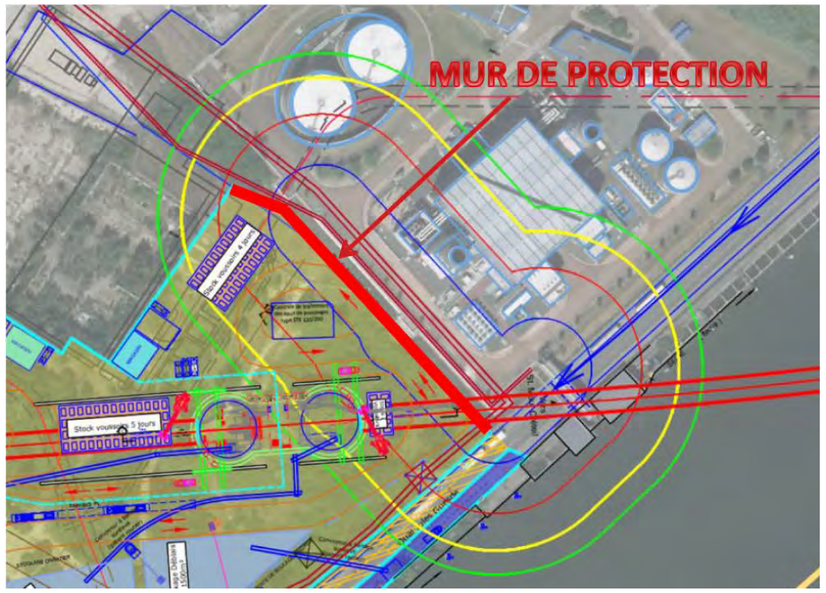
L'impact direct résultant de la présence d'ICPE sur les bases chantier sera donc pris en compte.

Il n'est pas quantifiable actuellement.

1.20.2.3 Mesures d'accompagnement

a. Mesures d'évitement et de réduction

- **Construction d'un mur provisoire** de 5m de hauteur durant la phase travaux, entre le site EDF CETAC et la Friche Arrighi.



Mur de protection entre l'OA Friche Arrighi et le site Seveso Seuil bas EDF CETAC (source: Société du Grand Paris)

Ce mur sera positionné en partie :

- Dans la zone d'effet de surpression 50-140mbar en cas d'explosion du bac R1 ;
- Dans la zone d'effet surpression 50-140mbar et en bordure de la zone 140-200mbar en cas d'explosion du bac R2 ;
- Dans la zone des effets de feu de cuvette ;
- Dans la zone des effets de feu de bac R2 ;

Des études techniques permettront de justifier de la résistance de ce mur aux effets de surpression d'explosion des bacs R1 et R2. Ces études seront menées en interaction avec EDF CETAC afin de répondre au mieux aux risques

- **Respect des prescriptions réglementaires d'exploitation** : les matériels et produits utilisés sur les bases chantier et relevant de la nomenclature des ICPE (article R511-9 du code de l'environnement) seront exploités dans le respect des prescriptions réglementaires données dans les arrêtés préfectoraux et ministériels d'exploitation.
- **Modélisation à l'ELU (Etat Limite Ultime)** de la contrainte liée à la surpression de 35mbar des murs rideaux de la gare des Ardoines.
- **Information et formation du personnel concernant les risques sur site** : Sur le même principe que les procédures de gestion de crise établies en cas d'inondation, les entreprises de travaux établiront des procédures de gestion de crise en cas d'accident et formeront leurs agents.

  Le personnel intervenant sur site sera formé :

  - A la prise en compte du risque existant dans les travaux quotidiens,
  - A la mise en œuvre de procédure d'urgence en cas de crise avérée.
- **Réalisation d'étude réglementaires ICPE** : En fonction des matériels et produits utilisés sur les bases chantier, la Société du Grand Paris mettra en œuvre les études réglementaires ICPE (autorisation, enregistrement, déclaration) nécessaires aux démarrages des travaux.

b. Mesures de suivi dans le temps

- **Entretien et maintenance des matériels et engins** : Les matériels et engins seront entretenus conformément aux prescriptions réglementaires données par les arrêtés préfectoraux et ministériels d'exploitation. Les contrôles périodiques réglementaires seront effectués sur les engins et installations concernés.
- **Contrôle des ICPE de chantiers par les inspecteurs de la DRIEE**, permettant de s'assurer que les règles d'usage des matériels et des produits utilisés sur les bases chantiers sont respectées.

1.20.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les risques technologiques

Les impacts en phase d'exploitation du projet correspondent à :

- La proximité entre la Ligne 15 Sud et les installations à risque ;
- Les incidents au sein de la Ligne 15 Sud ;
- La concomitance de la Ligne 15 Sud avec d'autres réseaux.

[17] Le matériel de construction permet la mise en œuvre d'un ouvrage (marteau piqueur, bétonneuse,…), à différencier du matériau de construction qui est partie prenante d'un ouvrage (béton, brique, parpaing…)

1.20.3.1 Proximité d'ICPE et sites Seveso avec le projet

L'impact direct correspond essentiellement à la présence d'activités à risque en proximité de l'infrastructure, c'est-à-dire à celles identifiées au sein de l'étude des impacts en phase chantier:

- Activités ICPE en proximité du tracé de référence :
  - SANOFI AVENTIS à Vitry-sur-Seine. Les effets du site SANOFI AVENTIS en cas d'accident pourraient potentiellement être perceptibles au niveau de la gare des Ardoines (notamment en cas d'explosion, la gare se situant dans une zone d'effets indirects par bris de vitres, ou en cas d'émanation toxique),
  - SCUC Echât Est à Créteil. Les effets de la chaufferie en cas d'accident pourraient potentiellement être perceptibles au niveau du tunnel et de la gare de Créteil l'Echat (notamment en cas d'explosion - accident rare sur ce type d'installation mais pouvant avoir des conséquences importantes).

    Pour autant, le déplacement prévu de la chaufferie permet de se prémunir de ce risque.
  - Le dépôt SNCF Montrouge à Bagneux. Les activités du dépôt SNCF ne peuvent a priori pas avoir de conséquences perceptibles au niveau de la gare de Châtillon-Montrouge.
  - La société APIGS à Vitry-sur-Seine. Les activités menées sur APIGS (traitement et revêtement de métaux et matières plastiques) ne peuvent a priori pas avoir de conséquences perceptibles au niveau du SMI de Vitry-sur-Seine.
- Sites SEVESO :
  - DELEK France (seuil haut). Les phénomènes dangereux susceptibles de survenir sur le site sont les explosion de bac, les explosions en milieu non confiné, les feux de nappe et le boil over en couche mince. Ces phénomènes pourraient potentiellement être perceptibles au niveau de la gare des Ardoines et du poste de redressement de la Friche Arrighi.
  - EDF CETAC. Les effets du site EDF CETAC en cas d'accident – notamment d'explosion – pourraient potentiellement être perceptibles au sein de l'ouvrage spécial Friche Arrighi et du poste de redressement. En effet, les principaux risques sont les effets indirects par bris de vitre.

<u>L'impact est donc fort concernant les installations ICPE et SEVESO</u>, certains périmètres de risques étant en interaction avec l'infrastructure. Ces impacts sont localisés au niveau de la gare de Créteil l'Echat, de la gare des Ardoines, de l'ouvrage spécial Friche Arrighi et du poste de redressement.

1.20.3.2 Incident et/ou accident au sein de la Ligne 15 Sud et atteintes

L'impact direct correspond à l'apparition d'un incident et/ou accident au sein même de l'infrastructure, nécessitant la mise en œuvre d'une procédure adaptée.

La présente étude d'impact n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 15 Sud.

Des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet permettront de définir l'ensemble des protocoles et procédures nécessaires au maintien de la sécurité des usagers et intervenants en phase d'exploitation.

1.20.3.3 Concomitance de la Ligne 15 Sud et des autres réseaux de transport de voyageurs en correspondance

Les incidents sur les installations des transports en commun en correspondance avec la Ligne 15 Sud sont généralement rares mais restent potentielles. Il peut s'agir (à titre d'exemple) :

- D'une alerte terroriste type « alerte à la bombe » ;
- D'un accident lié aux activités du réseau de transport concomitant ;
- D'un incendie.

Comme mentionné ci-dessus, la présente étude d'impact n'a pas pour vocation d'estimer les incidents et risques liés aux critères d'exploitation de la Ligne 15 Sud.

Des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet permettront de définir l'ensemble des protocoles et procédures nécessaires au maintien de la sécurité des usagers et intervenants en phase d'exploitation.

1.20.3.4 Mesures d'accompagnement concernant la phase exploitation

a. *<u>Mesures d'évitement et de réduction</u>*

- <u>Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance</u>

En cas d'évènement à risque survenu au sein sur la Ligne 15 Sud ou sur un système de transports en commun en correspondance avec la Ligne 15 Sud, les dispositions nécessaires devront être prises afin d'éliminer tous risques d'atteinte à la santé humaine.

Le but recherché sera :

- De limiter le système de transports de voyageurs en zone sécurisée,
- De fermer temporairement le système de transports de voyageurs et de procéder à un arrêt intégral si nécessaire.

Ces dispositions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet.

- <u>Intervention des services de secours</u>

En cas d'incident, une procédure d'intervention des services de secours sera mise en œuvre. Cette dernière ne pourra être effective que si le gestionnaire du réseau entretien une collaboration étroite avec les services du SDIS.

Les dispositions d'interventions seront prescrites au sein des dossiers de sécurité entrepris parallèlement à la conception du projet.

b. *<u>Mesures de suivi dans le temps</u>*

- Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents

Les mesures de suivi dans le temps du risque correspondent à l'entretien et la révision des engins de chantiers par un personnel qualifié. Cette mesure permettra de réduire au possible les incidents des machines.

1.20.4 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques

Synthèse des impacts et mesures concernant le risque technologique – phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Pont de Sèvres – Vitry Centre	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact faible au regard des activités des ICPE situées à proximité du tunnel et des émergences	<u>Réduction</u> Information et formation du personnel concernant les risques sur site Suivi dans le temps Entretien des engins de chantier <u>Suivi</u> Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents
Vitry Centre – Le Vert de Maisons	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact potentiel du site SANOFI AVENTIS sur la gare des Ardoines, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres	
	Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration	Impact fort, le zonage réglementaire du PPRT du site DELEK France intercepte la gare des Ardoines, la Friche Arrighi et son poste de redressement ainsi que l'OA rue Gabriel Péri (zonage b3) Proximité de l'installation EDF CETAC avec la Friche Arrighi et le poste de redressement ; interceptiona vec le zonage d'aléas thermiques et de surpression	
Le Vert de Maisons – Noisy-Champs	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact direct de la chaufferie SCUC L'Echât Est sur le tunnel et la gare de Créteil l'Echat Propagation de l'incident d'un site ICPE vers les bases chantier ou inversement	

Synthèse des impacts et mesures concernant le risque technologique – phase exploitation

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Pont de Sèvres – Vitry Centre	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Pas d'impact au regard de l'éloignement entre les sites et le tunnel et les émergences	<u>Évitement</u> Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance Intervention des services de secours <u>Suivi</u> Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents
Vitry Centre – Le Vert de Maisons	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact potentiel du site SANOFI AVENTIS sur la gare des Ardoines, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage	
	Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration intercepte la gare des Ardoines	Impact potentiel des sites SEVESO DELEK France et EDF CETAC sur la gare des Ardoines, la Friche Arrighi et le poste de redressement, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage	
Le Vert de Maisons – Noisy-Champs	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact potentiel de la chaufferie SCUC L'Echât Est sur le tunnel et la gare de Créteil l'Echat en cas d'accident Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage	

1.20.5 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les risques technologiques

1.20.5.1 Coûts liés aux mesures de phase chantier

Coûts des mesures – Phase chantier

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure
Limitation de la hauteur des constructions temporaires et des équipements et engins de chantier	Intégré aux phases d'études ultérieures
Mise à jour des plans de sécurité par les entreprises	Intégré à la gestion du chantier
Information et formation du personnel concernant les risques sur site	Intégré à la gestion du chantier
Gestion de deux situations de crise concomitantes	Intégré à la gestion du chantier
Conduite des études réglementaires (ICPE)	Variable selon la nature des installations et de la procédure : - Dossier d'autorisation - Dossier d'enregistrement - Dossier de déclaration
Sécurisation des travaux concernant le chantier sur l'OA Pistes-Orly	Intégré à la gestion du chantier
Entretien des engins de chantier	Intégré à la gestion du chantier
Contrôle des ICPE par les inspecteurs de la DRIEE	Non quantifiable, hors coûts associés au maître d'ouvrage

1.20.5.2 Coûts liés aux mesures de phase d'exploitation

Coûts des mesures – Phase exploitation

Dénomination de la mesure	Coût de la mesure
Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance	Intégré à l'exploitation de la Ligne 15 Sud
Intervention des services de secours	Intégré à l'exploitation de la Ligne 15 Sud
Gestion anticipée de deux situations de crise concomitantes	Intégré à l'exploitation de la Ligne 15 Sud
Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents	Non estimée et dépendance du matériel roulant retenu au stade du marché public associé

1.21 Mobilité

La mobilité des franciliens sera influencée de diverses manières par le projet de la Ligne 15 Sud, durant sa phase chantier mais surtout pendant sa phase d'exploitation. Pour rappel, les principaux enjeux de la Ligne 15 Sud en termes de mobilité sont une réduction de la part modale de la voiture en faveur des transports en commun, une diminution de la charge des différents réseaux (tant routier que de transport public) et une meilleure desserte des gares au niveau local (meilleure intermodalité) et global (liaison de banlieue à banlieue et en lien avec Paris).

Dans un premier temps l'analyse porte sur les impacts et mesures en phase chantier puis dans un second temps en phase d'exploitation. Enfin un zoom à proximité des gares et ouvrages annexes est effectué pour une analyse plus locale des différents aspects liés à la mobilité.

1.21.1 Impacts et mesures en phase chantier

1.21.1.1 Impacts directs et indirects

a. Impacts directs

Les emprises des chantiers constitueront autant d'obstacles ponctuels pour la circulation des voitures, des transports en commun de surface et surtout des modes actifs (vélo et piétons) plus sensibles aux déviations d'itinéraires. La suppression temporaire de places de stationnement est également susceptible d'impacter l'accessibilité des zones à proximité des chantiers.

Les chantiers auront également un impact sur la mobilité à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude principalement à cause du charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures.

L'intensité de l'impact sera fonction :

- du phasage du chantier et du planning. Les chantiers entrepris simultanément généreront des effets qui se cumuleront, voire s'amplifieront en fonction de leur localisation géographique ;

- des localisations des origines et destinations des matériaux. Plus les déplacements seront longs, plus le risque de perturber le trafic sera grand. Plus les itinéraires emprunteront des axes routiers congestionnés, plus l'impact sera prépondérant ;

- du mode de transport utilisé (en fonction des possibilités de recours au transport par la voie d'eau et par le rail, par rapport au réseau routier) ;

- des axes empruntés et des fenêtres temporelles.

Le schéma directeur d'évacuation des déblais, établi par le maître d'ouvrage détaille la stratégie retenue par la Société du Grand Paris à cet effet et permettra de limiter au maximum les nuisances. Des plans de circulation tenant compte des particularités locales de chaque zone de chantier permettront également de réduire les incidences.

Les impacts plus précis vis-à-vis de la mobilité seront analysés par ouvrage dans le point spécifique à ce sujet.

En ce qui concerne les incidences possibles des travaux de réalisation du projet sur le **réseau de transport en commun en exploitation** (lignes ferroviaires), la réalisation des ouvrages du projet situés à proximité des réseaux existants, en particulier celle des gares en correspondance avec les gares actuelles, présente des enjeux de deux ordres :

- garantir la stabilité et l'intégrité des ouvrages existants ;
- minimiser les incidences en phase travaux sur l'exploitation et la qualité de service des liaisons ferroviaires.

Dans certains cas, il pourra être nécessaire de prévoir des mesures de ralentissement des trains (donc des allongements de temps de trajet) aux abords des zones situées dans le périmètre d'influence des travaux du projet. Ces mesures, qui devraient rester ponctuelles et d'ampleur limitée, pourraient en particulier être mises en œuvre :

- sur les sections de voies situées à proximité immédiate des gares Grand Paris Express et de certains ouvrages annexes, pendant les phases de réalisation et d'excavation ;
- sur les sections de voies sous lesquelles passeront les tunneliers ;
- lors de la réalisation des ouvrages de correspondance entre les gares Grand Paris Express et les gares actuelles.

La réalisation des travaux du projet pourrait également conduire à des adaptations ponctuelles de desserte durant la période de chantier (modifications d'horaires, interruptions temporaires de circulation, etc.).

b. Impacts indirects

Les impacts indirects des chantiers représentent généralement des enjeux faibles. Ils concernent principalement les impacts socio-économiques dans certaines zones, liés à une diminution de l'accessibilité (par exemple la diminution de la fréquentation d'une zone commerciale suite à une baisse de l'accessibilité). Ces impacts sont généralement minimisés par la maîtrise des impacts directs des chantiers grâce à la mise en place de mesures adéquates (voir ci-dessous).

Interactions avec les autres chantiers

De manière similaire à l'effet cumulé que pourraient avoir les différentes emprises de chantier du projet, ces chantiers interagiront avec les autres petits ou grands chantiers qui seront entrepris simultanément dans la zone couverte par le fuseau d'étude.

En fonction de leurs plannings respectifs, les chantiers entrepris simultanément pourraient générer des effets qui se cumuleront, voire s'amplifieront en fonction de la localisation géographique.

Cette simultanéité et cette proximité géographique concernent avant tout les projets suivants :

- la ZAC Seguin – Rives de Seine (en cours/programmé)
- ZAC Léon Blum (à l'étude/annoncé)
- Ecoquartier de la gare (à l'étude/annoncé)
- l'Ecoquartier Victor Hugo(en cours/programmé)
- le prolongement de la ligne 4 entre Mairie de Montrouge et Bagneux (mise en service prévue fin 2019)
- ZAC Campus Grand Parc (en cours/programmé)
- ZAC Aragon (à l'étude/annoncé)
- ZAC Gare des Ardoines et développement du TZEN 5 (en cours, programmé)
- Requalification RD10, projet de TCSP Altival (à l'étude/annoncé)
- ZAC des Simonettes Nord (à l'étude)
- Projet urbain EPAMARNE (à l'étude).

A noter que d'après le calendrier de mise en service des projets ci-dessus, certains des chantiers devraient être terminés avant la mise en service de la Ligne 15 Sud ;

Pour plus d'informations sur ces différents projets et leur stade d'avancement, le lecteur se référera au chapitre : « présentation des projets connexes retenus pour l'analyse des impacts cumulés ».

Le phasage des travaux se fera donc en concertation avec les responsables de ces autres chantiers susceptibles d'interagir avec ceux du projet.

1.21.1.2 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

a. Circulation automobile

En ce qui concerne la circulation des voitures, les différents chantiers engendreront des modifications ou des coupures de certains axes. Les chantiers entraîneront également un charroi important de camions qui viendra s'ajouter au trafic actuel.

Comme évoqué précédemment, un schéma directeur d'évacuation des déblais a déjà été élaboré par le maître d'ouvrage afin d'assurer une réduction des impacts liés au charroi sur les circulations. Ce schéma directeur sera précisé, au fur et à mesure de l'avancement du projet afin de limiter au maximum les impacts. Le charroi nécessaire à l'évacuation des terres et à l'acheminement des matériaux de construction devra notamment être évalué avec plus de précision en collaboration avec les entrepreneurs du chantier.

A proximité des zones de chantier, de nombreux itinéraires seront temporairement modifiés durant les travaux. Pour éviter les détours importants qui pourraient être causés par ces changements d'itinéraires, un plan de circulation sera également mis en place.

b. Modes actifs

Les chantiers influenceront également les cheminements piétons à proximité. Ces cheminements seront maintenus ou déviés et les modifications seront adéquatement balisées en veillant à préserver les parcours des personnes à mobilité réduite.

La circulation des cyclistes sur la chaussée restera également sûre pendant la durée des travaux. Les revêtements seront gardés raisonnablement propres (enlèvement régulier des boues et des gravillons pour éviter les risques de glissade) et raisonnablement praticables sans danger. Un éclairage suffisant sera assuré.

c. Transports en commun

La Société du Grand Paris, le STIF ainsi que les exploitants et gestionnaires d'infrastructures SNCF-RATP se coordonnent pour évaluer les conséquences possibles des travaux de réalisation du projet sur l'exploitation des lignes ferroviaires et déterminer les dispositions à mettre en œuvre afin d'en assurer la planification en amont. Les natures, durées et périodes précises des dispositions qui pourront être mises en place seront établies en lien avec le phasage détaillé de réalisation des différents ouvrages du projet, dans le cadre d'études menées par SNCF et RATP en articulation avec la Société du Grand Paris.

Par ailleurs, les chantiers pourront également avoir un impact sur l'organisation et la circulation des lignes de bus pendant la durée des travaux : modifications d'itinéraires, déplacements de points d'arrêt, notamment. Afin de minimiser la gêne occasionnée aux voyageurs, des études seront menées par le STIF et les exploitants des lignes concernées, en lien étroit avec la Société du Grand Paris, afin d'évaluer, en amont des chantiers, les conséquences des travaux sur la circulation, la régularité et la qualité de service des lignes d'autobus, ainsi que pour prévoir l'ajustement de l'offre de transport au fur et à mesure de l'avancement des chantiers. Des actions de communication auprès des usagers des lignes seront mises en place pendant les travaux.

d. Stationnement

Concernant le stationnement, le maître d'ouvrage planifiera les travaux de manière à limiter au maximum la diminution du stationnement particulièrement dans les secteurs où celui-ci est le plus contraint.

e. Effets résiduels et mesures de compensation

Grâce à la mise en place de mesures adéquates de déviation et de sécurisation des itinéraires, les impacts résiduels des chantiers devraient être minimisés. Il n'y a donc pas de mesures de compensation spécifiquement prévues du point de vue de la mobilité.

f. Mesures de suivi dans le temps

- Observer le taux d'occupation du stationnement à proximité des gares impactées par le projet ;

- Observer la saturation des voies de détournement quand un axe est fermé du fait des chantiers.

Ces suivis, qui pourront être menés par les autorités et gestionnaires compétents en liaison avec le maître d'ouvrage, faciliteront une gestion dynamique du plan de circulation en fonction des dysfonctionnements observés.

g. Coûts associés aux mesures

Les coûts nécessaires à la mise en place d'un plan de circulation autour des zones de chantier, à l'entretien des voiries et trottoirs durant toute la phase des travaux ainsi que les coûts liés aux opérations de communication et de sensibilisation des riverains feront partie intégrante des coûts des chantiers. Ces coûts seront faibles à négligeables par rapport au coût total des chantiers (<0,1%).

Les coûts associés aux dispositions à mettre en œuvre sur le réseau ferroviaire existant pour garantir la bonne réalisation des travaux sont également intégrés au coût global de l'opération.

1.21.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation

Pour les besoins de l'évaluation du projet en phase d'exploitation par la Société du Grand Paris, le modèle de transport MODUS, développé et exploité par la DRIEA d'Ile-de-France, a été utilisé. Dans la perspective de fiabiliser les prévisions en disposant d'une fourchette de résultats, il a également été fait appel, de manière croisée, à d'autres outils de modélisation, en particulier le modèle GLOBAL développé et exploité par la RATP, ainsi que le modèle ANTONIN développé et exploité par le STIF. Le maître d'ouvrage a veillé à ce que les modèles utilisés soient systématiquement alimentés par des hypothèses et des données d'entrée identiques ou cohérentes entre elles.

Les éléments issus du modèle MODUS sont plus spécifiquement présentés dans les points suivants. Ils illustrent les effets du projet sur la structure des déplacements, la répartition modale et la fréquentation des réseaux de transport dans le secteur d'étude associé au projet « Ligne 15 Sud ».

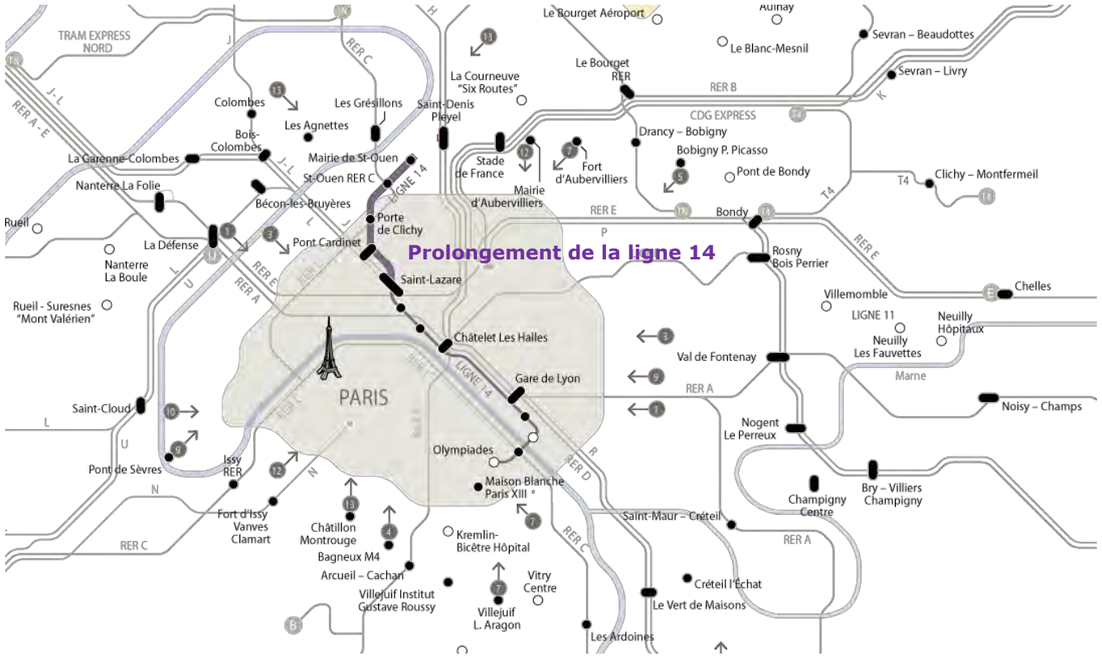
Les résultats de modélisation produits par MODUS ont également servi à alimenter en données d'entrée les volets « Énergie et émissions de gaz à effet de serre » ainsi que « Qualité de l'air » de la présente étude d'impact, garantissant ainsi la cohérence d'ensemble du jeu d'hypothèses utilisé par le maître d'ouvrage.

1.21.2.1 Impacts directs et indirects du projet à l'horizon de mise en service

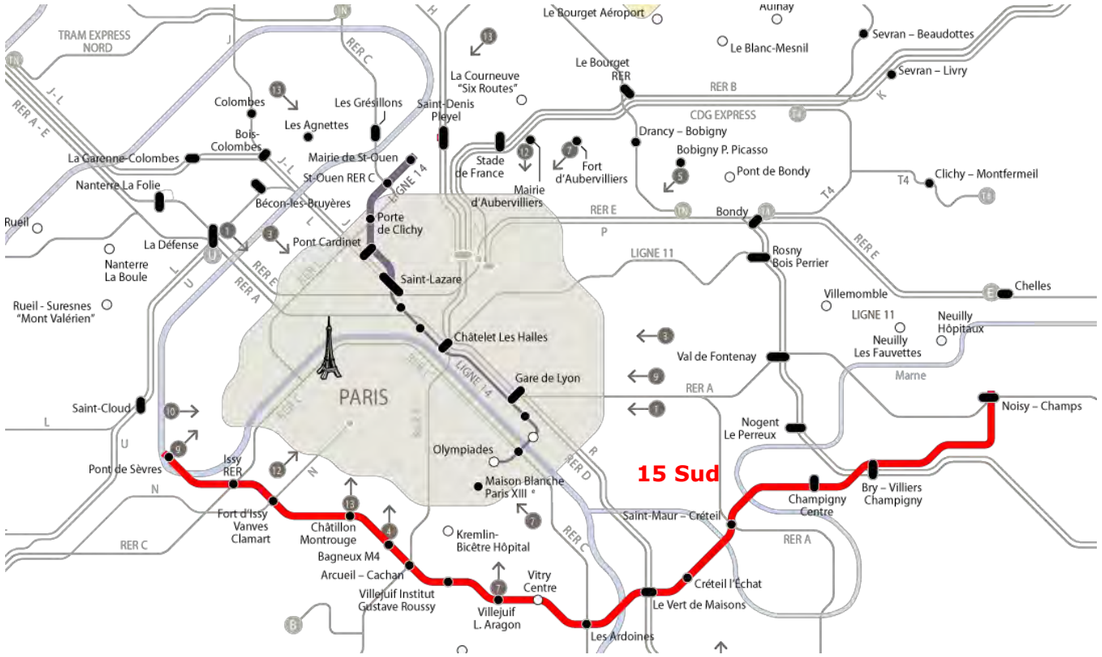
Les indicateurs présentés dans cette partie comparent la situation « avec projet » à la situation « sans projet », aussi appelée situation « de référence ». La situation de référence correspond à la situation optimisée la plus probable en l'absence de projet à l'horizon considéré. Pour tous les tronçons constitutifs du Grand Paris Express, la situation de référence est construite en prenant notamment en compte les tronçons du Grand Paris Express prévus pour être ouverts à l'exploitation à l'horizon de mise en service du tronçon considéré, à l'exception de ce dernier. En l'espèce, le tronçon Ligne 15 Sud étant le premier tronçon du Grand Paris Express à être mis en service, la situation de référence « sans projet » qui lui est ici associée à l'horizon de mise en service ne prend en compte aucun tronçon du Grand Paris Express.

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier les **impacts liés à la réalisation du projet « Ligne 15 Sud » à l'horizon de mise en service**.

REFERENCE 2022



PROJET 2022



Définition des situations avec et sans projet pour l'analyse des impacts du projet « Ligne 15 Sud » (horizon 2022)

Cette analyse est complétée par un **éclairage sur les impacts associés à la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble à l'horizon 2030**, pour les territoires concernés par la Ligne 15 Sud.

a. *L'offre en mobilité apportée par le projet*

Sur les seize gares de la Ligne 15 Sud, quinze offriront à terme une correspondance avec au moins une ligne ferrée structurante (RER, Transilien, Métro, Tramway) :

- Pont de Sèvres : métro M9 et tramway T2 ;
- Issy RER : RER C et M12 (projet) ;
- Fort d'Issy Vanves Clamart : Transilien ligne N ;
- Châtillon Montrouge : métro M13 et tramway T6 ;
- Bagneux M4 : métro M4 (projet) ;
- Arcueil-Cachan : RER B ;
- Villejuif Institut Gustave Roussy : métro M14 (projet, dans le cadre de la mise en œuvre du Grand Paris Express) ;
- Villejuif L. Aragon : métro M7 et tramway T7 ;
- Vitry Centre : tramway T9 (projet) ;
- Les Ardoines : RER C ;
- Le Vert de Maisons : RER D ;
- Créteil l'Echat : métro M8 ;
- Saint-Maur – Créteil : RER A ;
- Bry-Villiers Champigny : RER E (projet) ;
- Noisy-Champs : RER A et métro M16 (projet, dans le cadre de la mise en œuvre du Grand Paris Express).

La gare Champigny Centre sera quant à elle desservie par la Ligne 15 Sud, mais aussi par la ligne 15 Est en direction de Val de Fontenay, Rosny Bois-Perrier et Saint-Denis Pleyel.

De plus, la Ligne 15 Sud permettra de réduire les temps de déplacements en transport en commun :

- Entre Saint-Maur Créteil et Roissy : 45 minutes contre 1h05 aujourd'hui ;
- Entre Pont de Sèvres Créteil et Noisy-Champs : 35 minutes contre 1h05 aujourd'hui ;
- Entre Champigny Centre et Issy RER : 27 minutes contre 1h26 aujourd'hui ;
- Entre Vitry Centre et La Défense : 30 minutes contre 1h aujourd'hui.

b. *Incidences sur le report modal*

Le report modal se définit comme l'augmentation de la part modale[18] d'un mode alors que celle d'un ou de plusieurs autres modes diminue. Cette dernière est quantifiée le plus souvent en points de part modale gagnés ou perdus.

Le tableau ci-après présente le report modal induit par le projet, à l'horizon 2022 et par destination.

Évolution des parts modales selon les destinations, entre le projet et la référence, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen. Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec

Destination	Transports publics (points de %)	Automobile (points de %)
Paris	0,0	0,0
Seine-et-Marne	1,4	-1,4
Yvelines	0,8	-0,8
Essonne	2,6	-2,6
Hauts-de-Seine	0,6	-0,6
Seine-Saint-Denis	0,0	0,0
Val-de-Marne	1,1	-1,1
Val-d'Oise	0,0	0,0
Périmètre	0,5	-0,5
Total	**0,6**	**-0,6**

Les résultats montrent que la part modale des transports publics augmente, au total, de 0,6 point avec projet. Au contraire, la part modale de la voiture diminue de 0,6 point.

Les départements vers lesquels les parts modales évoluent le plus sont

- ceux desservis directement par la Ligne 15 Sud : la Seine-et-Marne, le Val-de-Marne et dans une moindre mesure les Hauts-de-Seine ;
- ceux desservis indirectement par connexion avec le réseau ferré existant : l'Essonne via les lignes de RER B, C et D et la Seine-et-Marne via le RER A et le RER E.

c. *Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun*

Ligne 15 Sud et Grand Paris Express :

A son horizon de mise en service, la Ligne 15 Sud aura une fréquentation qui s'établit entre 35 000 et 45 000 voyageurs à l'heure de pointe du matin (HPM). Ceci correspond à une fréquentation journalière se situant entre 250 000 et 300 000 voyages quotidiens en semaine.

Dans chaque sens de circulation, la charge de la ligne Pont de Sèvres – Noisy-Champs augmente progressivement à partir de son terminus de départ pour atteindre un niveau maximum en milieu de ligne, sur plusieurs intergares, avant de décroître progressivement jusqu'au terminus d'arrivée. La charge du tronçon reste toutefois assez homogène sur l'ensemble de la ligne. Le sens de circulation depuis Noisy-Champs vers Pont de Sèvres est le plus chargé à l'heure de pointe du matin. A l'horizon de mise en service, la charge maximale du tronçon est localisée à hauteur de la connexion avec le RER B, dans le secteur compris entre Villejuif et Bagneux. Elle s'établit entre 10 000 et 12 000 voyageurs en HPM.

A terme, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs fera partie de la ligne 15, au sein du réseau Grand Paris Express réalisé dans son intégralité (horizon 2030, à l'exception des sections Versailles – Rueil – Nanterre et Saint-Denis Pleyel – Colombes – Nanterre).

Au sein du réseau, la ligne 15 dans son ensemble représente alors 150 000 à 200 000 voyageurs prévisionnels en HPM. La moitié des voyageurs de la ligne 15 utilise le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs pour tout ou partie de leur déplacement à l'heure de pointe du matin, soit entre 75 000 et 100 000 voyageurs prévisionnels : cela représente 25% à 30% des voyageurs fréquentant le réseau Grand Paris Express à l'heure de pointe du matin.

[18] *C'est-à-dire le nombre de déplacements utilisant ce mode divisé par le nombre total des déplacements.*

A l'horizon 2030, les sections présentant les niveaux de charge les plus hauts de la ligne 15 sont situées entre Villejuif et Pont de Sèvres, ainsi qu'entre Saint-Denis Pleyel et La Défense (tant que la liaison entre Saint-Denis Pleyel, Colombes et Nanterre n'est pas réalisée). Dans le secteur compris entre Villejuif et Pont de Sèvres, en particulier, les modélisations réalisées établissent la charge maximale entre 25 000 et 28 000 voyageurs à l'horizon 2030.

Le tableau ci-après récapitule les caractéristiques d'utilisation du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs (fréquentation et charge maximale à l'heure de pointe du matin), aux deux horizons considérés ; il met le trafic prévisionnel à la mise en service du tronçon en perspective des niveaux atteints lorsque le réseau Grand Paris Express complet est réalisé :

Caractéristiques d'utilisation du tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs (fréquentation et charge maximale à l'heure de pointe du matin), aux deux horizons considérés

	Tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs	
	Fréquentation HPM	**Charge maximale HPM**
Horizon 2030	**75 000 à 100 000**	**25 000 à 28 000**
Horizon 2022 *Proportion de la prévision 2030*	**35 000 à 45 000** ***≈ 45%***	**10 000 à 12 000** ***40% à 45%***

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs fait partie des sections les plus chargées du réseau complet, du fait de la densité des territoires traversés et de son maillage avec l'ensemble des grandes radiales ferroviaires qu'il intercepte.

A l'horizon de mise en service du tronçon, sa fréquentation et sa charge prévisionnelle représentent environ 40% à 45% des valeurs atteintes à l'horizon 2030, lorsque le tronçon est intégré au reste du réseau Grand Paris Express.

A l'horizon 2030, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs est utilisé par 50% des voyageurs de la ligne 15 ou encore par 25% à 30% des voyageurs fréquentant le réseau Grand Paris Express, à l'heure de pointe du matin.

Autres lignes de transport en commun :

L'analyse de l'impact du projet montre que celui-ci aura un effet positif en matière d'allègement du trafic sur certaines lignes de transports en commun existantes, grâce aux itinéraires alternatifs qu'il rend possible, en particulier à l'heure de pointe du matin, qui correspond à la période de plus forte charge.

Le plus fort impact s'observe sur la fréquentation des lignes de métros M6 et M10 (respectivement -7% et -5%). Leurs tracés permettent de relier l'Est et l'Ouest de Paris, la Ligne 15 Sud offre donc ici un itinéraire alternatif permettant l'allègement de la fréquentation de ces lignes. Le tronçon le plus chargé de la ligne 6 à l'heure de pointe du matin connaît par ailleurs une baisse de fréquentation de plus de 12% par rapport à la situation de référence 2022 sans Ligne 15 Sud.

La fréquentation du tramway T3 à l'heure de pointe du matin diminue elle aussi significativement (de l'ordre de 6% pour la fréquentation totale de la ligne) par rapport à la situation de référence sans projet. La Ligne 15 Sud offre une possibilité d'itinéraire alternatif pour les déplacements en rocade entre Paris et la proche couronne, ou entre la proche couronne et la proche couronne, permettant l'allègement de la fréquentation du tramway T3.

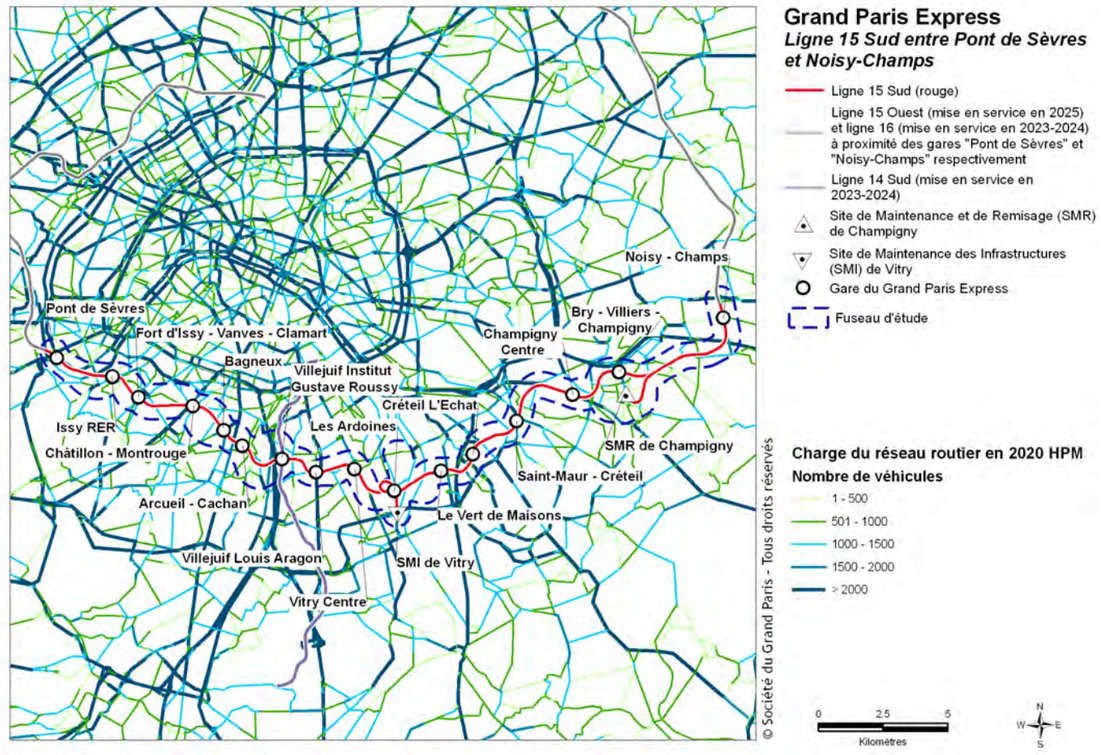
Enfin, la ligne de RER A est la ligne de RER bénéficiant de l'allègement le plus significatif : la réduction de la fréquentation du RER A (par rapport à la situation de référence sans Ligne 15 Sud) est notamment liée aux déplacements entre l'est et le sud de Paris, pour lesquels le projet de Ligne 15 Sud propose un itinéraire alternatif à partir de Noisy-Champs et de Saint-Maur - Créteil.

Cet allègement de la fréquentation des différents transports en commun a pour effet d'améliorer le confort des voyageurs par rapport à la situation de référence.

d. Incidences sur la charge du réseau routier

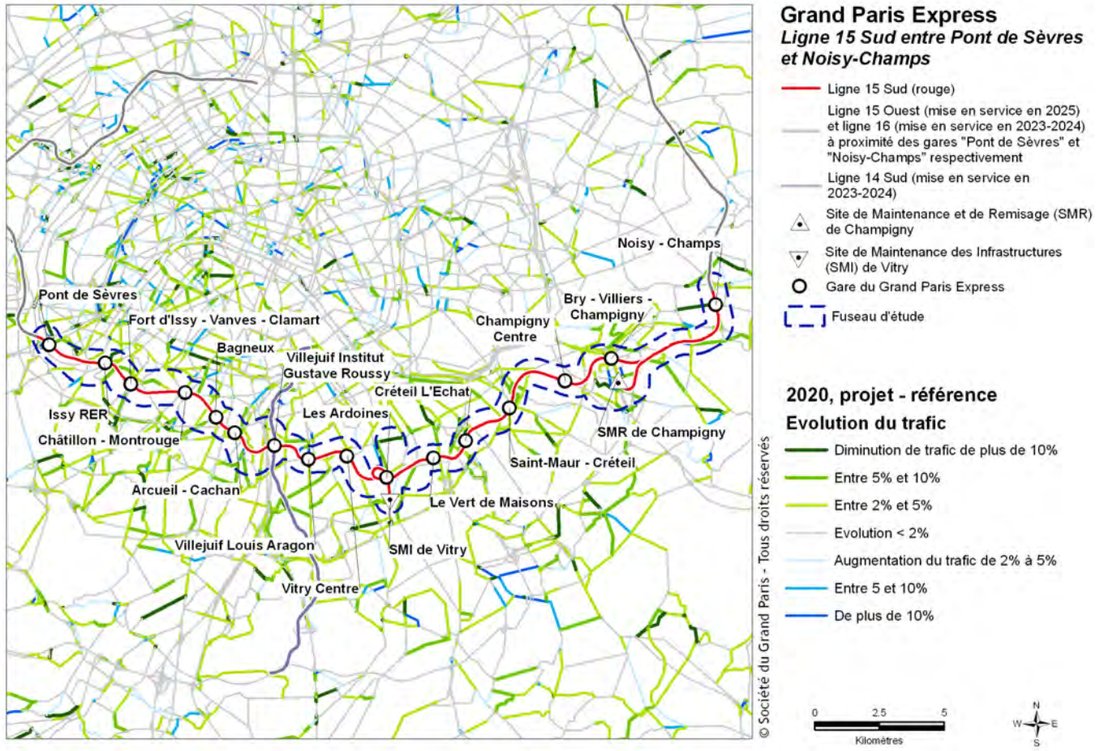
Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

- la charge sur le réseau routier à la pointe du matin, en 2022 et avec projet, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2022.



Charge sur le réseau routier en 2022, à l'heure de pointe du matin, avec projet (Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Les axes les plus chargés en situation avec projet restent les principales voies rapides que sont le Boulevard Périphérique et les autoroutes A4, A6 et A86, ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN6 et la RD4.



Différences de charge sur le réseau routier en 2022, entre les situations avec et sans projet (Source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

A l'échelle de l'Ile-de-France tout entière, le projet « Ligne 15 Sud » à l'horizon 2022 présente un impact modéré sur la saturation[19] des réseaux routiers : ainsi, le linéaire de voirie saturé à plus de 80%, pour l'ensemble de la région Ile-de-France, est quasiment stable en situation avec projet et sans projet à l'horizon 2022 (respectivement 2 333 km et 2 367 km, soit une réduction de 1,4%).

Le projet apporte toutefois une diminution de la circulation automobile dans le périmètre d'étude, exprimée en véhicules-kilomètres : une diminution de 9 141 véhicules-kilomètres est ainsi observée à la pointe du matin, soit une réduction de 1,9% par rapport à la référence.

Enfin, un éclairage complémentaire sur l'effet global du Grand Paris Express en matière de saturation routière à l'horizon 2030, par rapport à une situation de référence n'intégrant aucun tronçon du Grand Paris Express, est présenté à la fin de la présente partie.

e. *Impacts indirects du projet sur le confort et la régularité des transports en commun*

L'amélioration de l'accessibilité induite par le métro aura également un impact indirect sur le bien-être des voyageurs des autres lignes. En effet, la réduction de la charge maximale sur les lignes entre situation de référence et situation de projet contribuera à améliorer la régularité de ces lignes par rapport à la situation de référence. Cet effet bénéficie aux voyageurs qui utilisent les lignes de RER en situation de projet, non seulement en termes de gains de temps mais également de bien-être.

[19] *Le niveau de « saturation » d'un segment de voirie se définit comme le ratio entre la charge observée et la capacité de la voirie.*

1.21.2.2 Impacts directs et indirects du projet au sein du réseau global à l'horizon 2030

Cette partie vise à apprécier l'impact de la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble sur les déplacements dans le secteur géographique directement concerné par la réalisation du projet soumis à l'enquête (Ligne 15 Sud). Cette partie est donc complémentaire de la précédente, qui s'attachait à décrire les impacts sur les déplacements du projet soumis à l'enquête, à son premier horizon de mise en service.

Dans cette partie, la situation « avec projet » correspond ainsi à la configuration de réseau prenant en compte l'ensemble des tronçons du Grand Paris Express mis en service à l'horizon cible 2030 ; la situation « sans projet » correspond à une situation théorique dans laquelle *aucun* des tronçons du Grand Paris Express ne serait réalisé à l'horizon 2030.

Les éléments présentés ici permettent donc d'apprécier plus généralement les impacts, sur le périmètre d'étude du projet, liés à la réalisation du programme du Grand Paris Express.

a. *L'offre en mobilité apportée par le projet*

A l'horizon 2030, le projet s'inscrit dans une offre en transports publics davantage développée qu'en 2022. La quasi-totalité du Grand Paris Express (hors sections Versailles – Rueil – Nanterre et Saint-Denis Pleyel – Colombes – Nanterre) sera ainsi en service.



Carte de situation du tronçon par rapport au réseau de transport public en 2030 (source : Société du Grand Paris)

A l'horizon 2030, la Ligne 15 Sud offrira ainsi des liaisons supplémentaires vers les autres tronçons du Grand Paris Express :

- À la gare Pont de Sèvres : la ligne 15 se poursuit à l'Ouest, vers La Défense et Saint-Denis Pleyel.
- A la gare Villejuif Institut Gustave Roussy : correspondance avec la ligne 14 prolongée au Sud jusqu'à l'aéroport d'Orly (avec correspondance pour la ligne 18).

- A la gare de Champigny Centre : le tronçon Ligne 15 Est (jusqu'à Saint-Denis Pleyel) dessert également cette gare.
- A la gare de Noisy-Champs : correspondance avec la ligne 11 prolongée et la ligne 16.

b. *Incidences sur la demande en déplacements tous modes*

L'offre apportée par le Grand Paris Express a des impacts significatifs sur la mobilité à l'échelle du périmètre d'étude. Les tableaux qui suivent présentent l'évolution du nombre de déplacements ayant leur origine dans le périmètre d'étude selon le mode (tous modes ou transports publics) et le département de destination.

Globalement, le nombre total des déplacements émis par la zone d'étude entre la référence et le projet connaît une croissance relativement importante de +2,6%.

Cette augmentation du nombre de déplacements n'est cependant pas homogène entre les départements puisqu'elle s'étend d'une quasi stagnation vers paris (-0,3%) à une augmentation fortement marquée vers les destinations desservies directement par la Ligne 15 Sud ou indirectement via les autres tronçons du Grand Paris Express ou par connexion avec le reste du réseau ferré. Ainsi, la Seine-Saint-Denis et la Seine-et-Marne desservies via la Ligne 16 du Grand Paris Express et les connexions avec les lignes de RER A, B et E voient le nombre de déplacements issus du périmètre d'étude augmenter de respectivement +12,2% et +13,8%. Les déplacements vers l'Essonne desservie indirectement via les lignes de RER B, C et D, ainsi que la Ligne 14 Sud et la Ligne 18 du Grand Paris Express augmentent, quant à eux de +12,4%. Pour les Hauts-de-Seine, le Val-de-Marne et les Yvelines, les augmentations restent plus modérées.

Évolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements tous modes, débutant dans le périmètre d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Nombre de déplacements en référence	Évolution entre le projet et la référence
Paris	480 000	-0,3%
Seine-et-Marne	108 000	13,8%
Yvelines	121 000	3,7%
Essonne	115 000	12,4%
Hauts-de-Seine	259 000	4,7%
Seine-Saint-Denis	139 000	12,2%
Val-de-Marne	360 000	4,9%
Val-d'Oise	28 000	0,3%
Périmètre	2 605 000	1,2%
Total	**4 217 000**	**2,6%**

L'évolution des déplacements issus du secteur d'étude pour l'horizon 2030 montre ainsi la réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble tend d'abord à favoriser les déplacements transversaux de banlieue à banlieue depuis le territoire d'étude (augmentation du nombre de déplacements vers les départements de proche et moyenne couronnes) sans influencer de manière importante les déplacements à destination de Paris.

Dans le cas particulier de la Ligne 15 Sud, les résultats montrent également un renforcement des déplacements radiaux entre le périmètre d'étude et l'Essonne qui est dû à l'amélioration de l'accessibilité entre ces territoires réalisée de manière indirecte via les nombreuses connexions entre la Ligne 15 Sud et les lignes radiales (Ligne 14 Sud et Ligne 18 du Grand Paris Express, lignes de RER B, C et D).

c. *Incidences sur la demande en déplacements en transports en commun*

Le nombre de déplacements en transports publics débutant dans la zone d'étude augmente avec projet (+10,9%). Cette augmentation est d'autant plus marquée vers les départements de proche et grande couronne, les différents tronçons du Grand Paris Express contribuant en particulier à faciliter les déplacements de banlieue à banlieue en transports en commun depuis le secteur d'étude.

Évolution entre le projet et la référence de la répartition des déplacements en transports publics, débutant dans le périmètre d'étude selon leur destination, un jour ouvrable moyen, en 2030 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Nombre de déplacements en référence	Évolution entre le projet et la référence
Paris	205 000	-0,2%
Seine-et-Marne	25 000	42,6%
Yvelines	37 000	12,6%
Essonne	31 000	32,8%
Hauts-de-Seine	85 000	12,4%
Seine-Saint-Denis	53 000	30,8%
Val-de-Marne	90 000	11,8%
Val-d'Oise	16 000	5,9%
Périmètre	312 000	9,3%
Total	**855 000**	**10,9%**

d. *Incidences sur le report modal*

Comme le montre le tableau suivant, le report modal induit en faveur des transports publics est de l'ordre de 1,6 point. La part modale des transports en commun augmente le plus fortement à destination de la Seine-Saint-Denis (+6,3 points), de la Seine-et-Marne (+5,9 point) et de l'Essonne (+4,9 points). Ce sont aussi vers ces départements que la part modale de la voiture diminue le plus fortement.

Évolution des parts modales selon les destinations, entre le projet et la référence, pour les déplacements débutant dans la zone d'étude, un jour ouvrable moyen, en 2030
(source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Destination	Transports publics (points de %)	Automobile (points de %)
Paris	0,1	-0,1
Seine-et-Marne	5,9	-6,1
Yvelines	2,6	-2,9
Essonne	4,9	-4,9
Hauts-de-Seine	2,4	-2,2
Seine-Saint-Denis	6,3	-5,9
Val-de-Marne	1,6	-1,2
Val-d'Oise	3,2	-3,2
Périmètre	1,0	-0,1
Total	**1,6**	**-0,6**

e. *Incidences sur la fréquentation des réseaux de transports en commun*

En matière d'utilisations globales, la fréquentation des réseaux de RER, Transilien, tramway et métro est réduite sur certaines sections lorsque le réseau Grand Paris Express est réalisé, du fait des reports de voyageurs depuis le réseau classique : certains itinéraires deviennent en effet plus rapides et plus directs pour les déplacements qui ne nécessitent pas de transiter par Paris. Les baisses de fréquentation par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express peuvent atteindre 10%.

Les lignes qui profitent le plus de cet allègement de leur trafic avec la mise en service du réseau Grand Paris Express sont les RER A, B et E, de même que les sections centrales des lignes de métro maillées au nouveau réseau. Il est observé un résultat similaire avec les lignes Transilien sur les sections comprises entre les points de maillage avec le réseau du Grand Paris Express en rocade et leur terminus dans Paris.

L'analyse des charges maximales permet d'apprécier l'effet attendu localement sur les sections les plus sollicitées de chaque ligne. Par rapport à une situation de référence sans Grand Paris Express, les charges maximales sont généralement réduites sur l'ensemble des lignes.

Les diminutions les plus importantes sont observées sur les lignes proposant des itinéraires de banlieue à banlieue, soit en rocade comme les tramways, soit en radiales traversantes comme les RER ou le métro. Ainsi, sur le RER A, la réduction de la charge maximale du tronçon central s'établit entre -15% et -20% par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express.

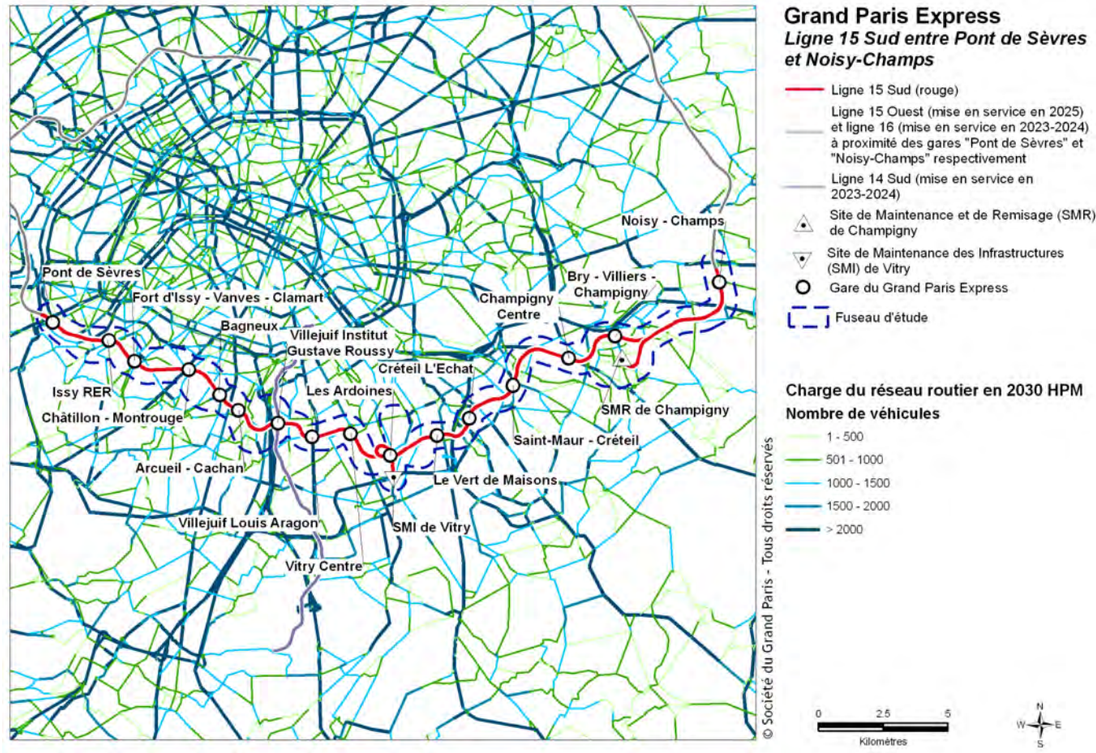
Sur le métro, les effets de réduction de la charge maximale concernent de nombreuses lignes, principalement celles qui sont en correspondance avec le projet. La diminution de la charge maximale est notamment comprise entre 10% et 20% pour les lignes 4, 6, 7, 9 et 13, à l'intérieur de Paris.

f. *Incidences sur la charge et différence de charge du réseau routier*

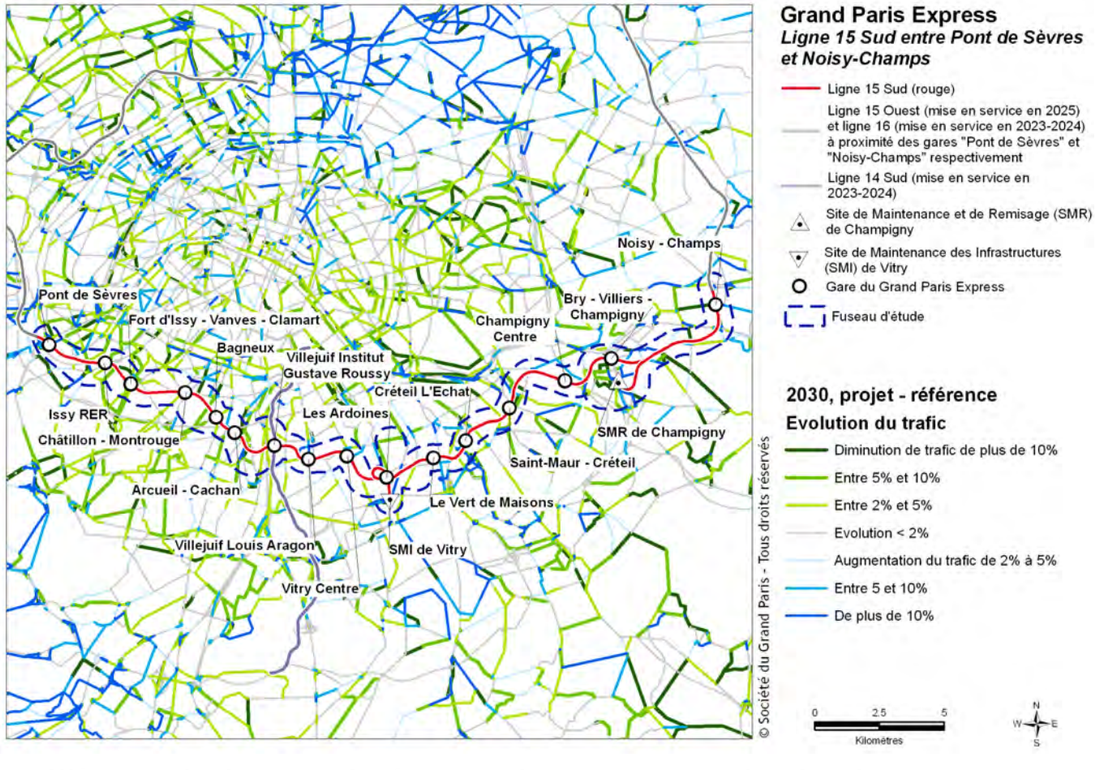
Les deux cartes ci-après présentent respectivement :

- le réseau routier chargé à la pointe du matin, en situation avec projet à l'horizon 2030, à proximité du périmètre d'étude ;
- les augmentations et les diminutions de charge sur le réseau routier entre la situation avec projet et la situation de référence sans projet, à l'horizon 2030.

Comme c'est le cas à l'horizon 2022, les voies qui présentent les charges les plus importantes à l'horizon 2030 sont le Boulevard Périphérique, les autoroutes A4, A6 et A86 ainsi que le réseau de routes nationales et départementales comme la RN6 et la RD4.



Charge sur le réseau routier en 2030, à l'heure de pointe du matin, avec projet (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)



Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

La réalisation du Grand Paris Express apporte une diminution des véhicules-km dans le secteur d'étude à l'horizon 2030, par rapport à la situation de référence sans projet : dans le périmètre d'étude, une diminution de 4 391 véhicules-kilomètres est observée à la pointe du matin, ce qui correspond à une diminution de 0,9% par rapport à la référence sans Grand Paris Express.

g. *Congestion observée du réseau routier*

Le tableau ci-après montre l'évolution du linéaire de voirie saturée à plus de 80% pour l'ensemble de la Région Ile-de-France, avec et sans réalisation du Grand Paris Express, en 2030.

Évolution du linéaire de voirie francilienne saturée entre la référence et le projet, en 2030 (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

Linéaire de voirie saturée à plus de 80%	
Projet, 2030, HPM	2 350 km
Référence, 2030, HPM	2 440 km
Ecart Projet - Référence	-90 km
	-3,6%

La réalisation du Grand Paris Express dans son ensemble a un impact positif sur la congestion : elle permet de diminuer le linéaire saturé à plus de 80% de 90 km, ce qui correspond à une diminution de 3,6% du linéaire saturé.

h. *Effets sur les modes d'accès aux gares*

La répartition du mode d'accès aux gares du projet a été déterminée lors d'une étude sur le stationnement menée par le maître d'ouvrage, portant sur la création, la reconfiguration ou la reconstitution de parkings publics aux abords des gares du réseau de transport public du Grand Paris. Les parts modales prises en considération pour chaque gare du projet sont données dans les tableaux ci-après. Afin de pouvoir comparer les différentes gares entre elles, il a été pris l'hypothèse que toutes les gares disposent d'une offre de stationnement à proximité.

Hypothèses de répartition modale pour l'accès à chaque gare du projet dans l'étude de stationnement, à l'heure de pointe du matin pour l'horizon 2030 (source : Société du Grand Paris)

Gare	Conducteur et passager d'une voiture garée	Déposé en voiture repartie	Bus / TCSP	Marche et vélo
Pont de Sèvres	6%	4%	41%	49%
Issy RER	7%	4%	26%	62%
Fort d'Issy Vanves Clamart	7%	4%	36%	53%
Châtillon - Montrouge	7%	4%	35%	54%
Bagneux	6%	3%	40%	51%
Arcueil – Cachan	7%	4%	35%	54%
Villejuif Institut Gustave Roussy	7%	4%	37%	52%
Villejuif Louis Aragon	7%	4%	30%	59%
Vitry Centre	7%	4%	34%	55%
Les Ardoines	7%	4%	38%	51%
Le Vert de Maisons	7%	4%	35%	54%
Créteil L'Echat	6%	4%	45%	45%
Saint-Maur - Créteil	7%	4%	40%	49%
Champigny Centre	7%	4%	38%	51%
Bry-Villiers-Champigny	7%	4%	37%	52%
Noisy-Champs	10%	5%	33%	52%

Quelle que soit la gare considérée, la part modale de la voiture reste relativement limitée (généralement de l'ordre de 10% de conducteurs, passagers d'une voiture garée ou déposés en voiture). Cette proportion limitée s'explique par le contexte d'insertion des gares, qui, dans leur majorité, se situent dans un tissu urbain de proche couronne, généralement peu favorable au rabattement automobile.

Les études menées par la Société du Grand Paris ont toutefois montré que les besoins en stationnement pourraient être plus importants à la gare de Noisy-Champs. Afin d'assurer le bon fonctionnement de la gare et de ses abords, l'éventuelle création de places de stationnement supplémentaires devra s'accompagner d'une réflexion conduite par les deux villes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne à l'échelle du projet urbain (règlementation du stationnement autour de la gare, évolution de l'offre de stationnement résidentiel dans le cadre du projet urbain, etc.).

1.21.2.3 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation

L'objectif premier d'une infrastructure de transport étant l'amélioration de la mobilité, les impacts du projet sur la mobilité sont bien évidemment positifs et ne nécessitent pas de mettre en place des mesures d'évitement ou de réduction. En revanche, toute une série de mesures connexes visant à maximiser le report modal de la voiture vers les transports en commun peut être mise en place.

Certaines mesures peuvent influencer directement l'utilisation des véhicules particuliers : la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain rendent notamment l'utilisation de la voiture plus onéreuse et ont un effet dissuasif.

Il est également possible de rendre l'utilisation des transports en commun plus attractive notamment en instaurant des tarifs combinés ou en créant des aires de stationnement aux abords de gares dont le contexte d'insertion est favorable afin d'inciter au rabattement des automobilistes.

En parallèle, toutes les mesures visant à améliorer la qualité de l'utilisation des modes « doux » de déplacement permettront d'opérer un changement effectif du comportement de déplacement des individus. La notion de « qualité » englobe toutes les composantes liées à la tarification d'un moyen de transport, à la qualité de sa desserte, à son confort d'utilisation, à la sécurité d'un trajet, etc. Parmi ces mesures, la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.) peut notamment être citée.

L'aménagement de l'espace rural et urbain doit également être pensé en cohérence avec la politique de transport menée. En effet, l'implantation des zones d'habitation et des bassins d'emploi a des conséquences directes sur les déplacements domicile/travail et donc sur les flux de trafic routier, émetteurs de polluants. Un levier efficace pour réduire les distances de déplacements et, ainsi, inciter à l'utilisation de modes de transports alternatifs est la densification de l'urbanisation couplée à une mixité urbaine et fonctionnelle, en particulier autour des gares.

Le métro du Grand Paris améliore, par ailleurs, la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France. Il permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de pic de pollution.

A ce titre, la Ligne 15 Sud permet, par sa position, de renforcer cette desserte puisqu'elle incarne la maille Sud de la ligne de rocade principale du réseau. De plus, la Ligne 15 Sud offre des correspondances avec la ligne 14 (reliant l'Aéroport d'Orly à Saint-Denis Pleyel, en desservant le centre de Paris) en gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, avec la ligne 16 et la ligne 11 prolongée en gare de Noisy-Champs, ainsi qu'avec de nombreuses lignes radiales des réseaux ferroviaires existants.

Il faut, par ailleurs, noter que l'implantation des nouvelles gares entraînera généralement une augmentation des flux de rabattement et de diffusion via les différents modes (piétons, modes actifs, réseau de transport en commun de surface, voitures…). Les aménagements des accès et des circulations autour des gares permettront d'organiser ces flux et de favoriser l'accès aux gares par les modes actifs et les transports en commun, et ainsi de limiter les impacts potentiels sur la mobilité. Les études prévues à l'échelle de chaque pôle, qui font partie des mesures d'optimisation prévues à proximité des gares (voir titre ci-après), permettront de réaliser un projet global, avec une intermodalité qui favorise le développement équilibré de tous les modes de déplacement, et de mettre en œuvre des aménagements qui s'insèrent harmonieusement dans l'environnement urbain.

Évaluation des coûts associés aux mesures

Les mesures proposées en phase d'exploitation sont des mesures d'optimisation permettant de maximiser le report modal de la voiture vers les transports en commun qui ne dépendent généralement pas directement du maître d'ouvrage. De plus, les coûts associés à ces mesures sont très difficilement évaluables à ce stade. Il est cependant important de noter que plusieurs mesures peuvent engendrer des revenus (par exemple la tarification du stationnement) qui peuvent à leur tour alimenter d'autres mesures (par exemple la réduction des coûts d'utilisation des transports en commun). Au total, les mesures d'optimisation ne devraient donc pas représenter des coûts importants mais plutôt une redistribution de la contribution des différents utilisateurs de manière à favoriser le report modal de la voiture vers les transports en commun.

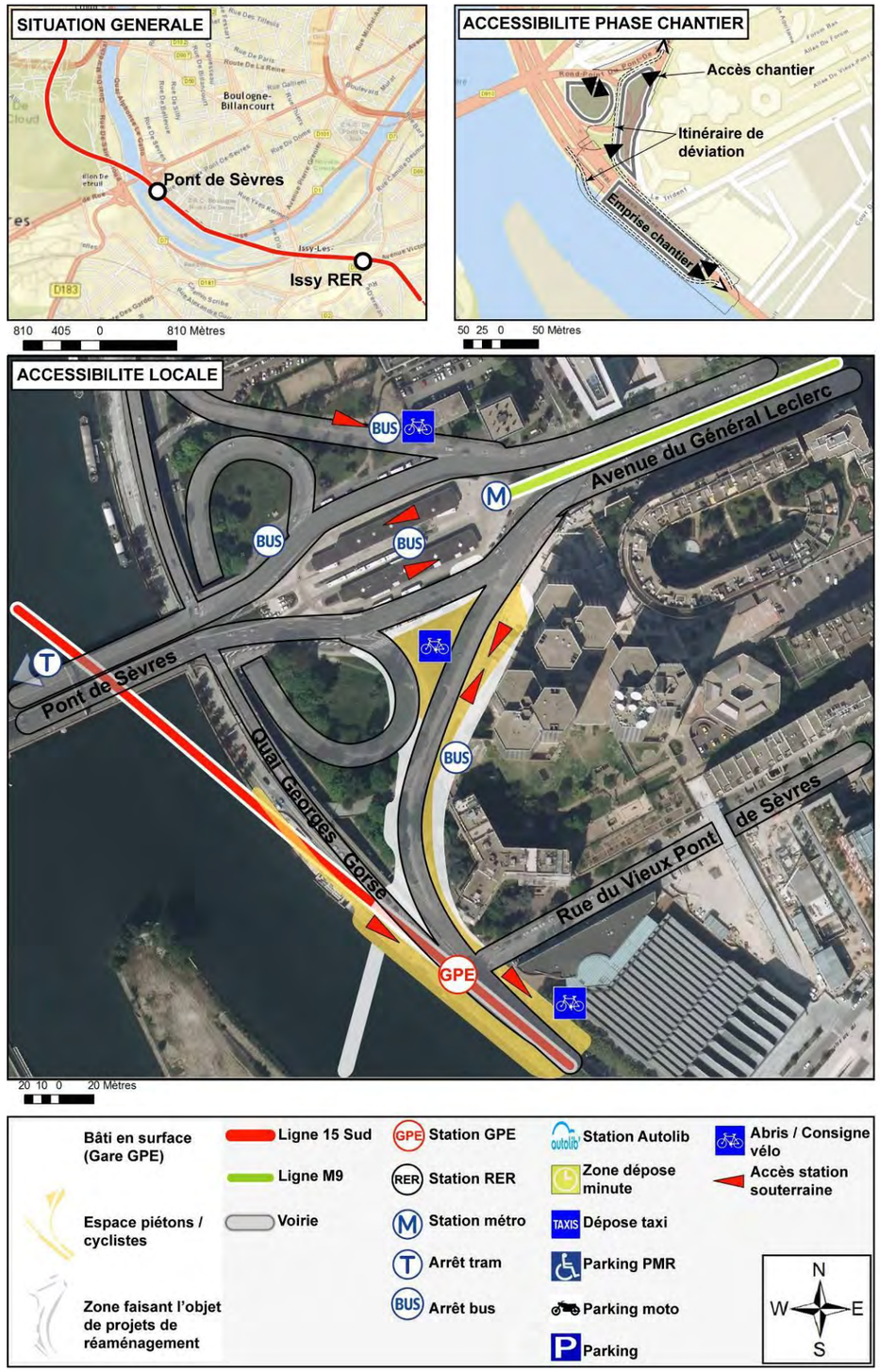
1.21.3 Impacts et mesures à proximité des gares et des ouvrages annexes

L'intermodalité est un enjeu majeur pour le Grand Paris Express. Il s'agit en effet d'assurer le succès et l'attractivité du réseau, en offrant aux voyageurs des conditions optimales d'accès aux gares et de correspondances quel que soit leur mode de déplacement.

Les gares du Grand Paris Express ont donc un rôle d'interface important entre les réseaux de transport d'une part et l'aménagement des quartiers de gare d'autre part. Cet enjeu est pris en compte dans le projet afin de faire des gares du Grand Paris Express des pôles d'échanges multimodaux innovants et proposant un haut niveau de qualité de service.

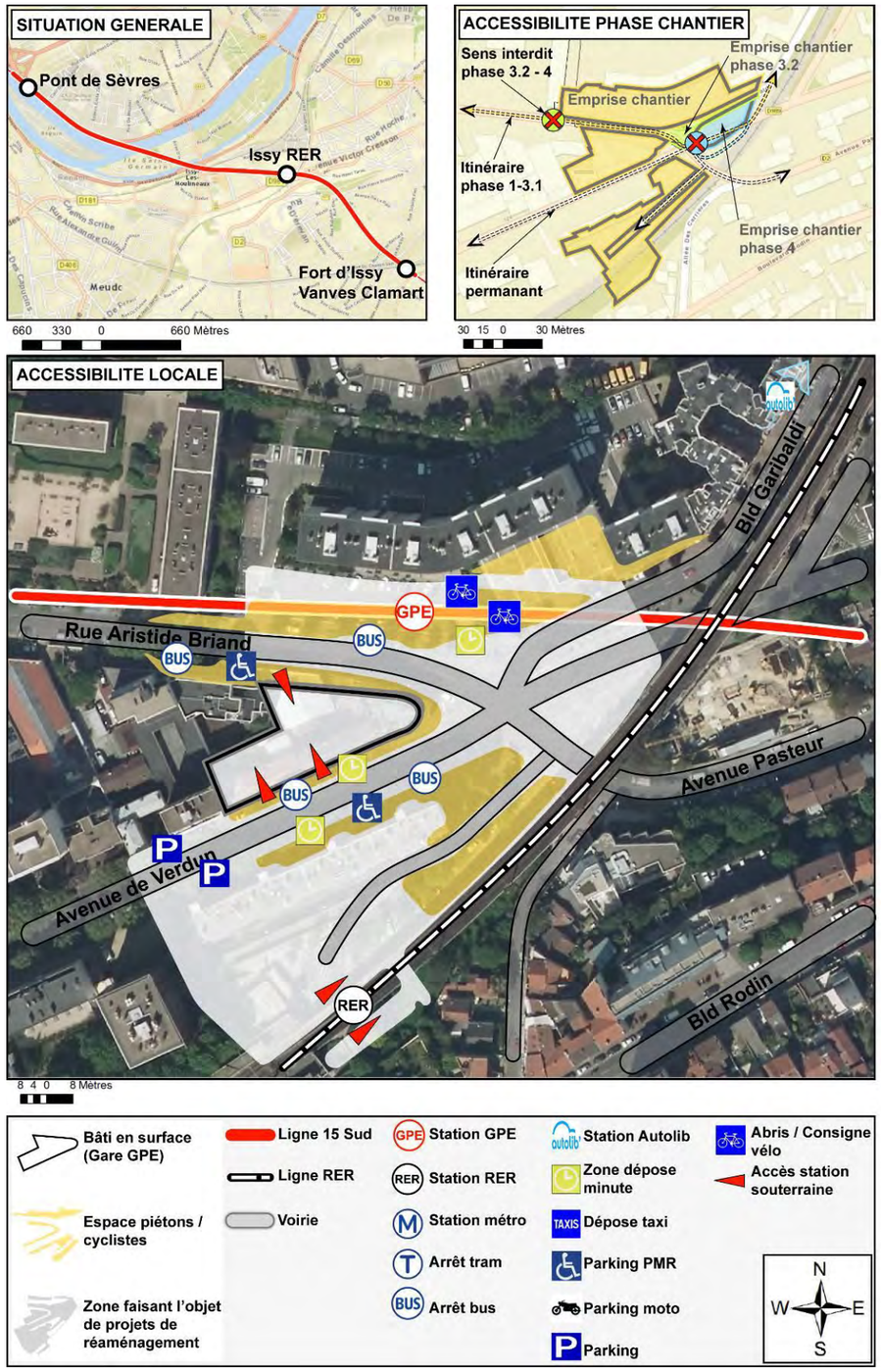
Dans cette section, les impacts plus précis au niveau des gares, en phase de chantier et d'exploitation, et au niveau des ouvrages annexes, en phase de chantier, sont passés en revue.

1.21.3.1 PONT DE SEVRES



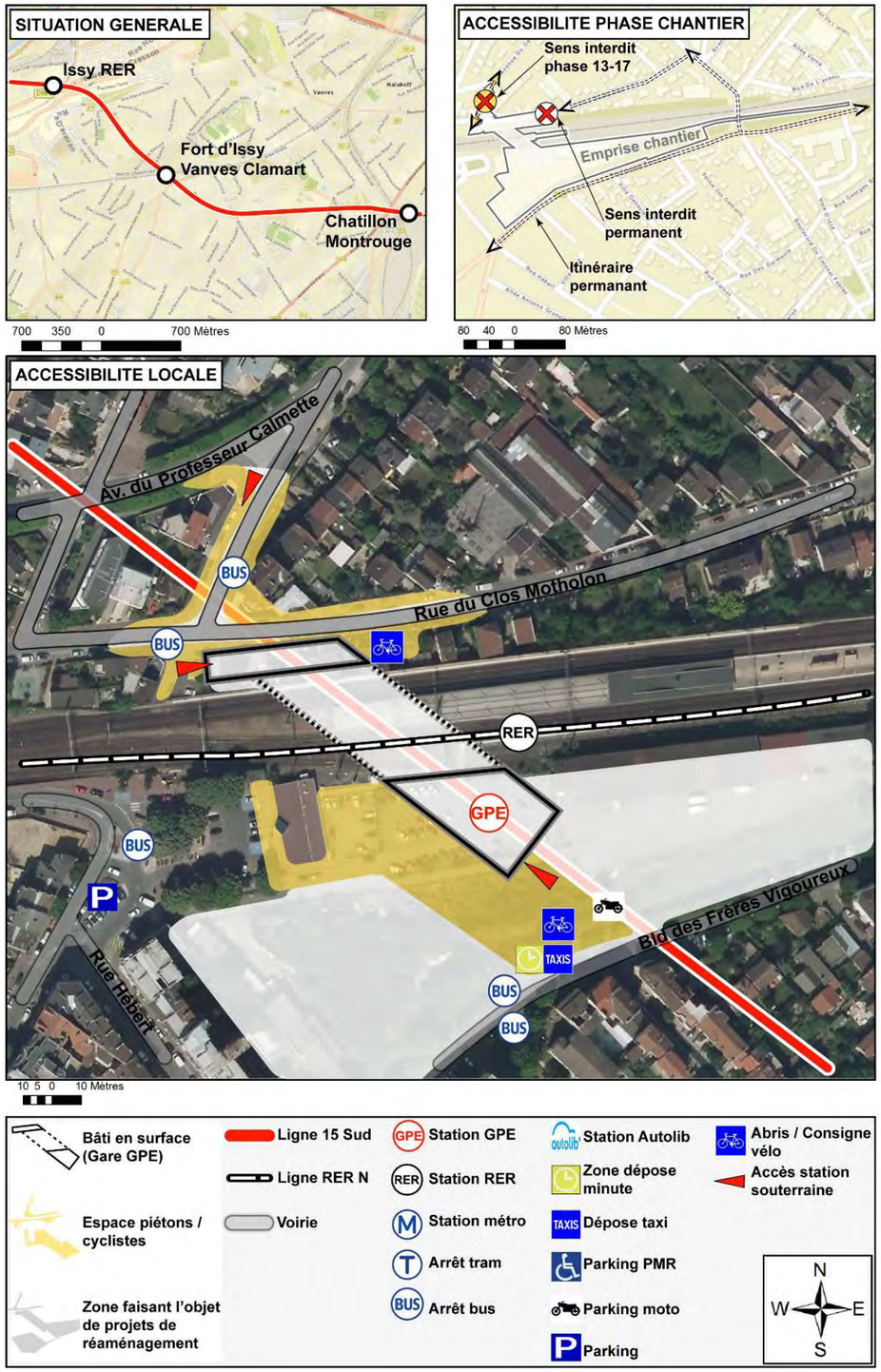
PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	La circulation automobile le long du quai George Gorse sera dissociée de part et d'autre de l'emprise du chantier et les voies seront ramenées à une bande de circulation par sens. Cela sera rendu possible, coté Seine, grâce à l'aménagement d'un autopont permettant de mettre en place le contournement sud du chantier. L'apport des matériaux et le transport, notamment, des déblais seront en partis réalisés grâce à des barges, ce qui permettra d'alléger le trafic routier sur le secteur.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare du GPE de Pont-de-Sèvres s'associe avec la station souterraine de la ligne de métro préexistante M9 par le biais d'un vaste corridor évasé remontant en pente légère depuis les bords de Seine jusque sous l'avenue du Général Leclerc. Cette connexion souterraine de 250 m (située au niveau -1) passe au-devant des tours Trident et Pont de Sèvres et assure donc l'intermodalité entre les deux lignes de métro M9 et M15. Si pour l'heure le projet définitif n'est pas arrêté, il est également important de rapporter que la gare routière située au-dessus de la station de métro M9 représente un pôle important pour le réseau de bus francilien. De par son implantation, cette gare se mêle à celles des métros pour former un pôle intermodal d'envergure, aux portes de Boulogne-Billancourt. Ce dernier est en effet, avant d'être un site de desserte pour le tissu urbain alentour, un site de transbordement de voyageur entre les différentes lignes (bus et métro) de transport en commun. Dix lignes de bus arrivent à la gare routière et 3 arrêts de bus se trouvent à l'échangeur de Pont de Sèvres. Enfin, à 900 m de la gare du GPE, la station du tramway T2 est accessible en passant par la gare routière, puis le pont de Sèvres. La liaison peut néant moins être opérée en bus, depuis la gare routière, réduisant alors la distance de marche à 300 m.
	Accessibilité routière	La gare se trouve au niveau d'un nœud routier important, au croisement entre la RD1 qui longe la seine (sous laquelle est mis en place la station souterraine du GPE) et la RD 910 sous laquelle se trouve la station de la ligne M9. Compte de tenu de l'importance du trafic qui les emprunte et de leur rôle majeur pour la circulation automobile, le projet ne prévoit pas de création d'espace de stationnement (y compris les zones « dépose-minute ») qui pourrait représenter des risques lors de réinsertion dans le trafic. Toutefois, la gare routière fera prochainement l'objet d'un réaménagement total qui pourra peut-être apporter une solution pour l'arrêt des véhicules aux abords de la gare. Rappelons également que les environs du Pont de Sèvres sont concernés par de multiples projets (dont la réhabilitation de l'île Seguin), pour lesquels la création de nouveaux parkings est à prévoir.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Située milieu de la Seine, l'île Seguin fait l'objet d'une réhabilitation complète qui vise, entre autre à implanter la cité de la musique ou encore à créer une nouvelle connexion piétonne en direction du Pont de Sèvres. Au passage de la gare, une connexion est établie permettant de descendre vers la station souterraine par le biais d'escalators et d'escaliers. Elle permet d'aboutir en surface de la gare enfouie, d'où de nouveaux accès sont prévus pour descendre et accéder aux espaces souterrains (des accès sont également prévus de l'autre côté du quai George Gorse, où un parking vélo est également prévu aux pieds du square Com). Par ailleurs, depuis les escapes en surfaces, les voyageurs ont la possibilité de traverser le quai George Gorse en direction du Trident, pour ainsi rejoindre l'arrêt de bus devant les tours Pont de Sèvres où se situe par ailleurs un nouvel accès aux espaces souterrains de la gare (donnant sur le couloir reliant les deux gares, où des commerces sont également prévus). Face à cet accès, de l'autre côté de la voirie, un abri vélo (40 places) est implanté et dessert pareillement la gare routière et les gares souterraines. Une consigne Véligo de 60 places située à la sortie de l'accès Square Com est également prévue. La piste cyclable sera prolongée jusqu'à l'accès secondaire.

1.21.3.2 ISSY RER



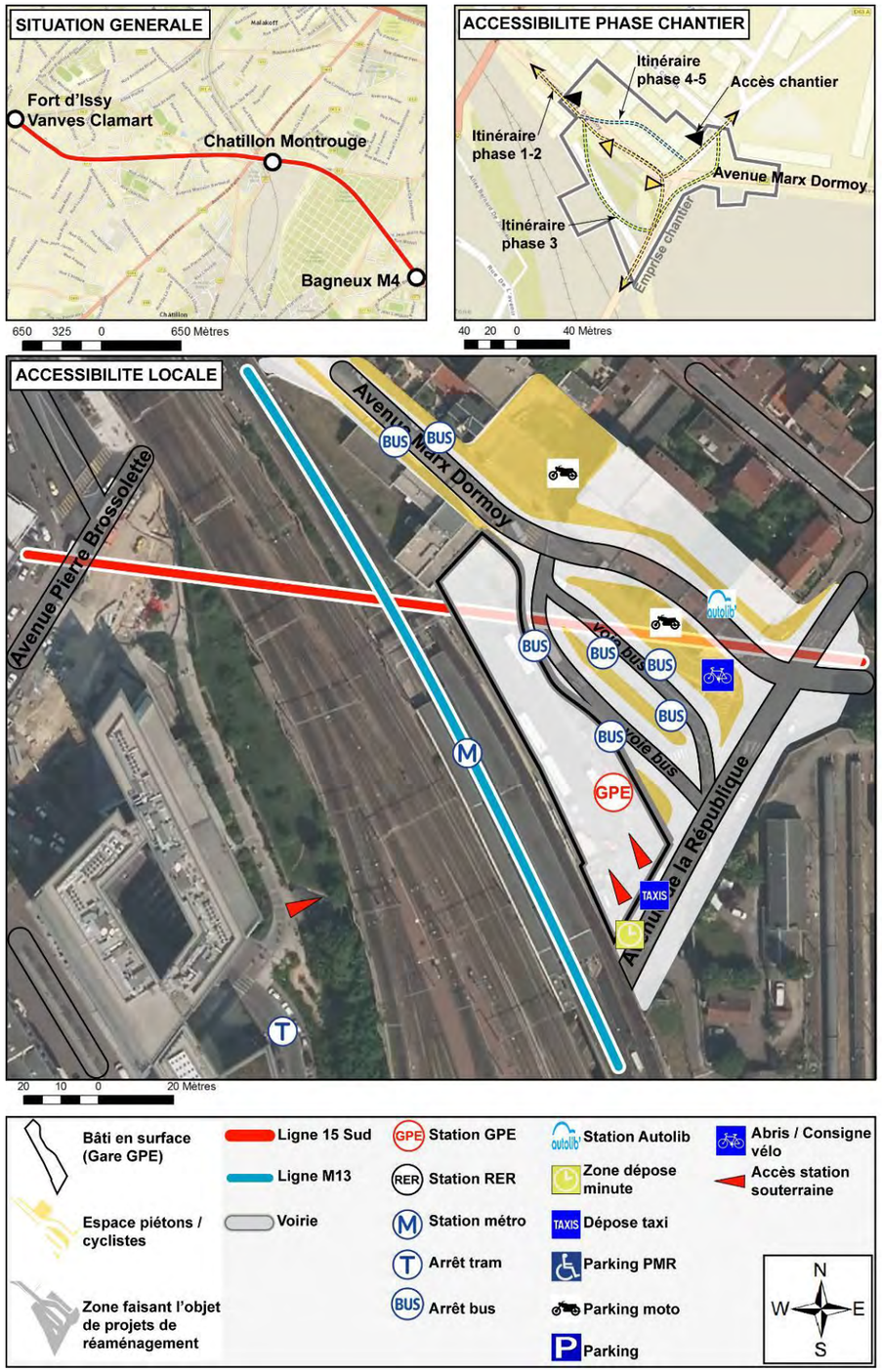
PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	En parallèle de l'aménagement de la gare, il convient de noter que le bâtiment voyageur va faire l'objet d'un réaménagement, l'aménagement la ZAC Léon Blum va induire des démolitions et des reconstructions importantes. Le cumul de ces chantiers induira une problématique de mobilité importante qui ne sera toutefois pas accentuée par le blocage prolongé de la circulation automobile. En effet, les voiries resteront en place pour la plupart d'entre elles. Un itinéraire de déviation sera cependant mis en place pour le trafic de transit du secteur Léon Blum.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare d'Issy permet d'articuler, au sein du même complexe, la nouvelle gare du GPE et la gare RER préexistante. Composée de trois unités (entrée – gare GPE – gare RER), l'ensemble est raccordé en sous-sol (au niveau -2) afin d'assurer les connexions entre les deux gares mais également de rejoindre la surface au niveau de l'émergence qui accueille l'entrée principale. Implantés sur les deux axes encadrant l'émergence de la gare (l'avenue Verdun et la rue Aristide Briand), trois arrêts de bus complèteront l'intermodalité du site en permettant la connexion des réseaux ferroviaires avec les lignes TUVIM et B123. Ils donneront directement sur les deux entrées de l'émergence de la gare, qui constituera un volume traversant entre les deux voiries. A 7 minutes de marche au Nord (550 m), la station du tramway T2 acques-Henri Lartigue complète plus encore le maillage de transport public, permettant des changements de lignes relativement aisés au travers d'un parcourt sécurisant empruntant plus de 200 m d'itinéraire piétonnier.
	Accessibilité routière	Le site d'implantation se situe au croisement entre les quatre axes importants que sont l'avenue Verdun, la rue Aristide Briand, les Arches d'Issy et l'avenue Victor Cresson. Ils offrent à la gare une forte accessibilité routière qui n'est toutefois pas alimentée par la création d'un parking aux abords (le parking de 93 emplacements réalisé aux dessus des voies du GPE est exclusivement destiné aux résidents du bâtiment Garibaldi). En effet, seuls 4 emplacements de « dépose-minute » sont prévus ainsi que 4 espaces destinés aux PMR. Les environs immédiats de la gare accueillent par ailleurs 2 emplacements réservés aux taxis et un emplacement pour les deux-roues, localisés à proximité immédiate de l'entrée Sud de l'émergence. Une place de stationnement pour les convoyeurs de fonds et 3 pour les véhicules utilitaires/d'intervention/de prévention sont également prévues. Enfin, si une station autolib' existe à proximité, elle est néanmoins située à 500 m au Nord de la gare.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Comme cité précédemment, la gare se compose de trois unités qui communiquent au niveau -2. L'accès à la gare se fait au niveau de l'émergence, indifféremment depuis l'avenue Verdun ou la rue Aristide Briand, où des escalators sont mis en place pour rejoindre le niveau -2 et accéder ainsi à l'espace situé au-dessus des voies du GPR. Depuis cet espace, outre la possibilité de descendre vers le GPE, une seconde liaison est mise en place pour relier le RER C, partiellement composée d'une succession d'escalators permettant de remonter au niveau de la ligne aérienne (viaduc). L'émergence de la gare est ceinturée de trottoirs donnant accès aux zones de dépose-minute, aux arrêts de bus (avec la nécessité de traverser l'avenue Verdun pour l'un d'eux). Les deux abris de vélos qui desservent la gare sont localisés au-dessus des voies du GPE, soit au Nord du Bd Garibaldi, sur le parvis situé au pied de l'immeuble Garibaldi. Ils sont accessibles depuis l'entrée Nord de la gare, via deux possibilités de traverser au niveau de passages pour piétons.

1.21.3.3 FORT D'ISSY-VANVES-CLAMART



PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	Les travaux de construction de la gare imposent l'interruption de circulation sur rue du Clos Montholon sur une partie de la durée des travaux. Les reports de circulation de transit devront se faire sur l'avenue de la Paix (RD 72) et les avenues du Général de Gaulle et avenue du Professeur Calmette (RD 71). Les conditions de circulation du boulevard des Frères Vigouroux est impacté pendant certaines phases de construction de la gare (interruption de la circulation sur certains tronçons et réduction des largeurs des voieries tout en conservant une voie de circulation par sens). Le trottoir Nord du boulevard des Frères Vigouroux ne sera plus utilisable pendant toute la durée des travaux. Des passages piétons seront créés aux extrémités du boulevard pour faire passer les piétons vers le trottoir Sud. Les lignes de bus 394, 169, 189, N62 et Bus Hirondelle seront impactées pendant la construction de la gare. Des itinéraires et arrêts provisoires ont été proposés pour la phase travaux.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare de Fort d'Issy Vanves Clamart est principalement implantée sous le parking de la gare actuelle de Clamart et sous les voies ferrées. La gare est desservie par les lignes de bus 169, 189, 394, et N62. Le site présente également des lignes de service communale : le Clamibus (Clamart), le Tuvim (Issy les Moulineaux), l'Hirondelle (Malakoff). La position, le nombre de postes à quai ainsi que des modifications d'itinéraire aux abords de la gare sont en cours d'étude. L'aménagement actuel prévoit de positionner les arrêts de bus 394 et 169 sur la rue du Chemin Vert avant l'avenue du Général de Gaulle, l'arrêt du 169 sur l'avenue du Professeur Calmette, et les arrêts 189, 394 et N62 du côté du boulevard des Frères Vigouroux. Le Clamibus resterait au niveau de la Place de la gare dont le réaménagement dépend du projet de la mairie de Clamart. Les temps d'accès à la gare depuis les différents arrêts sont estimés entre 23 et 77 secondes selon les arrêts. Une correspondance avec la ligne N du Transilien est également prévu. Elle s'effectue au Rez-de-Chaussée du Hall d'Échanges de la gare par l'intermédiaire d'un couloir de connexion situé à l'aplomb du quai du Transilien. L'ensemble des cheminements depuis la correspondance est mécanisé (2 escalators mécaniques) et 1 ascenseur permet la remontée du couloir de connexion au quai SNCF.
	Accessibilité routière	La gare est desservie par la rue du Clos Montholon, la rue du Chemin Vert et l'avenue du Général de Gaulle du côté d'Issy-les-Moulineaux, et par le boulevard des frères Vigouroux, la rue Hébert et la rue de Fleury du côté Clamart/Malakoff. La rue du Chemin Vert ainsi que la rue du Clos Montholon présentent des places de stationnement en voirie. L'implantation de la gare GPE induit la suppression du parking existant (100 places environ) situé derrière le bâtiment voyageur SNCF. La création d'un parking souterrain dans le cadre de l'aménagement du nouveau quartier Place de la gare (150 places) est en cours d'étude. Du côté Clamart/Malakoff, le projet prévoit un abri pour deux roues motorisées de 20 places à proximité de l'abri vélos. Une aire d'attente taxis et une voie de dépose minute est également prévue à proximité des entrées de gare GPE et SNCF.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	La gare se décompose en deux entrées principales : du côté Issy-les-Moulineaux et Vanves par un bâtiment émergent, situé entre le quai latéral du Transilien et la rue du Clos Montholon, et du côté Clamart/Malakoff par l'émergence du Hall d'Échanges sur le parvis d'entrée au niveau du boulevard des Frères Vigouroux. La gare présente en outre deux entrées supplémentaires : un accès depuis l'ancien ou futur bâtiment voyageur SNCF et un accès souterrain à l'angle de l'avenue du Général de Gaulle et de l'avenue du Professeur Calmette. Les flux entrants et sortants sont estimés à 176 personnes sortantes/minute et 58 personnes entrantes/minute en heure de pointe du soir, et à 100 personnes par sens en heure de pointe du matin. L'aménagement du parvis côté du Boulevard des Frères Vigouroux permettra l'installation d'une consigne Véligo de 80 places et d'un abri vélos de 23 places en limite de voirie. L'aménagement de pistes cyclables est à prévoir entre le boulevard des Frères Vigouroux et la place de la gare de Clamart. L'aménagement du parvis au niveau du futur bâtiment voyageur SNCF permettra l'installation d'un abri vélos de 20 places. Au droit de l'émergence coté Issy-les-Moulineaux, un abri vélo de 17 places est également implanté le long de la rue du clos Montholon. Un escalier à proximité de l'abri vélos permet d'accéder à la gare.

1.21.3.4 CHATILLON MONTROUGE



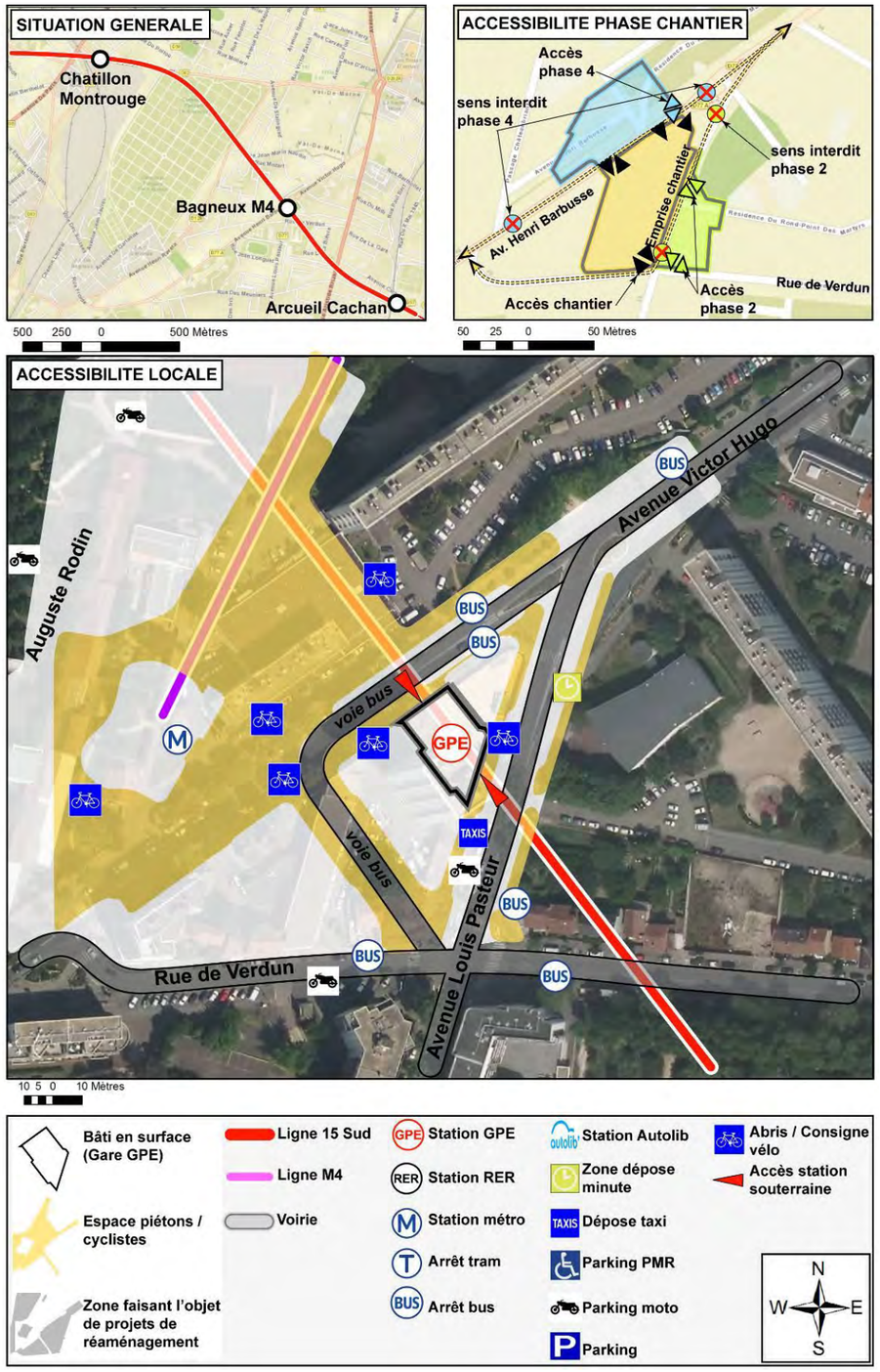
PHASE CHANTIER

Accessibilité générale du site	Vu les faibles emprises de chantier disponibles, souvent morcelées en fonction des diverses phases de travaux, différentes déviations sont prévues pour permettre la circulation aux alentours du chantier pendant les différentes phases. En phase 1 et 2, des légères déviations de l'avenue Marx Dormoy et de l'avenue Jean Jaurès sont prévues afin d'assurer la circulation entre les zones de travaux. En phase 3, l'avenue Marx Dormoy contourne entièrement la zone de travaux grâce à une déviation de la circulation vers l'Ouest (le long des voies de métro) et l'Est. En phase 4 et 5, l'avenue Marx Dormoy est déviée vers le Nord, permettant d'assurer la circulation des véhicules entre les zones en chantier

PHASE D'EXPLOITATION

Accessibilité en transports en commun	La gare de Chatillon Montrouge représente un pôle intermodal important puisqu'elle regroupe, au sein du même complexe, les stations des lignes M13 (terminus) et M15 (GPE) et qu'elle jouxte le terminus de la nouvelle ligne de tramway T6 prenant la direction de Viroflay – Rive droite. Ce terminus du T6, mis en œuvre de l'autre côté des voies de chemin de fer SNCF par rapport à la gare du GPE, est connecté au nouveau complexe via un passage sous voie d'environ 60 m aboutissant sur la coulée verte. Outre les intermodalités ferroviaires, la gare est également desservie par 11 lignes de bus qui s'organisent, se croisent et se succèdent au sein et autour de la gare routière implantée au Nord de la gare. Les différentes lignes ont la possibilité de se stationner (dans le cas des terminus) ou de s'arrêter devant la gare, grâce à un espace structuré tel que : l'avenue Marx Dormoy au Nord, suffisamment large pour permettre tout à la fois l'arrêt des bus sur les côtés et la circulation automobile en double sens, et la zone de gare routière où trois zones parallèles se succèdent entre l'avenue Marx Dormoy et le devant de la gare pour permettre les stationnement longue durée des bus arrivés à leur terminus.
Accessibilité routière	Comme décrit ci-dessus, la gare est jouxtée au Nord par l'avenue Marx Dormoy, axe parallèle à la ligne de métro M13 qui se poursuit ensuite vers l'Est. Cette voie ne permet toutefois pas de desservir directement la gare puisque les usagers doivent effectuer un tourne-à-droite sur l'avenue de la République afin d'accéder aux espaces de dépose-minutes (3 places) situés au niveau du passage sous voie. Depuis là, l'entrée vers les deux lignes de métro est directement accessible. Le parking le plus proche, compte tenu de l'absence de création d'un nouvel espace de stationnement dans le cadre du projet de gare, est situé à plus de 300 m du complexe (Parking Espace Maison Blanche), sur l'avenue de Paris et donc accessible au travers du passage souterrain entre le terminus du T6 et la gare. Le stationnement des deux roues motorisées est prévu sur le parvis au Nord de l'avenue Marx Dormoy (10 places). Une borne taxi est également prévue sur l'avenue Jean Jaurès en face de l'entrée de la gare, près du dépose-minute. Une borne Autolib de 6 places est prévue le long de l'avenue Marx Dormoy.
Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	La gare est composée, au niveau du rez-de-chaussée, d'espaces de correspondances, de commerces, d'un local vélo ou encore d'un point multiservices qui donnent directement sur la gare routière (les quais des lignes de métro étant situés au-dessus pour la M13 ou bien en dessous pour la M15). De façon à sécuriser les déplacements, les abords de ses espaces fermés comprennent de larges espaces piétonniers partiellement surplombés par les volumes supérieurs. Le projet prévoit une consigne collective Véligo de 80 places intégrée dans le bâtiment voyageur, un abri pour 40 vélos et une station de vélos en libre-service (capacité non définie à ce stade). L'ensemble de ces services seront situés à moins de 70 mètres de l'entrée de la gare. La consigne est positionnée pour que les usagers n'aient pas à traverser la voirie. L'abri vélo est prévu sur le parvis au plus près des cheminements doux. Ces aménagements pour cyclistes s'intègrent dans un réseau cyclable dense, la gare se situant à un carrefour de pistes cyclables, la reliant aux principales villes environnantes. Une piste cyclable sera également aménagée sur l'avenue Marx Dormoy au plus proche du parvis et du pôle intermodal. Le trafic sera également ralentit sur cette voirie. Depuis ces espaces, les usagers ont la possibilité de traverser la gare routière ou l'avenue Marx Dormoy via des passages pour piétons pour ainsi accéder aux différents arrêts de bus, à l'espace sous-abris de stationnement vélo ou encore aux espaces dépose-minute. Au sein de la gare, des rampes permettent aux usagers de monter ou descendre vers les quais des deux lignes de métro, qu'ils soient à pied, à vélo ou bien qu'il s'agisse de PMR.

1.21.3.5 BAGNEUX M4



PHASE CHANTIER

Accessibilité générale du site

Les travaux de construction de la gare imposent l'interruption de circulation sur les avenues Louis Pasteur et Henri Barbusse sur une partie de la durée des travaux, mais non simultanément. Les reports de circulation de transit devront se faire sur la rue de Verdun. Les conditions de circulation sur les deux avenues seront impactées pendant certaines phases de construction de la gare (réduction des largeurs des voiries tout en conservant une voie de circulation par sens). Une partie des trottoirs des deux avenues ne seront plus utilisables pendant certaines phases des travaux. La continuité des cheminements piétons sera maintenue dans le sens Sud-Nord pour chacune des deux avenues (création d'une voie piétonne au besoin), hors périodes de coupures complètes pendant lesquelles ces cheminements seront renvoyés vers l'avenue en circulation. Les circulations de chantier se feront via des accès depuis les avenues Pasteur et Barbusse et depuis la rue de Verdun.

Les lignes de bus 162, 188 et 388 seront impactées pendant la construction de la gare. Des itinéraires et arrêts provisoires seront proposés pour la phase travaux.

PHASE D'EXPLOITATION

Accessibilité en transports en commun

La gare de métro 15 de Bagneux s'implante à proximité immédiate de la gare terminus de la ligne du métro M4. Toutes deux souterraines, ces stations communiquent, au niveau -2 de la gare du GPE, par le biais d'un couloir passant sous le parvis et l'ancien tronçon de l'avenue Henri Barbusse. Toutefois, elles peuvent également être accessibles en surface et disposent chacune d'une émergence s'intégrant dans la trame urbaine.

La restructuration complète du réseau viaire, et la réalisation d'un parvis en lieu et place d'une partie de l'avenue Henri Barbusse, bouleverse la localisation des arrêts de bus préexistants qui se retrouvent de fait sur l'avenue Louis Pasteur et devant la cité des Martyres de Chateaubriand. Ils encadrent la gare du GPE située sur un îlot traversant (distants d'environ 40 à 50 m par rapport à l'entrée) mais sont plus éloignés de la station M4 avec des distances à franchir de l'ordre de 100 à 120 m. Actuellement, 3 lignes de bus RATP desservent la gare : 187, 188 et 189.

Accessibilité routière

Intégrée dans le projet de la ZAC Victor Hugo, la gare occupe une situation particulière qui la place au centre du nouvel éco-quartier mais qui la situe au sein d'un espace où la circulation automobile ne se fait qu'en périphérie. De fait, l'entrée de la gare donne sur le parvis où seules les circulations des bus et des modes actifs sont autorisées. Les voitures, elles, n'ont d'autre possibilité que de contourner la gare par l'avenue Louis Pasteur où quelques emplacements sont prévus en voirie (coté Est) pour permettre aux usagers des commerces ou des visiteurs de l'église Sainte Monique de se stationner.
Par ailleurs, la rue de Verdun passe à une cinquantaine de mètres au Sud de la gare et permet aux automobilistes venant de la rue Victor Hugo et ayant contourné la gare de reprendre leur direction initiale en empruntant l'avenue Henri Barbusse (et vice-versa). Cette rue de Verdun permet également de rejoindre rapidement l'avenue Aristide Briand (RD 920) plus à l'Est.

Le secteur, fort d'une accessibilité en transport en commun importante, ne comprend par contre pas de nouvelle création d'espace de stationnement.

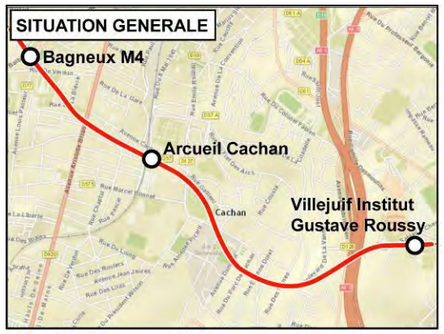
Accessibilité des modes actifs

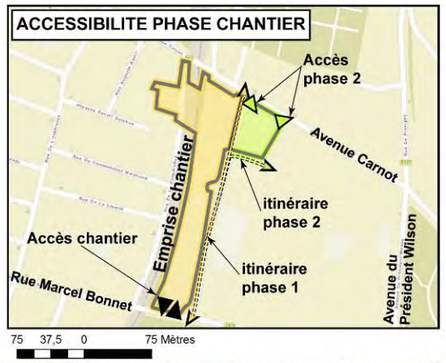
(marche à pied, vélo)

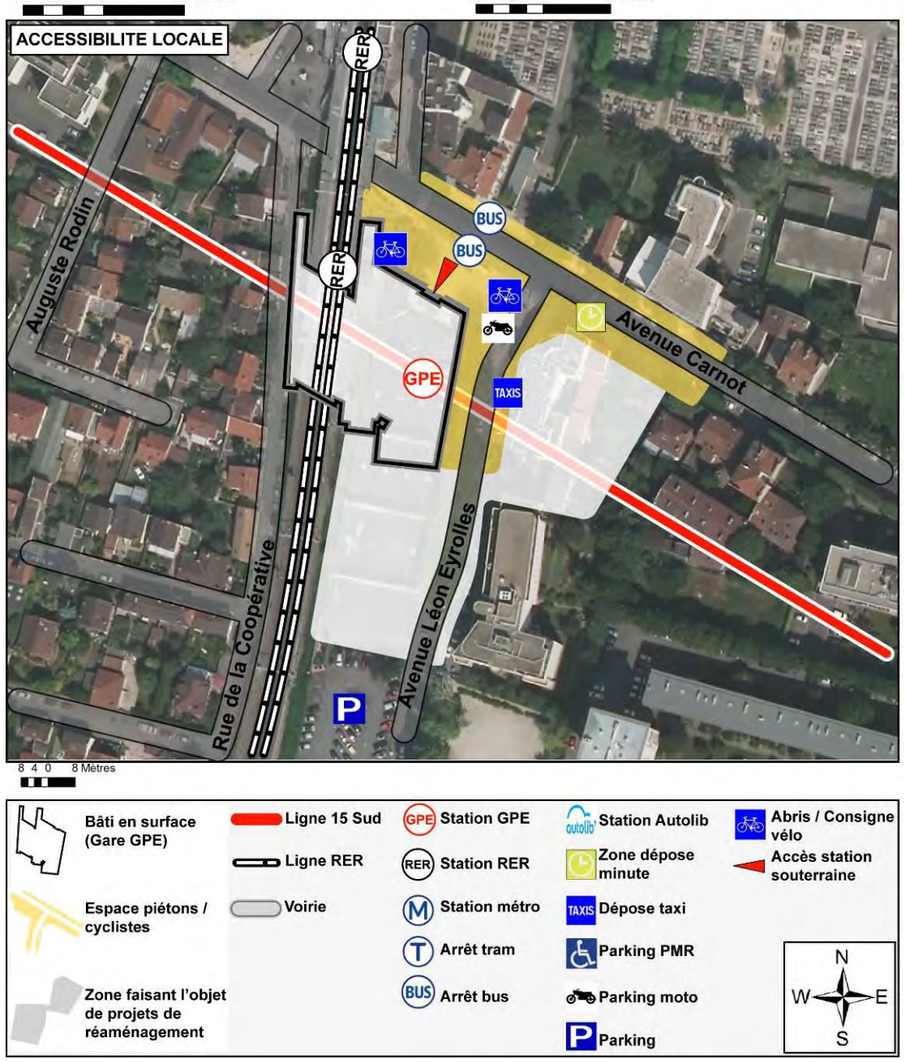
L'entrée principale de la gare, accessible depuis un vaste parvis autour duquel s'articulent de nouveaux immeubles mixtes, bénéficie indubitablement d'une accessibilité piétonne et cycliste majeur. Totalement plan, cet espace représente le point focal du nouveau quartier et fait par conséquent converger les circulations dites « douces » dans une zone totalement sécurisée où seuls les bus ont accès (dans un tracé délimité). Depuis ce parvis, les usagers ont accès à 4 stations/abris de vélos (60 places abritées, 100 places Véligo), à la gare de métro M4 ou à la station de bus aux pieds de la cité des Martyres de Chateaubriand.

Ouvrage traversant, la gare dispose également d'une entrée depuis l'avenue Louis Pasteur où des trottoirs larges assurent la sécurité des déplacements doux. Ce second accès fait face à la rue privée de la cité des Martyrs de Chateaubriand et permet de rejoindre l'arrêt de bus situé de l'autre côté de l'avenue Louis Pasteur, la zone de station vélo, le dépose-minute ou encore la station de motos.

1.21.3.6 ARCUEIL CACHAN







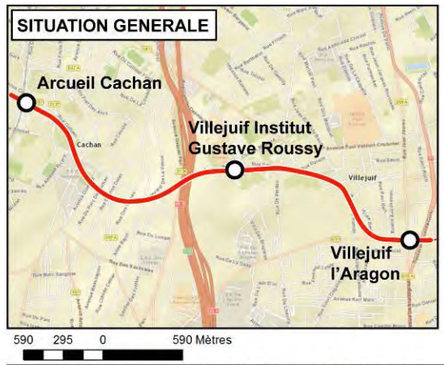
PHASE CHANTIER

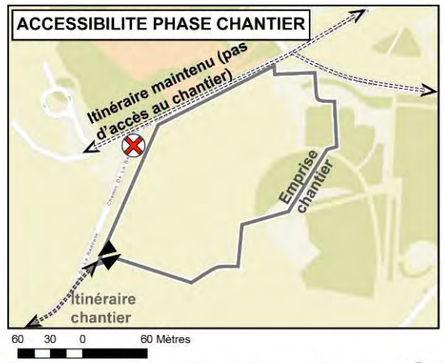
Accessibilité générale du site	La circulation sur l'avenue Léon Eyrolles sera coupée à la circulation dès le démarrage des travaux de la gare (avec maintien de l'accès au parking de la Résidence Wilson et au poste ErDF). Le maintien de la circulation piétonne sur un axe Sud-Nord est également prévu (ce passage traversera le chantier), notamment pour les riverains. Les arrêts bus existants seront maintenus ainsi que la circulation piétonne autour des abris. Les circulations principales de chantier se feront côté Sud depuis la rue Marcel Bonnet. Un accès Nord reste tout de même indispensable depuis l'avenue Carnot pour les différentes phases de travaux. S'agissant du RER B, un accès provisoire vers les quais sera mise en place rue du docteur Gosselin.

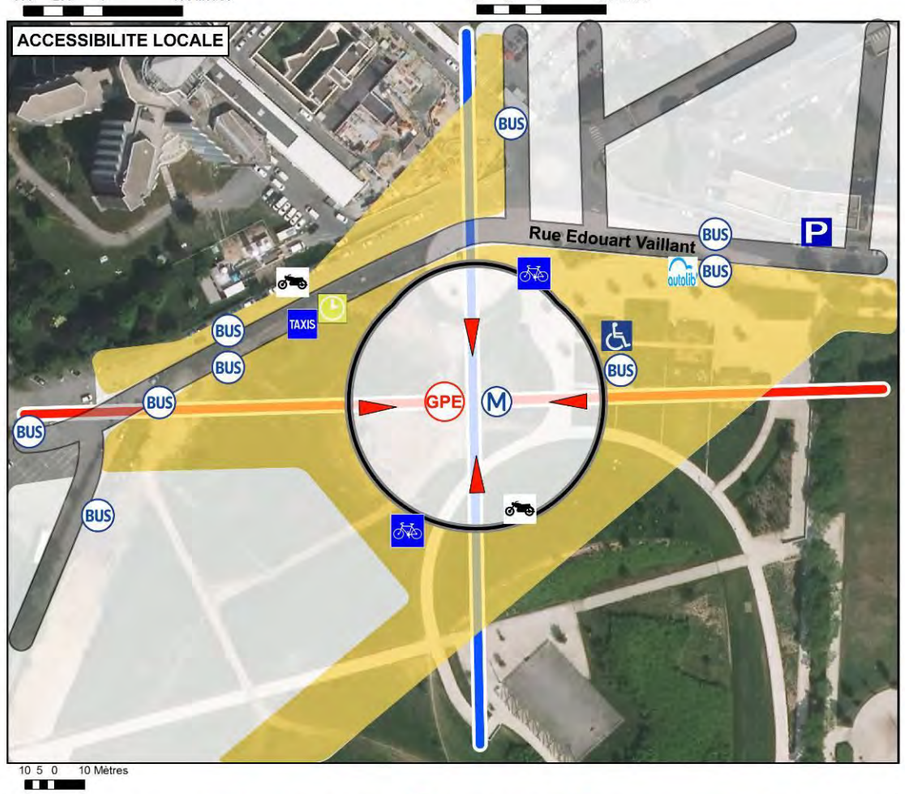
PHASE D'EXPLOITATION

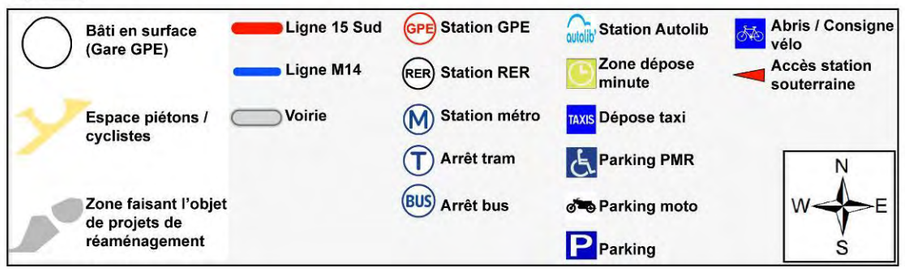
Accessibilité en transports en commun	La gare d'Arcueil Cachan constitue un complexe faisant l'articulation entre l'actuelle gare RER B homonyme et la nouvelle station du GPE. Ces deux lignes se superposent, les quais RER étant extérieurs tandis que les quais du GPE sont situés 25 m sous terre, et correspondent via la gare et plusieurs niveaux de plancher pour permettre aux usagers d'aboutir communément sur l'avenue Carnot. Cet axe qui joint le centre-ville à l'avenue Aristide Briand est emprunté par cinq lignes de bus du réseau RATP, qui marquent toutes l'arrêt au sortir de la gare avenue Carnot. Des passages pour piétons ceinturant ces zones d'arrêts permettent des déplacements sécurisés pour les voyageurs lors de leurs changements de transport.
Accessibilité routière	Outre l'avenue Carnot, le réseau viaire aux alentours de la gare est caractérisé par des voiries de desserte irriguant le tissu urbain résidentiel local. De ce fait, les gabarits de ces voies sont peu adaptés pour accueillir une circulation dense autour de la gare. Compte tenu de la haute accessibilité du site via les autres modes que les véhicules particuliers, le projet de la gare n'a pas inclus d'aménagement spécifique destiné à l'accessibilité routière, se reposant donc sur la situation initiale. A noter toutefois qu'un « dépose-minute » prend place côté Sud de l'avenue Carnot, de l'autre côté de l'avenue Léon Eyrolles par rapport à la gare et qu'un espace destiné aux deux-roues motorisés (10 places) est prévu en marge du parvis (accessible depuis l'avenue Léon Eyrolles).Une borne taxi de 3 emplacements pourra aussi se positionner à proximité du parvis, sur la rue Léon Eyrolles, côté trottoir Est. Si aucun espace de stationnement n'est réalisé dans le cadre du projet de gare en tant que tel, les projets d'aménagement urbains envisagés par la ville de Cachan plus au Sud prévoient la réalisation d'opération immobilières (dont du stationnement) en lieu et place de l'ancien parking aérien.
Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Les quais de l'actuelle gare RER sont accessibles en trois points, qui sont maintenus pour deux d'entre eux (ceux situés au Nord de l'avenue Carnot). La gare prend place sur le viaduc du RER B au niveau sud de l'avenue Carnot. Des circulations verticales depuis la salle d'échanges permettent de rejoindre les quais du RER de part et d'autre du viaduc. Depuis le parvis de gare donnant sur l'avenue Carnot, les deux arrêts de bus sont directement accessibles, de même que trois abris de bus extérieurs. A ce stade, le projet prévoit un abri vélo de 20 places situé au Nord du parvis pour dégager la façade de la gare pour les flux piétons. Une consigne de 40 places vélos est également prévue dans le premier bâtiment de la gare, en proue sur le parvis.

1.21.3.7 VILLEJUIF INSTITUT GUSTAVE ROUSSY



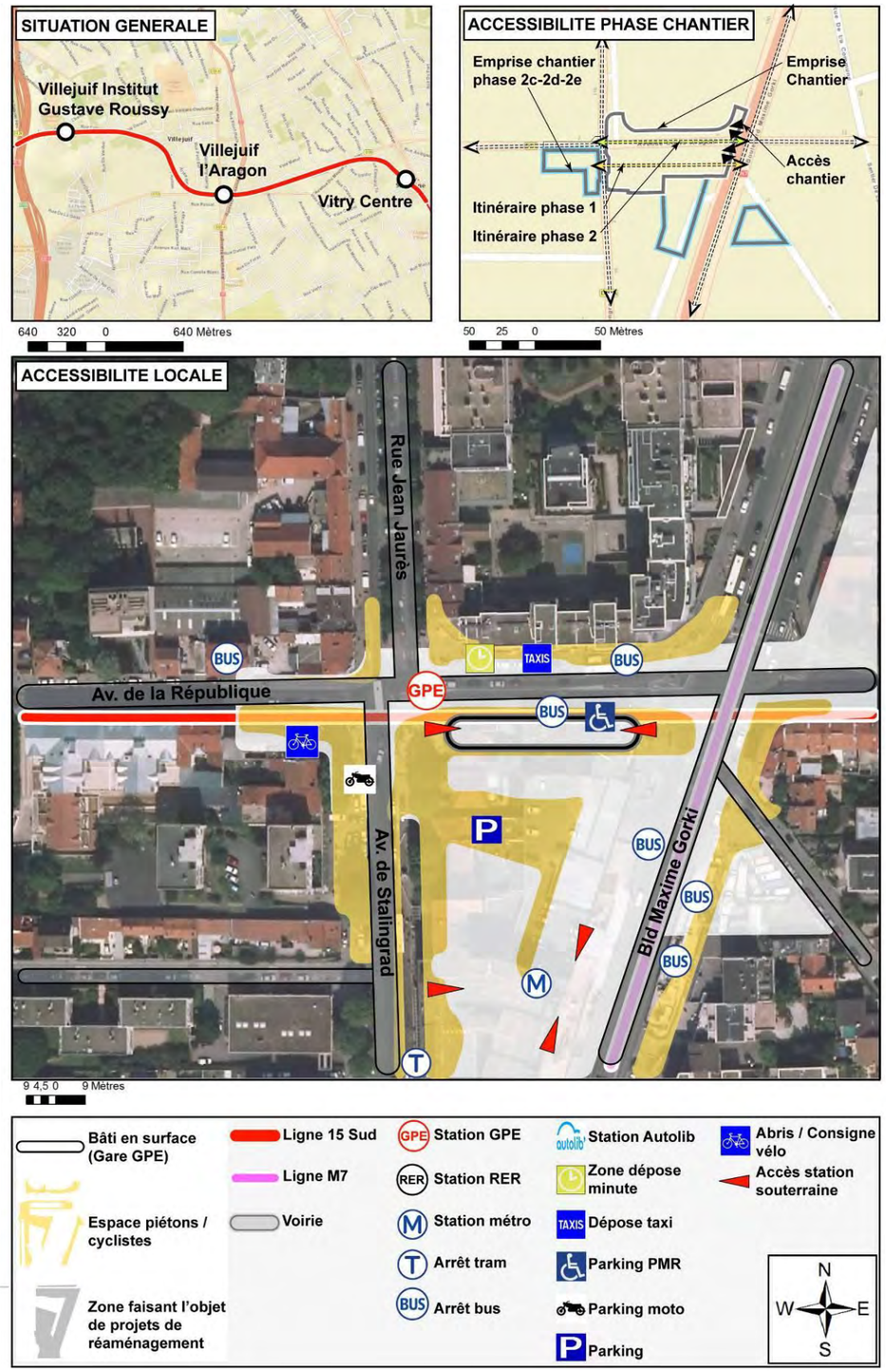






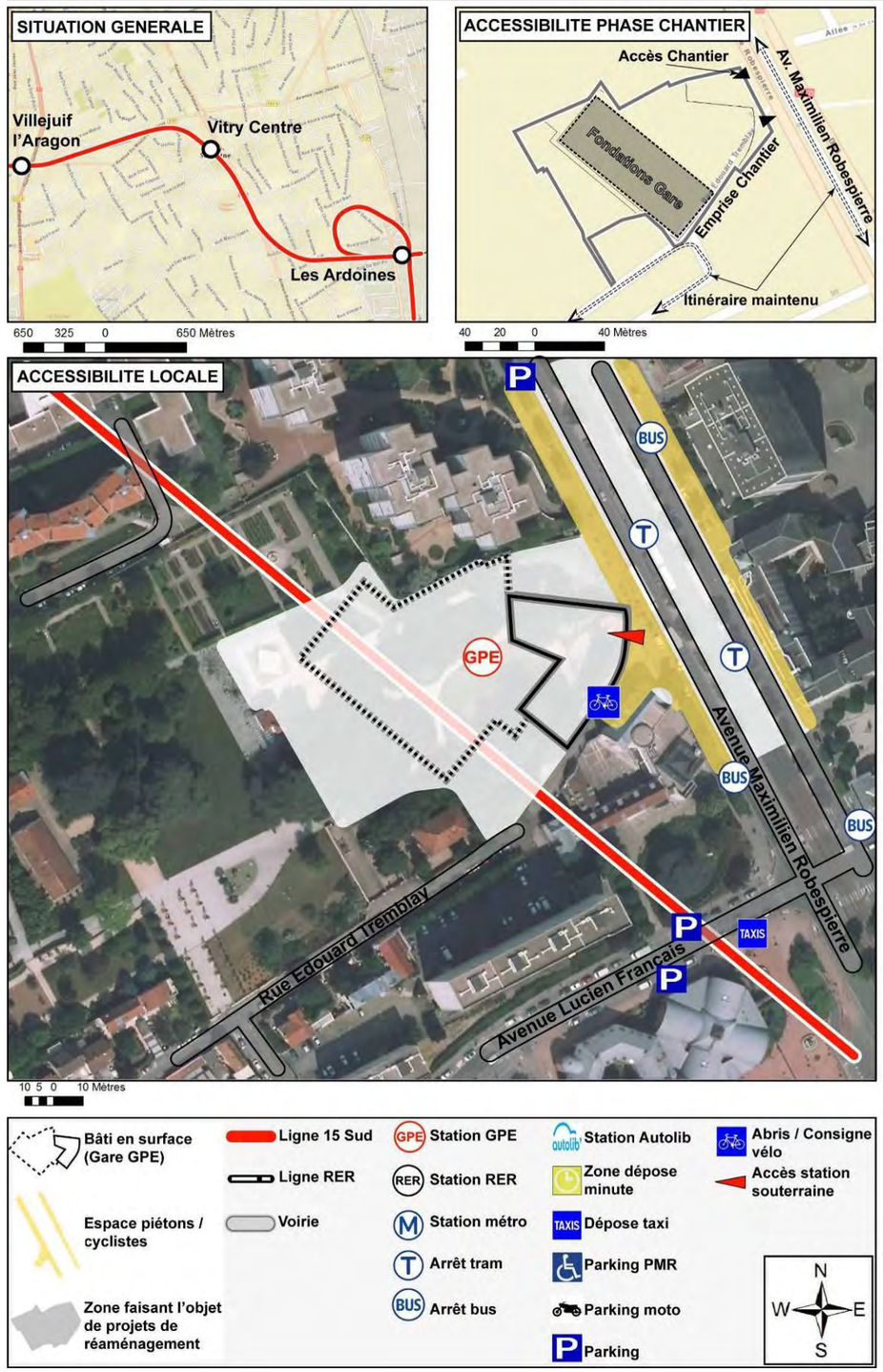
PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	Les circulations de chantier devront se faire exclusivement via le passage souterrain sous l'A6 (hors service actuellement). L'aménagement de la piste de chantier reliant l'emprise chantier à ce passage devra se faire dans le cadre du projet ZAC Campus Grand Parc. Cet accès sera commun aux deux chantiers (projet de ZAC et gare). Les voieries actuelles et les circulations piétonnes au Nord de la gare ne seront donc pas impactées par les chantiers.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est une gare profonde qui accueillera deux nouvelles lignes du réseau de transport Grand Paris en correspondance : les lignes 15 (ligne rouge) et 14 Sud (ligne bleue). La correspondance entre les deux lignes se fait au sein du bâtiment de la gare. La Gare de Villejuif IGR est desservie à terme par 9 lignes de bus : la ligne 47, 57, 131, 162, 186, 380, D1, X1 (ligne express en provenance de l'A6) et la ligne X2 (ligne express Nouvelle Nord Essonne en provenance de l'A6). L'aménagement du pôle Bus n'est pas encore finalisé à ce stade des études. Selon les dernières propositions, l'aménagement consisterait en des postes à quais répartis le long des voiries, notamment le long de la rue Edouard Vaillant, de l'allée du Parc et de la rue de la Redoute. Le projet prévoit le passage de 8 lignes de bus par l'allée du Parc dont 4 en double sens. Les postes de régulation pour les lignes en terminus sont dispersés, entre autre sur l'allée du Parc, au niveau de La Redoute et sur le parvis de la Gare dans la partie Ouest.
	Accessibilité routière	La gare de Villejuif IGR s'implante au Nord du parc des Hautes-Bruyères, en face de l'Institut Gustave Roussy. Trois voiries entourent la gare : le rue Edouard Vaillant, la voie des Sables et le chemin de la Redoute. L'aménagement de la zone à proximité de la gare prévoit de supprimer au maximum les places de stationnements extérieurs IGR au profit d'espaces publics en les concentrant dans un parking enterré sous la voie des sables. Le nombre d'emplacements de stationnement planifié à ce jour est de 848 places sur 5 niveaux dont une trentaine pourrait être attribués au personnel d'exploitation de la gare. L'entrée de ce parking souterrain est aujourd'hui envisagée au croisement de la rue qui mène à La Redoute et de la rue Edouard Vaillant. Deux zones de stationnement 2 roues sont implantées au Nord du parvis côté IGR, dans un périmètre de moins de 50 mètres des accès à la gare. La Borne Taxi se trouve à proximité de l'aire d'attente abritée par la toiture alors que le stationnement lui-même se fera le long de la rue Edouard Vaillant. La dépose minute est également aménagée sur le parvis Nord-Ouest, le long de la rue Edouard Vaillant dans le prolongement du stationnement aménagé pour les taxis (à moins de 40 mètres des accès et à moins de 20 mètres du parvis couvert). Une station Autolib' est aménagée à l'Est du parvis, le long de la rue Edouard Vaillant.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Les voyageurs en provenance de la ville accèdent à la gare au niveau rez-de-chaussée. Le flux de déplacement entre la ville et la gare est de 45 voyageurs montants par minute et 29 voyageurs descendants par minute à l'heure de pointe du matin (les flux étant pendulaires, les chiffres sont inversés à l'heure de pointe du soir). Des accroches vélos et une consigne Véligo sont intégrés dans le rez-de-chaussée de la gare. Le projet de la ZAC planifie l'aménagement de bandes cyclables le long de la coulée verte ainsi que des zones partagées cycles et piétons dont une au niveau de la promenade des Horizons. Ces deux types de cheminements se croisent sur le parvis Est de la Gare et assurent le lien avec la ville. Une consigne collective de 40 places dans un rayon de 6 mètres par rapport aux accès, en relation directe avec la piste cyclable est prévue dans le plan d'aménagement de la ZAC sur la promenade des horizons. Une zone d'accroches-vélos au Sud capable de recevoir 32 vélos est également prévue proche de la promenade des horizons ainsi qu'une zone de vélos en libre-service au Nord Est, à proximité immédiate de la piste cyclable qui suit la coulée verte. Le temps d'accès de l'abri vélo à l'entrée du quai est estimée entre 3.5 et 3.9 minutes pour la ligne 14 et entre 4.5 et 5 minutes, pour la ligne 15.

1.21.3.8 VILLEJUIF LOUIS ARAGON



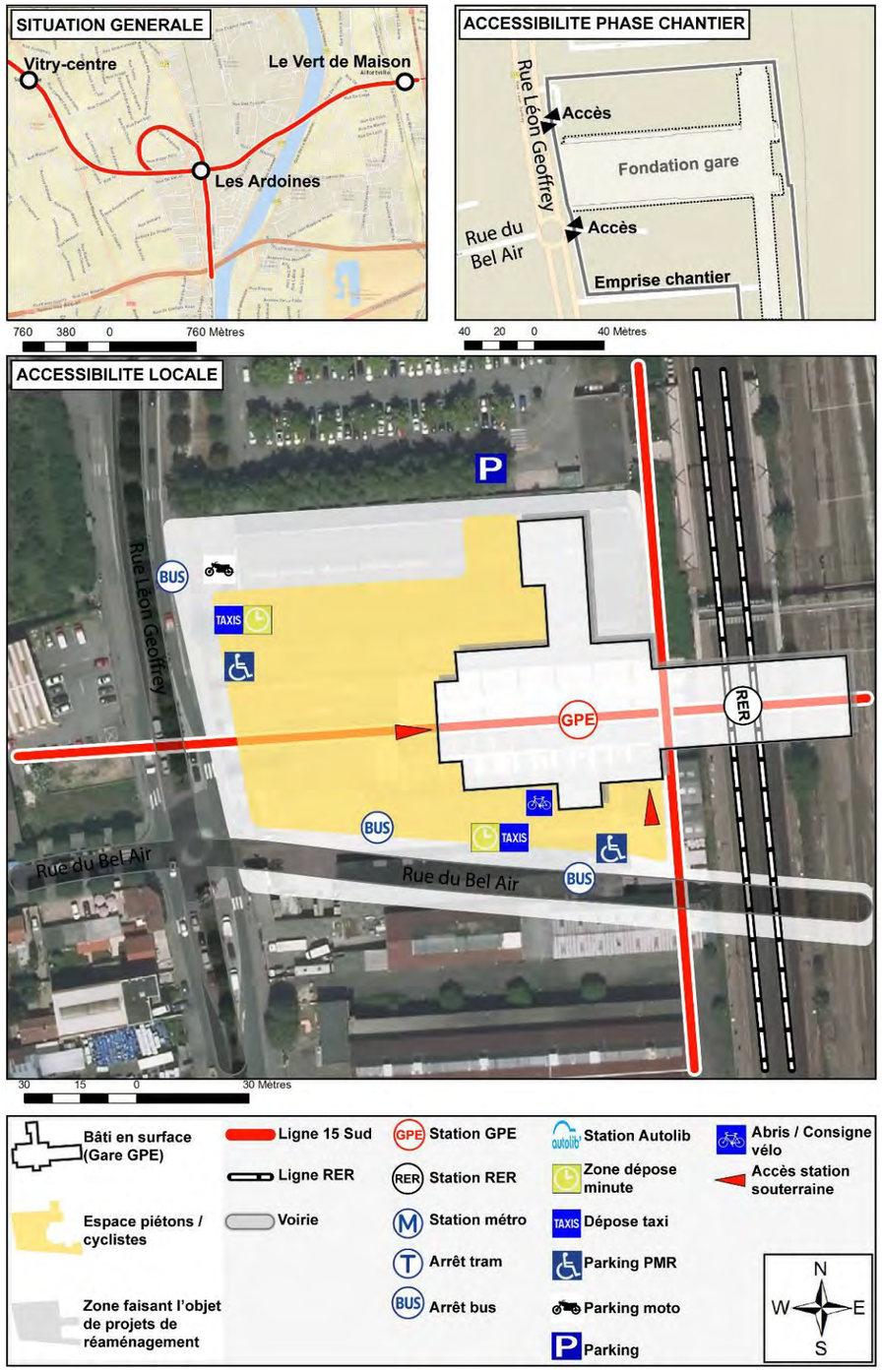
PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	La situation de la gare et l'obligation de maintenir l'ensemble des axes de circulation conduisent à des emprises chantier réduites. Le phasage prévoit le maintien d'une voie de circulation sur l'avenue Louis Aragon pendant toute la durée du chantier. Les arrêts de bus 172 de l'avenue Louis Aragon devront être supprimés sur cette avenue pendant la durée du chantier, car le maintien d'une seule voie de circulation dans chaque sens ne permettra pas un stationnement de bus sans gêner la circulation. Les phases de fermeture de Stalingrad et de la rue Jean Jaurès ont des impacts sur la circulation d'autres lignes de bus. Le chantier de correspondance RATP aura des conséquences sur le fonctionnement de la gare routière et sur les bus V7 et 286 dont l'arrêt sur le trottoir Est de la RD7 devra être déplacé. Une circulation piétonne est maintenue pendant les différentes phases de chantier.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare vient s'insérer au sein d'un ilot multimodal accueillant le métro terminus de la ligne 7, le tramway T7 (terminus vers Athis-Mons) et une gare routière de 9 lignes de bus. La correspondance avec le métro ligne 7 s'effectue au sein du bâtiment, et la correspondance avec le tramway T7 et la gare routière se fait en surface. La gare routière, située sur le boulevard Maxime Gorki, regroupe 7 lignes de bus et 2 lignes de Noctilien (286, 180, 580, 162, 172, 185, V7+ N22, N15). L'arrêt de la ligne 172 est situé sur l'avenue Louis Aragon.
	Accessibilité routière	La gare s'implante en limite de deux axes routiers importants, l'avenue Louis Aragon (axe Est-Ouest) et le boulevard Maxime Gorki (RD7) reliant Villejuif à Paris à la porte d'Italie (axe Nord-Sud). A l'échelle de l'îlot, le parking relais existant (472 places) actuellement situé au Sud de l'ilot Aragon doit être réaménagé en sous-sol et les accès à ce parking sont en cours de définition, mais ils devraient se situer plus près de la gare, en cœur d'îlot. Ce parking devrait contenir 250 places publiques (P+R) à terme. Le projet prévoit l'aménagement d'une dépose minute (2 places) et d'une station de taxis (3 places) de l'autre côté de l'avenue Aragon, à la place du stationnement existant se trouvant en bordure de voie de bus. Un parking 2 roues (10 places) sera aménagé côté Ouest de l'avenue Stalingrad. Une place de stationnement PMR est prévue sur l'avenue de Stalingrad à proximité d'un des accès à la station souterraine.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	La gare dispose de deux accès distincts de part et d'autre de l'ilot, donnant sur les carrefours Aragon/Stalingrad et Aragon/Gorki. Ces deux accès se rejoignent sur un palier d'arrivée commun au niveau -1. Les ascenseurs vitrés du parvis arrivent également sur ce grand palier d'accueil. La salle des billets regroupe tous les espaces de services aux voyageurs sur une même façade, largement éclairée par l'émergence, et très visible depuis l'ensemble des cheminements. Les flux de déplacements à l'heure de pointe du matin est de 45 personnes sortants et 63 voyageurs entrants/minute. Ces flux s'inversent à l'heure de pointe du soir (63 sortants et 45 entrants). L'aménagement d'un abri vélos (60 places) et d'une consigne Véligo (100 places) est prévu. La gare sera reliée aux pistes cyclables aménagées boulevard Gorki et avenue Aragon. Dans le cadre du réaménagement de l'ilot, un deuxième pôle vélos pourrait être réaménagé en cœur de l'intermodalité. L'interconnexion avec le terminus du tramway T7 en direction d'Athis-Mons s'effectue en surface à une distance d'environ 100m par rapport à l'entrée de gare Aragon/Stalingrad.

1.21.3.9 VITRY CENTRE



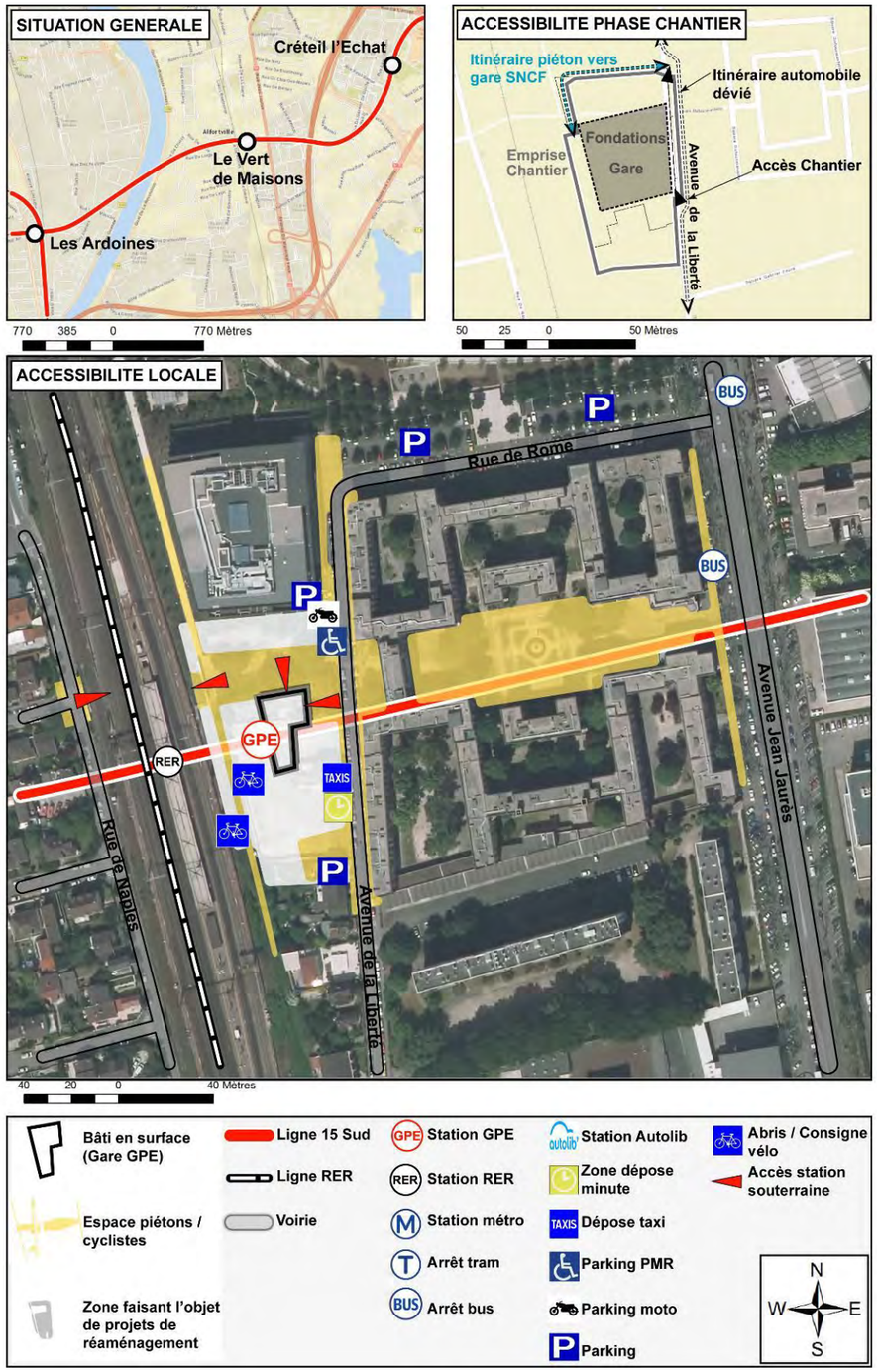
PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	Les accès au chantier se font via l'avenue Maximilien Robespierre (véhicules) et la rue Edouard Tremblay (piéton). Les travaux augmenteront sensiblement le trafic local des poids lourds nécessaires aux approvisionnements et à l'évacuation des déblais. Ce trafic sera supporté par l'Avenue Maximilien Robespierre (RD5), par laquelle se font les entrées et les sorties des véhicules. Une option alternative à l'étude est l'emmenée des déblais à la Friche Arrighi pour évacuation fluviale.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare s'implante en face d'un arrêt du projet de tramway T9. Un « plateau traversant » offrant de larges traversées piétonnes sécurisées par des feux traverse la RD5 dans l'axe de l'avenue du Général Leclerc et permet de sécuriser l'interconnexion GPE/T9. Au-delà de la ligne 183 qui pourrait être supprimée à la mise en place du tramway, trois lignes de bus traversent le secteur : 172, 180, 132. Des arrêts seront prévus à proximité du plateau traversant face à la gare. La position des arrêts de bus sur le plateau est encore à l'étude.
	Accessibilité routière	La gare est entourée des voiries suivantes : L'avenue Maximilien-Robespierre (RD5) est l'axe structurant historique de Vitry. Elle est actuellement le troisième axe le plus emprunté au Sud de Paris avec plus de 20 000 véhicules par jour. La RD5 doit faire l'objet d'une requalification dans le cadre de l'arrivée du tramway Paris–Orly (TPO). La RD5 relie les ZAC Concorde Stalingrad au Nord et la ZAC Rouget de Lisle au Sud. La rue Edouard-Tremblay longe le parc du Coteau. Peu empruntée sur ce tronçon, elle dessert des immeubles de logements. Elle permet aux circulations douces et aux piétons de relier la RD5. Les véhicules motorisés ne peuvent pas rejoindre la RD5 depuis la rue E. Tremblay. La rue des Papelots est une rue sans issue pour les véhicules. Elle longe le parc du Coteau et les immeubles de logements implantés parallèlement au parc. Quatre parcs de stationnement ont été recensés dans un périmètre de 500 m autour de la future gare, dont un appartient à un supermarché. Ils sont exploités par la SEMISE, société d'économie mixte. Il n'y a pas de places de stationnement dans le parc du Coteau. Le projet de requalification du boulevard (RD5) avec la venue du tramway prévoit des stations de taxi. Celui-ci devra également prévoir des places de stationnement PMR à proximité de la gare et de son parvis. Le projet de requalification prévoit également des stations de taxis.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	L'accès unique à la gare se trouve sur le parvis à l'intersection de la RD5 et de la rue E. Tremblay. L'entrée permet de relier le parvis au bâtiment « voyageurs » de la gare souterraine grâce à une rampe à pente douce (4%) sans emmarchement ou ascenseurs, garantissant l'accessibilité de ce plateau multimodal aux PMR. Les temps de parcours estimés de milieu de quai du tramway T9 à milieu de quai de la gare GPE est estimé 3.48 min. Aucune station de vélos en libre-service n'est disponible actuellement dans la zone de 500 m entourant la gare. Deux emplacements vélos seront réservés au droit de l'émergence dans l'emprise du bâtiment gare donnant sur le parvis : des abris pour vélos de 60 places protégés des intempéries, et une consigne sécurisée de type Véligo de 40 places. Des pistes cyclables sont prévues dans les aménagements du boulevard du T9 sur l'avenue Maximilien-Robespierre (RD5). Les temps de parcours estimés du quai de la gare GPE à l'abri-vélo est estimé 2.94 min.

1.21.3.10 LES ARDOINES



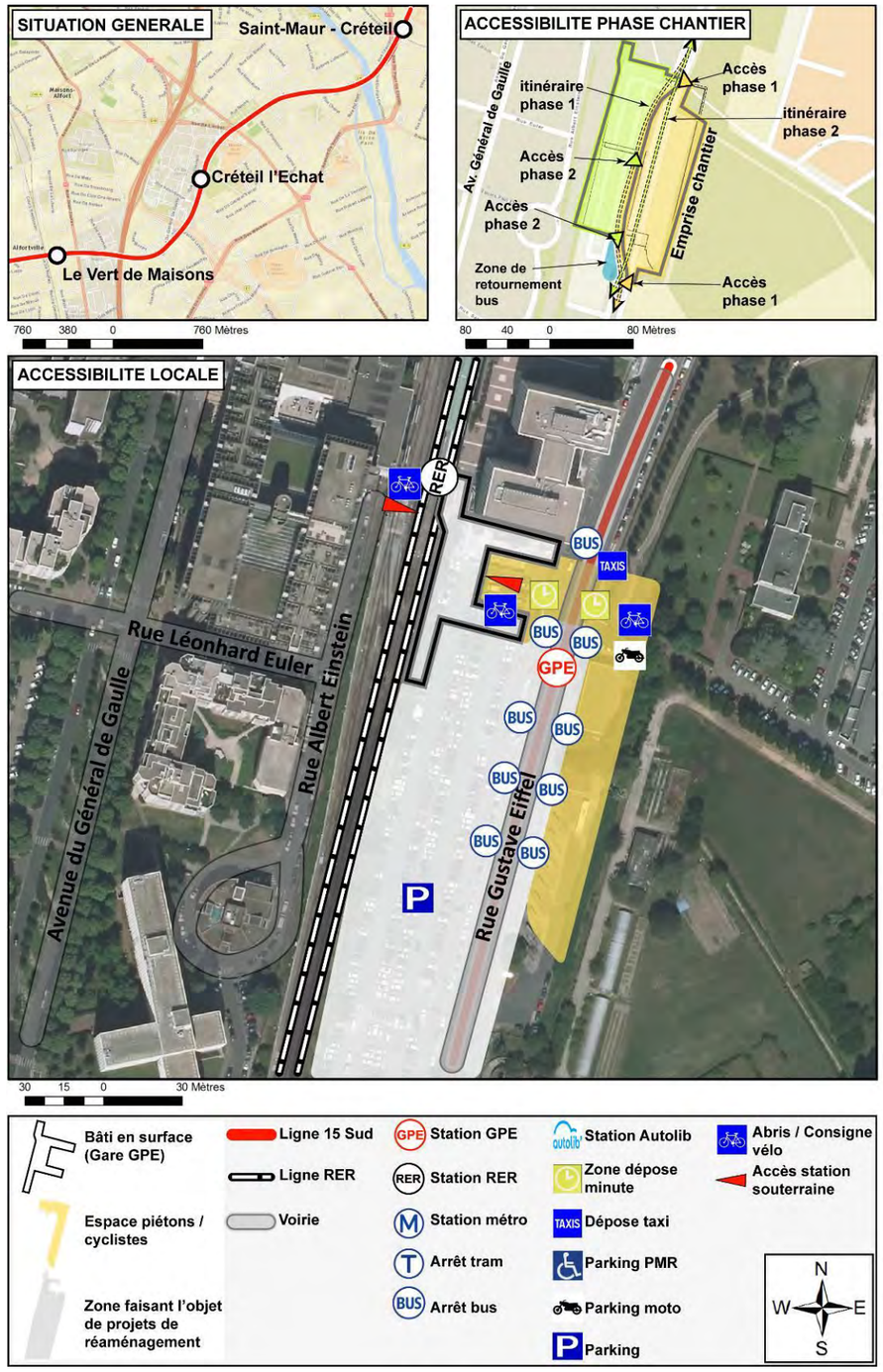
PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	Le chantier de la gare ne modifiera pas les itinéraires routiers puisque son emprise jouxtera, sans l'empiéter, la rue Léon Geoffrey. La rue du bel air sera prolongée dans le cadre de l'aménagement urbain du quartier, sans impact majeur sur la mobilité routière dans la zone. Seul le charroi important dû aux travaux (de terrassement notamment) aura un impact significatif sur la circulation locale.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare des Ardoines, du fait de son implantation, permet l'intermodalité entre la ligne du GPE et celle du RER C. Les arrêts de ces deux liaisons sont regroupés au sein d'un même complexe, facilitant les correspondances. La sortie Sud de la gare débouche, après quelques mètres, sur le tracé en site propre du transport en commun TZen (bus à haut niveau de service). L'arrêt desservant la gare devrait être situé plus à l'Ouest, sur le prolongement de la rue du Bel Air, et se trouver relativement proche de l'entrée Ouest du complexe (la localisation précise n'est toutefois pas encore arrêtée). Cette entrée Ouest donne également, par le biais d'un parvis piétonnier aménagé au-dessus des lignes du GPE, sur la rue Léon Geoffrey et l'arrêt de bus qui est aménagée au Nord-Ouest de la gare (ligne n°182). La gare des bus est prévue au Nord du parvis avec des arrêts sur la rue Léon Geoffroy sans précisions sur ses dimensions.
	Accessibilité routière	Le site de la gare est longé à l'Ouest par la rue Léon Geoffrey, axe permettant de joindre l'autoroute A86 (au Sud) à la D148 en desservant des quartiers résidentiels et d'activités de Vitry-sur-Seine. La voirie est divisée en deux espaces, l'un étant réservé à la circulation automobile en double sens et l'autre à la circulation des bus, en double sens également. Au Nord, le parking de la gare existant (400 places), accessible depuis la rue Léon Geoffrey, permettra aux automobilistes d'opérer un changement modal vers le train, le métro ou le bus. Au Sud, la gare donnera sur la rue du Bel Air et son prolongement, sous forme de pont ferroviaire, qui sera réalisé au-dessus des voies de la ligne du RER C. Cet axe est appelé à faire la connexion entre les quartiers résidentiels à l'Ouest de la gare et le nouveau quartier mixte (ZAC Gare Ardoines) à l'Est. La circulation sur cet axe est dissociée entre d'une part la circulation automobile en double sens et d'autre part la circulation en site propre du TZen.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	La gare possède deux entrées donnant à l'Ouest et au Sud. Elles sont respectivement accessibles depuis le parvis, suivant une légère pente ascendante, et la zone de trottoir bordant la rue du Bel Air. Le parvis au Nord de la gare permet lui de relier rapidement la zone de parking de la gare. A noter que quelques marches doivent être empruntées pour rejoindre le parvis depuis la rue Léon Geoffrey dans l'axe de l'entrée Ouest. Un garage Véligo et un abri à vélos (de 60 et 40 places) sont implantés entre ces deux entrées, contre la façade Sud du bâtiment et indifféremment accessibles depuis les rues du Bel Air ou Léon Geoffrey. Des pistes cyclables sont prévues dans tous les aménagements de la ZAC pour les accès à la gare. La consigne de 40 vélos est située dans un volume fermé sous le parvis d'entrée de la gare SNCF. Une rampe à faible pente permet d'y accéder depuis le parvis d'entrée de la gare GPE. D'autres abris pourront être créés à proximité en fonction de l'implantation du terminal de bus.

1.21.3.11 LE VERT DE MAISONS



PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	L'avenue de la Liberté, à sens unique, verra une partie de ses places de stationnements supprimées sur 70m environ (tout en laissant une bande de circulation de 3m pour les automobilistes, et 1.40m pour les piétons). Les entrées/sorties du chantier se feront également par cette rue.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La future gare de Vert de Maisons se situe en limite des communes d'Alfortville à l'Ouest et de Maisons Alfort à l'Est. Elle occupe le parvis de la gare RER D existante, avec laquelle elle assure une correspondance. L'accès aux quais du RER D se fait, soit depuis le parvis par le passage piéton existant, soit par un passage souterrain reliant les quais du RER D à la salle d'échange de la gare GPE située sous le niveau du parvis. Le temps de correspondance GPE-RER est de 6 minutes. Il n'y a pas d'arrêt de bus prévu devant la gare. Les arrêts du bus 181 sont sur la RD6 située de l'autre côté du Square Dufourmantelle. La fermeture au public du square réalisée dans le cadre de la résidentialisation de l'ensemble immobilier implique le passage par la rue de Rome pour rejoindre l'arrêt de bus, soit une distance d'environ 300 mètres.
	Accessibilité routière	L'avenue de la Liberté qui borde le site à l'Est est à sens unique avec des places de stationnement et des trottoirs étroits disposés de part et d'autre. 7 places seront supprimées sur l'avenue pour l'aménagement du parvis, mais 9 places seront créées par les aménagements dont 2 places PMR. Compte tenu de l'exiguïté du site il n'est pas prévu de places de stationnement au niveau du parvis en dehors du dépose minute et des emplacements pour taxis, véhicules utilitaires, police et fourgon blindé. Le projet prévoit également l'aménagement de places pour PMR et pour motos à l'extrémité Nord-Est du parvis. Les PMR doivent dès lors traverser le parvis pour accéder à l'entrée de la gare (soit 40 mètres environ). Un parking souterrain de 196 places est prévu pour le projet immobilier tiers. 10 places de stationnement motos sont prévues contre le mur pignon du bâtiment qui accueille les commerces.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	L'accès principal à la gare se fait à partir du parvis. Tous les espaces publics sont accessibles aux personnes en situation d'handicap. Le personnel dispose d'un accès indépendant en façade Ouest. Un accès est également réservé, en façade Est, aux convoyeurs de fonds. Le programme prévoit un abri vélo de 50 places intégré dans le talus le long des voies ferrées. Une consigne collective de 40 emplacements vélo est également prévue au sein du socle que forme la gare. Cette consigne donne directement sur la piste cyclable. 30 emplacements supplémentaires devront être aménagés côté Alfortville. La piste cyclable aménagée dans la « coulée verte » qui longe le talus de la voie ferrée au Nord devrait être prolongée au Sud dans le cadre du projet. Les flux de déplacements ville-gare GPE est de 51 personnes sortantes/min et 95 personnes entrantes/min à l'heure de pointe du matin et 140 personnes sortantes/min et 33 personnes entrantes/min à l'heure de pointe du soir.

1.21.3.12 CRETEIL L'ECHAT



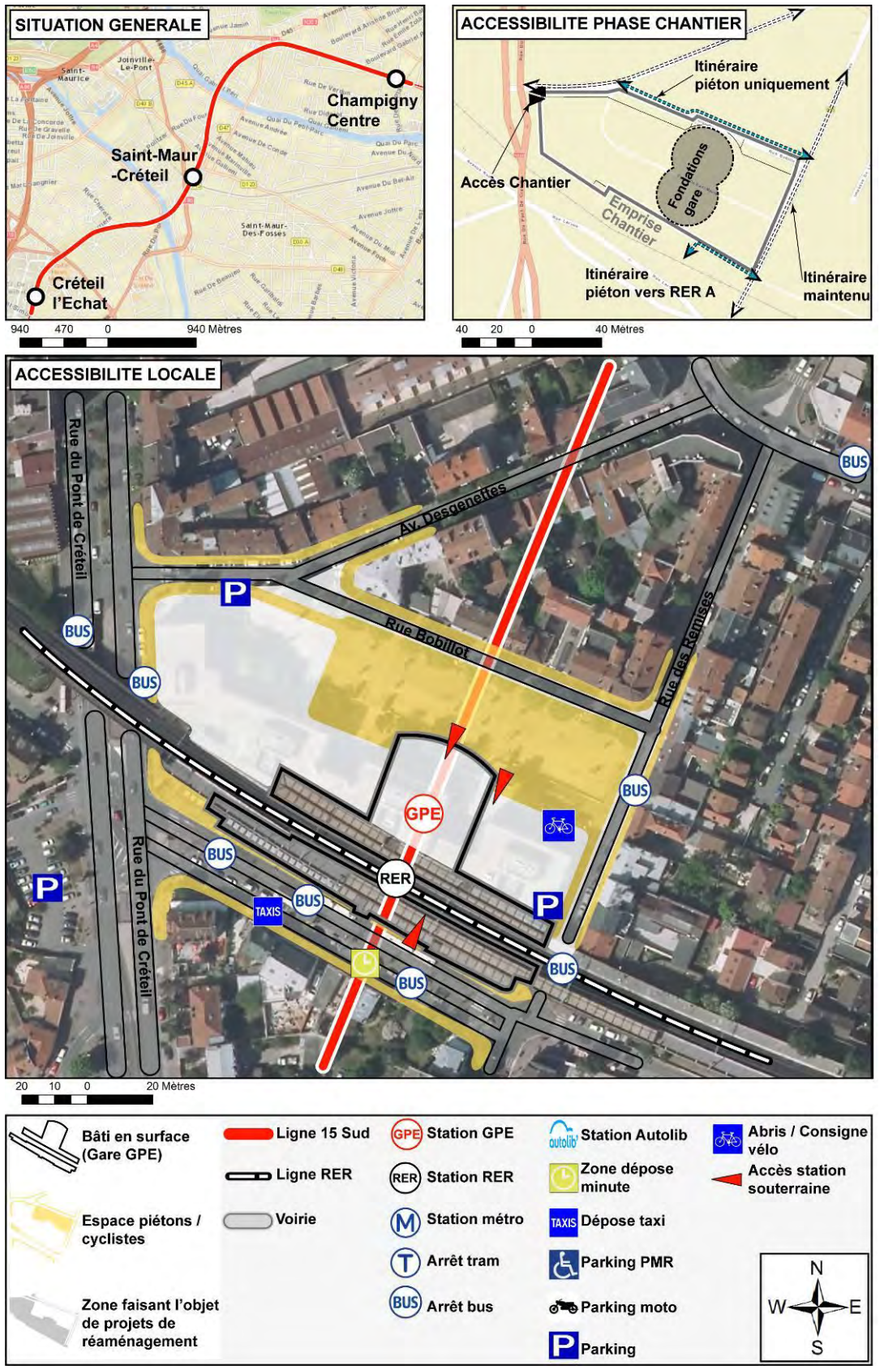
PHASE CHANTIER

Accessibilité générale du site	Lors de la phase 1 du chantier, la rue Gustave Eiffel est déviée sur le parking-relai. Une zone de retournement de bus sera prévue pour le bus RATP 172 au Sud de l'emprise. En phase 2, le chantier sera rebasculé sur le parking relai, et la circulation se fera à nouveau sur la rue Gustave Eiffel (les bandes de circulations seront toutefois réduites). Pendant toute la durée des travaux, des feux tricolores seront installés pour réguler la circulation et des cheminements piétonniers (ainsi que des passages pour piétons) seront mis en place afin d'assurer les circulations piétonnes.

PHASE D'EXPLOITATION

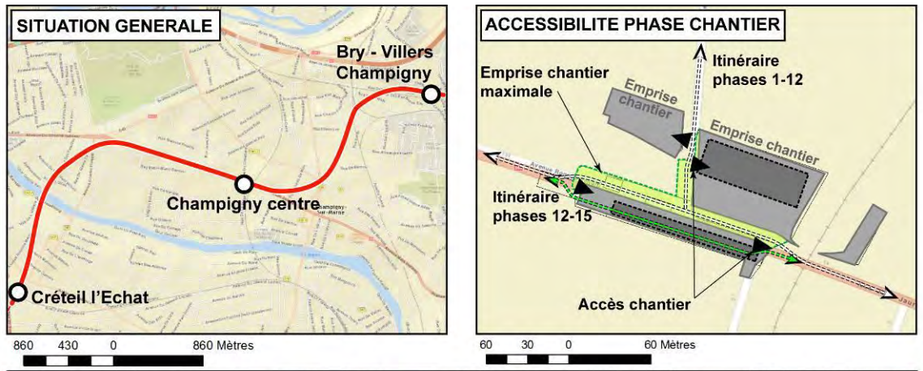
Accessibilité en transports en commun	La gare de Créteil l'Echat est un complexe connectant deux lignes de métro souterraines parallèles : la LM8 et la ligne du GPE. Si la station de la LM8 est préexistante au projet de gare, cette dernière représente une extension de la station vers la rue Gustave Eiffel (au Sud), sous laquelle est aménagé la ligne du GPE et la station associée. En surface, la gare débouche donc coté Est, sur un parvis donnant accès à la rue Gustave Eiffel et aux bus de la ligne n°172 qui pourront s'y trouver stationnés de part et d'autre (au niveau de l'ancienne gare routière notamment). La gare de bus existante sera détruite pour laisser place à un mail piétonnier. Une nouvelle gare routière, linéaire, de chaque côté de la rue Gustave Eiffel est prévue. Le temps d'accès à la gare depuis la gare bus n'excédera pas 2 min. La communication Ouest vers l'avenue du Général de Gaulle est également conservée (au travers des galeries de l'Echat), assurant une communication avec une seconde ligne RATP (n°281).
Accessibilité routière	La gare est implantée contre la ligne préexistante LM8 et en bordure avec la rue Gustave Eiffel. Cet axe réaménagé propose deux bandes de circulation destinées aux véhicules particuliers, qui ont la possibilité de s'arrêter devant le parvis de la gare (de chaque côté de la rue) au niveau de deux espaces « dépose-minute » matérialisé par des décroché dans les trottoirs latéraux. Des places pour les taxis sont prévues aux abords du parvis. Via la connexion piétonne vers la rue Général de Gaulle, les usagers ont également la possibilité d'accéder à la gare via cet axe même si ce secteur n'est pas adapté pour la desserte automobile de la gare (pas d'espace alloué au stationnement temporaire des usagers). Il est toutefois possible de passer au-dessus ou au-dessous (rue Saint-Simon) des lignes de métro de la LM8, au Nord ou au Sud de la gare, pour rejoindre l'entrée principale de la gare. La réalisation de la gare suppose la suppression du parking aérien actuellement existant. Dans le cadre de la réalisation du projet connexe à la gare, un parking public de 190 places sera reconstitué.
Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Un mail piétonnier sera créé à la place de la gare bus existante, et longera la rue pour rejoindre la place traversante de la gare et la nouvelle entrée Ouest de l'hôpital Henri Mondor. La rue Gustave Eiffel présente, en démarcation des deux bandes de circulation automobile, une bande cyclable double-sens qui sécurise les déplacements Nord-Sud pour ce mode actif. Par ailleurs, dans le prolongement du parvis de la gare au travers de la rue Gustave Eiffel, une zone d'espace partagé prend place pour permettre les traversées piétonnes vers le côté opposé de la rue et notamment le CHU. Large d'une trentaine de mètres et en légère descente depuis le bâtiment de la gare, cet espace assure la priorité aux modes actifs sur les déplacements motorisés et se poursuit (coté Est) par un mail piétonnier bordant le parc du CHU. Un espace destiné au stationnent vélo est prévu face à l'entrée de la gare (44 places, les cycliste ayant ensuite à traverser la rue via l'espace partagé pour entrer dans la gare), tandis que 2 locaux vélo sont prévus : 30 places directement sur le parvis ; 60 places à proximité de l'entrée Ouest de la gare et de l'entrée de la Galerie de l'Echat.

1.21.3.13 SAINT - MAUR CRETEIL



PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	Deux scénarii de chantier sont à l'étude. Dans les deux cas, une fermeture provisoire de l'accès à la gare via le parvis sera nécessaire pour la démolition de la partie du bâtiment existant au-dessus de cette sortie. Dans le premier scénario, l'accès à la gare via le parvis devra être condamné pendant la phase démolition, les voyageurs devront ainsi sortir du côté de la gare routière. Un passage pour les engins de démolition sera inclus dans l'emprise chantier au droit du bâtiment côté parvis. Dans le second scénario, la démolition se fait en 2 temps : en premier lieu, le bâtiment côté rue du pont de Créteil sera démoli puis, une sortie provisoire sur le quai sera mise en place afin de procéder à la démolition du bâtiment restant en condamnant l'accès de la gare donnant sur le parvis. Quelque soit le scénario choisi, une partie de la rue de Bobillot sera coupée tout en maintenant un accès riverain ainsi qu'un cheminement piéton. Pendant les travaux, le parking sous le parvis (400 places publiques, 200 places privées) devra être démoli. Les études préliminaires ont montré une capacité de restitution de 110 places environ pendant les travaux.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	Le Réseau de Transport du Grand Paris se développe en sous-sol sur un axe Nord – Sud et croise le réseau du RER A de façon orthogonale au niveau de la gare existante. La future gare Saint-Maur Créteil du Grand Paris sera donc en correspondance avec la gare du RER A. Aujourd'hui 6 lignes de bus desservent le quartier (306, 107, 317, 112, 111, TVM) et l'actuelle gare routière est amenée à se développer pour accueillir la future ligne de Bus Est – Trans Val de Marne, TVM. Actuellement, le pôle est constitué de 5 postes à quai. La nouvelle gare proposera un poste à quai supplémentaire intégré à proximité de l'arrêt du TVM et de l'accès au lien de ville sur la rue Leroux.
	Accessibilité routière	La gare Grand Paris Express de Saint-Maur Créteil est localisée dans une boucle de la Marne à l'Ouest du territoire de la commune de Saint-Maur des Fossés. Elle est située le long d'un espace public majeur, le parvis de Saint-Maur (place du marché), bien desservi par des voies structurantes à l'échelle de la ville. A terme, le projet prévoit deux parkings indépendants de deux niveaux de part et d'autre des puits de la gare sous le parvis d'environ 392 places au total. Des emplacements dédiés aux taxis et au dépose-minute sont proposés sur la rue Leroux à proximité de l'accès au lien de ville existant.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Le bâtiment voyageur s'insère au centre de la place du marché de Saint-Maur-Créteil, appelée le « parvis de Saint-Maur » au plus proche de la correspondance avec le RER A. Deux accès sont présents sur la façade Nord et une au niveau du lien de ville sur la rue Leroux. Une consigne et un abri-vélo Véligo sont à prévoir à moins de 70m de la gare côté parvis.

1.21.3.14 CHAMPIGNY CENTRE





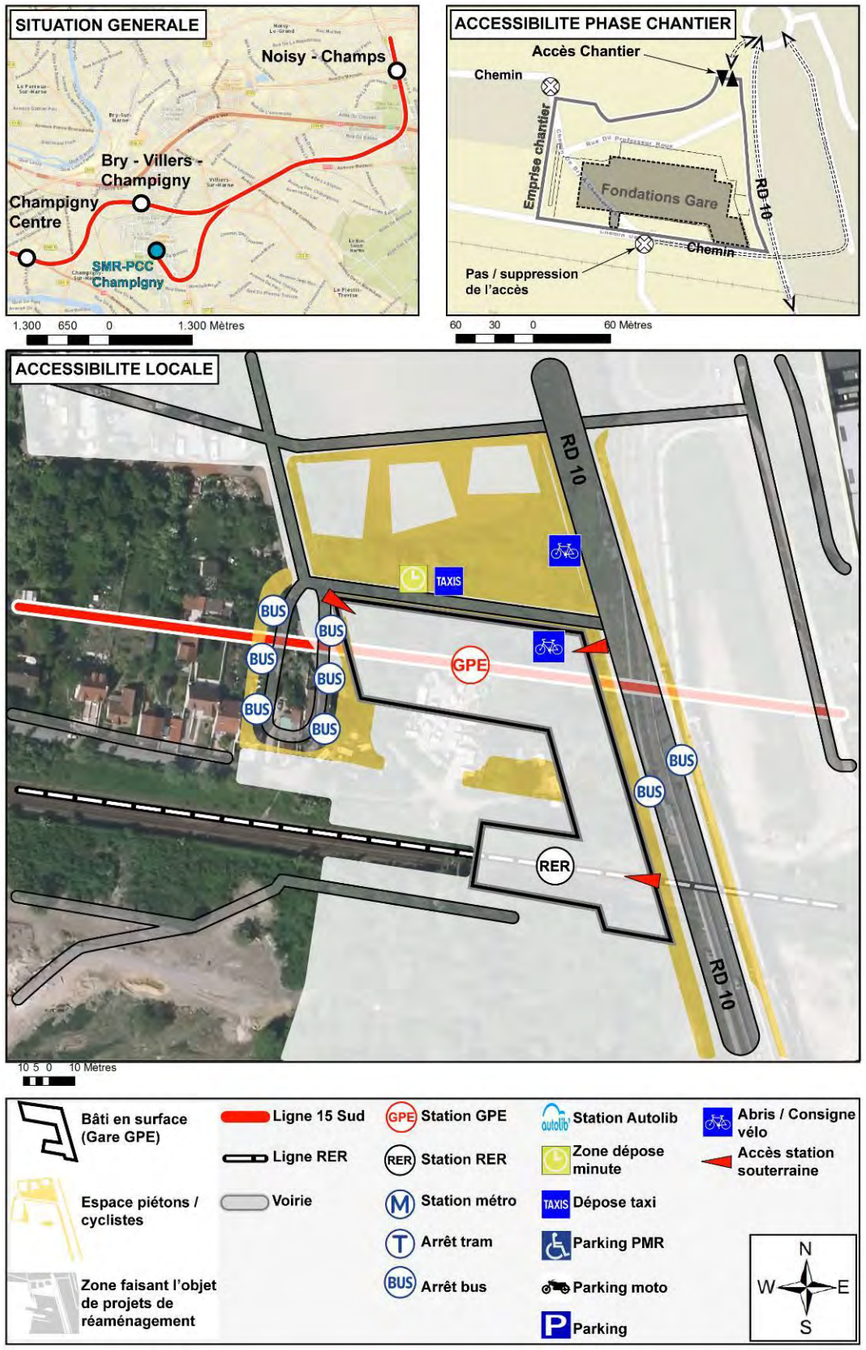
PHASE CHANTIER

Accessibilité générale du site	Selon les phases du chantier, la circulation sur l'avenue Roger Salengro se fera côté Nord ou Sud de la chaussée. La circulation sur cette dernière ne sera jamais coupée entièrement. Lorsque les travaux empiéteront sur la chaussée, la circulation sera maintenue dans les deux sens avec une bande par sens de circulation. Selon les phases du chantier, la rue du Cimetière (lorsque nécessaire) sera mise en impasse, coupée à la circulation ou mise à sens unique. Lorsque la circulation sera coupée, un passage pour les piétons sera néanmoins conservé. Pendant toute la durée des travaux, des feux tricolores seront installés pour réguler la circulation et des cheminements piétonniers (ainsi que des passages pour piétons) seront mis en place afin d'assurer la circulation piétonne.

PHASE D'EXPLOITATION

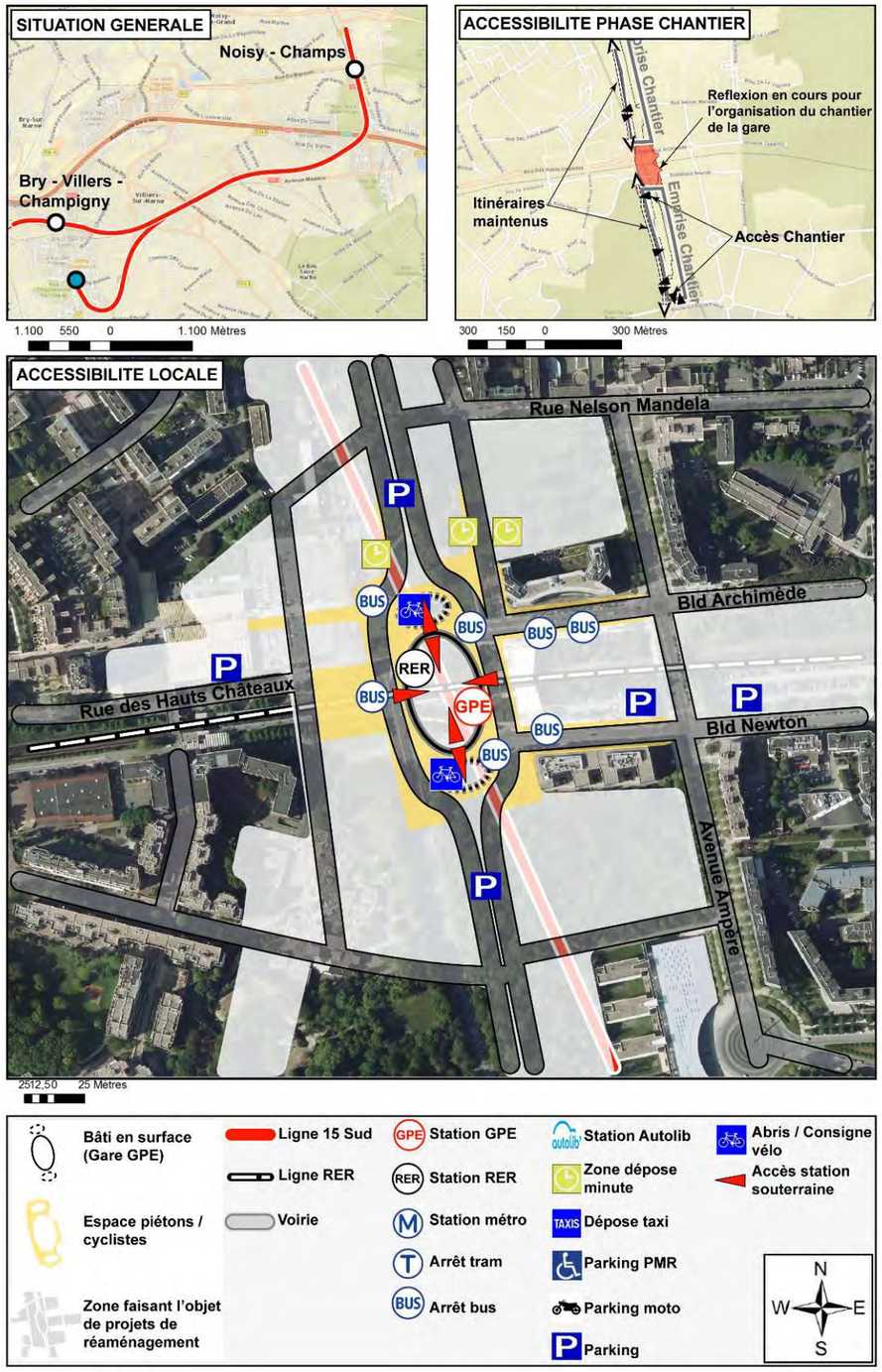
Accessibilité en transports en commun	La gare de Champigny Centre est un complexe qui accueille la jonction entre deux lignes de métro du Grand Paris Express : la branche Sud (rouge) de la ligne 15, et la branche Est (orange) de la ligne 15. Actuellement, 3 lignes de bus desservent la parcelle choisie pour l'implantation de la gare: les bus 108 et 110 et le Noctilien N33. Les arrêts de bus sur le trottoir Nord de l'avenue Salengro conservent leur position après création de la gare tandis que ceux du trottoir Sud seront repositionnés face au parvis de la gare pour leur donner une meilleure visibilité. De plus, le linéaire des bus sur l'avenue Salengro sera revu afin de faciliter leur passage.
Accessibilité routière	La gare est implantée en bordure de la rue du Cimetière et de l'avenue Salengro. 70 places existantes ont été identifiées. Avec le projet de gare, ces deux voiries seront réaménagées : • Avenue Salengro : 2 places de stationnements sont supprimées au profit des déposes bus et 6 stationnements taxi sont créés face au parvis de la gare, proche de l'entrée principale ; • Rue du Cimetière : 5 places de stationnements sont supprimées pour permettre l'implantation des sorties de secours et des abris Véligo et 3 stationnements réservés et des stationnements 2 roues motorisées sont créés (à une distance de 65 m de l'entrée de la gare).
Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Le parvis génère une nouvelle centralité urbaine autour de laquelle s'organise une offre de moyens de transports doux et collectifs. Le parvis favorise les déplacements rapides, confortables et sécurisés. La gare dispose de 2 entrées : une entrée principale à l'Ouest du talus ferroviaire, donnant sur le parvis principal et qui permet l'accès direct au hall de la gare ; une entrée secondaire, à l'Est du talus ferroviaire, qui permet d'emprunter un passage couvert menant au hall d'accueil. Les consignes Véligo sont intégrées à l'intérieur du bâtiment-voyageur, au sein du bâtiment. L'accès aux consignes se trouve rue du Cimetière. Le parcours entre les consignes Véligo et l'entrée principale, d'une distance de 65 m, se fait via le parvis, sur une aire exclusivement piétonne. Les abris Véligo se répartissent en 3 points : un abri, d'une capacité de 30 vélos, est positionné à une distance de 20 m de l'entrée principale ; les 2 autres abris, d'une capacité de 15 vélos chacun, sont adossés aux sorties de secours de la gare afin de fondre ces dernières dans l'aménagement urbain. Ils sont respectivement situés à une distance de 90 m et 100 m de l'entrée de la gare. L'accès à la gare en vélo sera facilité par de nouveaux aménagements : • À l'Est du talus ferroviaire, la voirie offre dans chaque sens une piste cyclable entre les voies et les places de stationnement ; • À l'Ouest du talus ferroviaire, l'avenue Roger-Salengro fait l'objet d'une étude urbaine de réaménagement qui propose une piste cyclable double sens au Nord de la voirie, côté parvis. En outre, la commune de Champigny projette une piste cyclable longeant le flanc Est du talus ferroviaire, pour créer un nouvel itinéraire doux Nord-Sud.

1.21.3.15 BRY VILLERS CHAMPIGNY



PHASE CHANTIER	Accessibilité générale du site	L'emprise du chantier empiétera sur le chemin des Boutareines. Cependant, ce chemin est un chemin de terre où la circulation est très limitée. L'accès au chantier se fera via une voirie d'accès au Nord de l'emprise qui rejoindra la RD10.
PHASE D'EXPLOITATION	Accessibilité en transports en commun	La gare est installée suivant l'axe Est-Ouest au plus proche des voies ferrées de sorte à offrir un accès rapide aux lignes du RER E et du Transilien. Suivant l'axe Nord-Sud, la gare est accolée au boulevard J. Monnet et au TCSP Altival qui le longe. Les correspondances à ces deux réseaux se font par voie souterraine, avec un parcours optimisé pour passer d'un réseau à l'autre. Actuellement, le site n'est pas pleinement desservi par le réseau bus. Seule, la ligne 110 approche le site en longeant le Nord du golf. Un site propre Altival devrait être mis en place le long du boulevard J. Monnet (à l'étude). Ce dernier sera complété par des lignes de bus fonctionnant tant en lignes passantes qu'en terminus à la Gare. A cet effet, 4 quais de régulation et 9 quasi de terminus ont été prévus à proximité de la gare. Le site propre Altival pourrait également accueillir les bus de lignes en passage sur le boulevard urbain et disposerait d'un arrêt mutualisé avec le quai Altival qui serait dédoublé. Depuis le pôle bus, un couloir de circulation intérieure permet d'unifier la gare et offre un passage abrité pour rejoindre le réseau RFF.
	Accessibilité routière	Les deux axes routiers les plus importants à proximité de la gare sont l'autoroute A4 au Nord, et, à l'Est, le boulevard Jean Monnet (RD10) qui la longe. Des stationnements seront aménagés dans l'environnement de la gare par le projet urbain EPAMARNE (encore non précisés) au regard des besoins des futurs projets qui pourront être envisagés sur le site. De plus, trois déposes-minutes ainsi qu'une borne taxi sont prévus le long du parvis sur la façade Nord de la gare.
	Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Le hall d'accueil de la gare bénéficie de deux entrées ouvertes sur le parvis Nord et en liaison directe à l'Est, avec le boulevard urbain et la station Altival projetée, et à l'Ouest, avec le pôle bus. Un second accès sur la façade Est a également été prévu afin d'accéder facilement aux quais du RER. Les besoins exprimés par le STIF à ce stade des études prévoient l'installation d'une consigne vélos de 80 places au rez-de-chaussée de la gare, et d'un abri pour vélos de 40 places. Le plan de développement proposé par EPAMARNE évoque des aménagements cyclables sur le boulevard urbain, ceux-ci restent néanmoins en cours de définition.

1.21.3.16 NOISY-CHAMPS



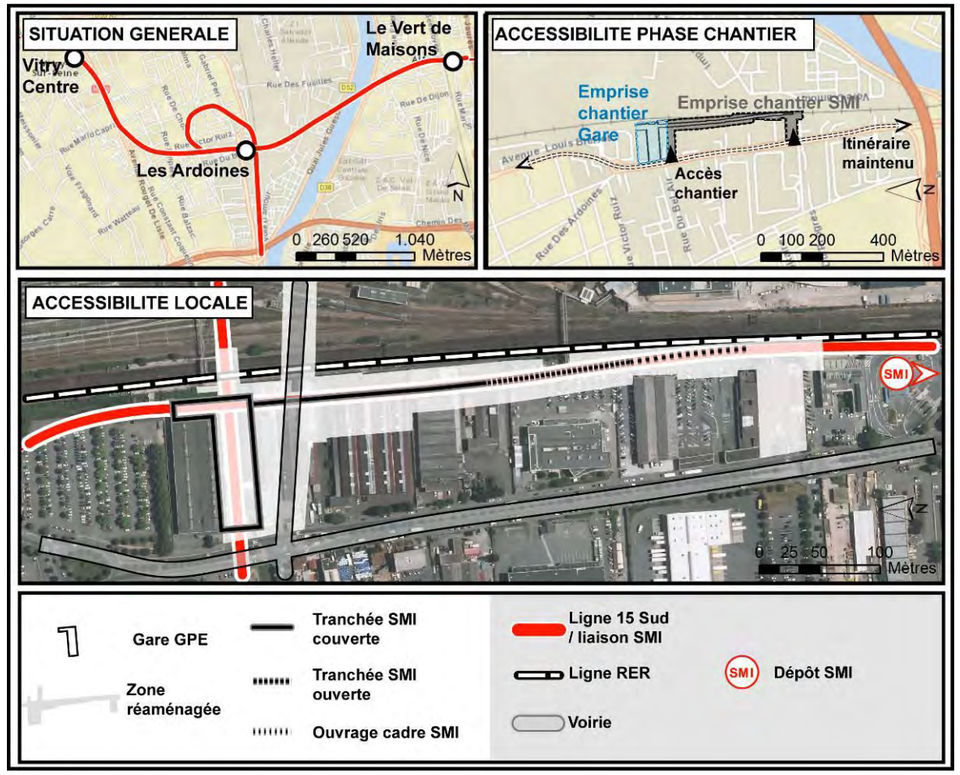
PHASE CHANTIER

Accessibilité générale du site	Les travaux de la gare de Noisy-Champs engloberont également ceux des puits 0801P et 0802P (avant-gare et arrière-gare). Les méthodes de construction de la gare sont, à l'heure actuelle, en cours d'étude.

PHASE D'EXPLOITATION

Accessibilité en transports en commun	En plus de la correspondance avec le RER A, la gare de Noisy Champs accueille les terminus de trois lignes de métro : la nouvelle Ligne 15 Sud provenant de Pont de Sèvres ; la nouvelle Ligne 16 provenant du Bourget ; la ligne M11, prolongée depuis Rosny Bois-Perrier. Les correspondances entre le RER A et les lignes de métro sont assurées au sein du bâtiment de la gare. Des ascenseurs panoramiques permettent également un accès direct vers les quais. A l'horizon de la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud, la gare est desservie par neuf lignes de bus : 212, 213, 310, 312, 320, 10, Express 100, Express 18, et Express 19. Le maintien d'une partie de l'organisation actuelle est proposé, avec la gare routière bus conservée et une boucle de bus ceinturant la gare. A plus long terme, à l'horizon des projets urbains menés par les communes de Noisy-Le-Grand et Champs-Sur-Marne à proximité de la future gare, l'organisation de la desserte des bus n'est pas encore définie.
Accessibilité routière	La nouvelle gare de Noisy-Champs s'insère au centre des axes routiers suivants : boulevard du Rû de Nesle, boulevard de Newton et le boulevard d'Archimède. Deux parkings existent à proximité de la future gare : le parking couvert du Champy (327 places) et le parking plein air boulevard Archimède (76 et 276 places). La réalisation de la Ligne 15 Sud en tranchée ouverte aux abords de la gare, offre la possibilité de réaliser des parkings pour véhicules motorisés supplémentaires en liaison directe avec la gare. Côté Sud, un parking pour voitures (160 places) est créé au-dessus des voies de la ligne M15. Au Nord, un niveau de parking pour voitures (100 places) est créé au-dessus des voies de la ligne M15. Des stationnements pour motos (40 places) sont prévus également dans ces parkings. Les voitures partagées et des branchements aux bornes électriques pourront se faire au niveau -1 du parking. L'automobiliste (et le motard) accède aux parkings souterrains, Nord ou Sud, depuis le boulevard du Rû de Nesles. Les entrées et sorties du parking s'intégreront à la future morphologie et implantation de boulevard du Rû de Nesles, en fonction des différents les projets urbains à l'étude autour de la gare. Des accès routiers provisoires sont réalisés en attendant la réalisation du futur boulevard du Rû de Nesles. Les déposes routières et la prise en charge taxi prendront place autour du parvis de la gare selon le projet urbain qui sera retenu.
Accessibilité des modes actifs (marche à pied, vélo)	Les piétons accèdent à la gare via quatre accès principaux: Deux accès à l'Ouest et à l'Est desservant directement le hall d'accueil, central et traversant, permettent à tous les voyageurs, d'accéder à l'ensemble des quais des métros et aux deux directions du RER-A. Deux accès au Sud et au Nord de la gare, depuis les deux larges parvis traversant dans l'axe des boulevards Archimède et Newton permettent l'accès direct aux rampes conduisant directement au quai du RER-A et au niveau de distribution de la gare du GPE vers l'ensemble des quais des métros. L'accès piéton aux parkings pour voitures se fait depuis ces mêmes parvis Nord et Sud. Il en est de même pour les cyclistes qui par des rampes douces descendent dans les espaces de stationnement vélo, réservés et sécurisés en extrémité des parkings. Le projet prévoit la création de 30 places de type « abris » et 50 places de type « consigne » du côté Nord et 90 places de type « abris » et 140 places de type « consigne » du côté Sud. Les parkings pour vélos se situent à proximité immédiate de la gare.

1.21.3.17 SMI de VITRY

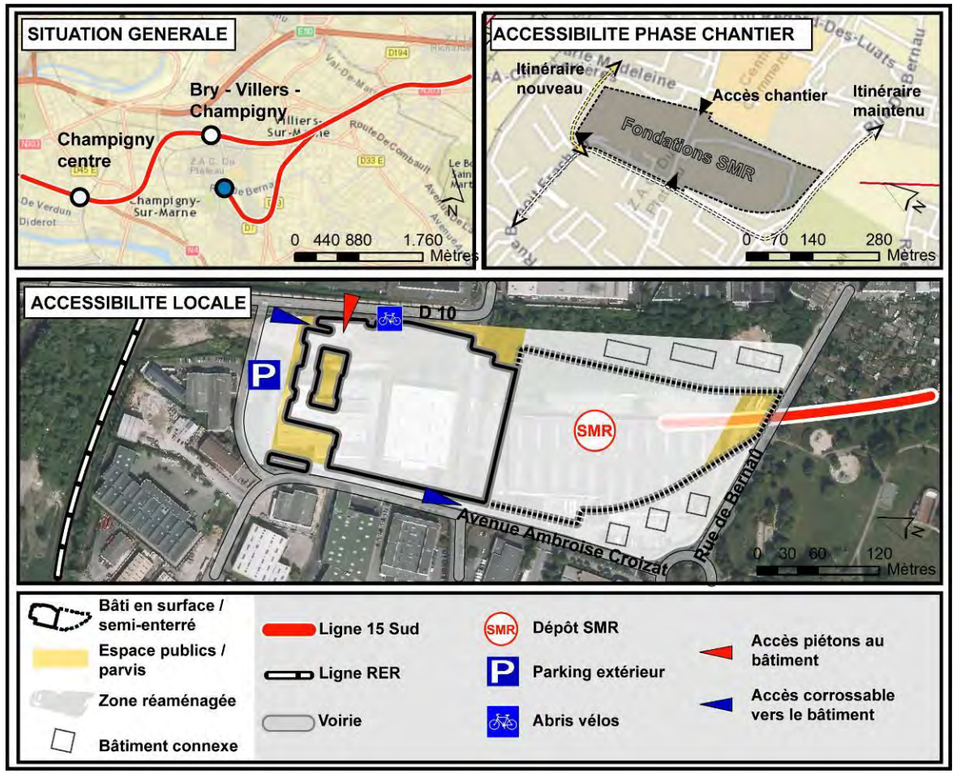


Accessibilité phase chantier : pendant les travaux les accès au chantier se feront via la rue Léon Geffroy. Mises à part les entrées/sorties des véhicules du chantier, ce dernier n'aura pas d'impact sur la circulation.

Phase d'exploitation :

Pendant la phase d'exploitation, le SMI sera accessible depuis la rue Léon Geffroy, et, à plus grande échelle par l'autoroute A86.

1.21.3.18 SMR de CHAMPIGNY



Accessibilité phase chantier : la construction du SMR implique la suppression d'une partie de la rue Alexandre Fourny (située au centre de la parcelle). Pendant les travaux, la rue Frachon sera prolongée au Nord du site (« Itinéraire nouveau » sur la figure ci-dessus) et l'avenue Ambroise Croizat ne sera pas impactée. Les accès chantiers se feront via la rue Frachon, l'avenue Ambroise Croizat et la RD10.

Phase d'exploitation :

Les trains : depuis le tunnel, les rames arrivent sur un faisceau de voies ferroviaires. Ce large espace couvert rassemble les positions d'échange, d'attente ainsi que le hall de remisage et la station de lavage. Depuis cet espace, un accès aux différents ateliers de maintenance et de nettoyage est prévu.

Les livraisons : l'accès de livraison sécurisé se fera directement depuis la rue Frachon au Nord – Ouest du terrain.

Les modes doux : l'entrée piétonne se situe le long de la RD10. C'est depuis cette entrée que se fait l'accès aux abris vélo et motos. Par cet accès, les employés accèderont au hall principal en passant sur une passerelle au-dessus des voiries techniques. Un arrêt ALTIVAL se situera au droit de cette entrée.

Parking voiture : l'accès des automobilistes au parking sécurisé de 152 places (5 PMR) se fera depuis la rue Frachon prolongée. Depuis ce parking, les piétons accèderont au hall principal en passant sous la passerelle.

Les services de secours : l'accès des pompiers se fera depuis l'accès livraison sur la rue Frachon. Une voie pompier fera le tour complet du bâtiment. Un accès secondaire piéton se fera également depuis la RD10 pour atteindre ce rez-de-voie. Il sera également possible aux services de secours d'accéder au bâtiment via le hall principal à rez-de-parvis.

1.21.3.19 Mesures d'optimisation à proximité des gares et coûts associés

L'ambition du Grand Paris Express est de réaliser, avec les partenaires que sont le STIF, les acteurs locaux et les opérateurs de transports, une intermodalité qui favorise tous les modes de déplacement : marche à pied, bus, tramway, vélos, Vélib', taxis, voitures particulières, deux roues motorisés, auto-partage (Autolib'), covoiturage, etc. et de mettre en œuvre des aménagements qui s'insèrent harmonieusement et judicieusement dans les environnements urbains. Ces projets sont conçus de manière à laisser une place importante à l'innovation dans le traitement de l'espace public et permettre l'émergence de nouveaux modes de déplacements.

Pour atteindre cet objectif, chaque pôle-gare fera l'objet d'une étude (dans un rayon de 800 mètres) et d'actions (dans un rayon de 300 mètres) qui devront être opérationnelles à la mise en service du Grand Paris Express. Les études sont financées par la Société du Grand Paris dans la limite de 100 000 euros et sont menées par un pilote (collectivité locale ou établissement public d'aménagement) en lien avec l'ensemble des partenaires concernés par le pôle et en premier lieu, le STIF et la Société du Grand Paris. Le pilote, désigné au cas par cas pour chaque gare, est l'acteur qui sera considéré comme le plus pertinent à l'échelle de chaque territoire pour conduire la démarche.

Les actions projetées dans le cadre de l'étude de pôle s'articuleront avec les aménagements déjà envisagés par la Société du Grand Paris aux abords immédiats des gares. Un programme d'investissements sera formalisé à l'issue de la démarche avec pour chaque action, un maître d'ouvrage désigné, un coût, un financement et un planning de réalisation des travaux.

Parallèlement, le STIF mène actuellement des études pour restructurer les réseaux de bus existants en lien avec l'arrivée des gares du Grand Paris Express. Ces études permettront de dégager les itinéraires et les positions de bus nécessaires à créer ou à reconstituer pour chaque pôle à l'horizon de mise en service du métro. Le Société du Grand Paris et les gestionnaires de voirie seront chargés de réaliser ces positions bus, qu'il s'agisse de points d'arrêt sur voirie et de création de pôles bus conformément à la répartition convenue des périmètres de maîtrise d'ouvrage.

Dans ce sens, les aménagements détaillés précédemment pourront être amenés à évoluer ou être complétés en fonction des conclusions des études mentionnées ci-dessus.

1.21.3.20 Impacts et mesures à proximité des ouvrages annexes (phase de chantier)

Le schéma directeur d'évacuation des déblais, établi par le maître d'ouvrage, et qui constitue l'une des pièces du dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique, détaille la stratégie et les engagements de la Société du Grand Paris en matière de gestion des déchets. Il permet d'accompagner les différents maîtres d'œuvre dans l'organisation, la planification et la gestion des déchets sur les chantiers. Il propose ainsi, entre autre, des solutions pour l'évacuation des déblais.

Les fiches suivantes tirent ainsi une partie de leur information de ce schéma directeur pour la Ligne 15 Sud. Dans toutes les figures suivantes, la légende est la suivante :

- Emprise chantier OA
- Emprise chantier OA
- Sortie en sens unique du chantier
- Entrée en sens unique du chantier
- Accès à double sens au chantier



Chantier de l'OA 2301P (Ile-de-Monsieur)

Evacuation des déblais : par voie fluviale
Volume de déblais : 75 500 m³, cadence max. 2 barges/j
Empiétement sur voirie : non
Voirie immédiate proximité : rue de Saint-Cloud, trafic très fort
Entrées/sorties du chantier : rue de Saint-Cloud, mise en place d'un feu tricolore et d'un stop
Impacts : Le trafic existant étant très fort, les entrées/sorties du chantier seront gérés par un feu tricolore ce qui permettra de limiter au minimum l'impact sur le trafic existant. De plus, il a été prévu de maintenir la circulation piétonne existante permettant de rejoindre le Parc Nautique. Ce chantier fera l'objet d'une attention particulière pour éviter une perturbation importante du trafic.

Chantier de l'OA 2203P (ZAC SAEM)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : non
Voirie immédiate proximité : quai Georges Gorse, trafic moyen
Entrées/sorties du chantier : via allée Georges Askinazi ou quai Georges Gorse avec mise en place d'un feu tricolore

Impacts : La mise en place d'un feu permettant de sortir sur le quai Georges Gorse permettra de limiter l'impact du chantier sur le trafic existant. De plus, la mise en place d'un feu piéton quai Georges Gorse permettra de sécuriser les traversées piétonnes.





Chantier de l'OA 2201P (Place de la Résistance)

Empiétement sur voirie : Quai de Stalingrad, trafic modéré
Voirie immédiate proximité : Place de la Résistance, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Quai de Stalingrad, mise en place de stop

Impacts : le chantier empiète que le quai de Stalingrad où le trafic est modéré. Pour éviter une perturbation importante, une modification de la circulation a été prévue. Une déviation de la circulation piétonne a elle aussi été planifié pour sécuriser le cheminement piéton. Ce chantier fera l'objet d'une attention particulière pour veiller à la non perturbation du trafic. La mise en place de stop à la sortie du chantier permettra de sécuriser les sorties sur le quai où le trafic est modéré.

Chantier de l'OA 2101P (Parc Henri Barbusse)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue de l'Egalité, trafic modéré
Voirie immédiate proximité : Rue de la Défense, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : entrée/sortie rue de l'Egalité et sortie rue de la Défense ; les sorties sont munies de stop.

Impacts: Le chantier empiète sur la rue de l'Egalité où le trafic est modéré. A cet effet, une modification de la circulation rue de l'Egalité a été prévue pour rendre cet impact négligeable. De même, la mise en place de stop aux deux sorties du chantier permettra de réduire les perturbations du trafic au minimum.





Chantier de l'OA 2002P (Square Malleret Joinville)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue du Général Malleret Joinville et boulevard du Colonel Fabien, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Boulevard du Colonel Fabien (portail)

Impacts : le chantier va empiéter sur des trottoirs existants, ainsi il a été prévu de dévier la circulation piétonne via la création d'un passage piéton et le décalage d'un second.

Chantier de l'OA 1801P (Parc Robespierre)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue de Verdun, trafic faible, avenue Louis Pasteur trafic modéré, avenue Aristide Briand trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Rue de Verdun

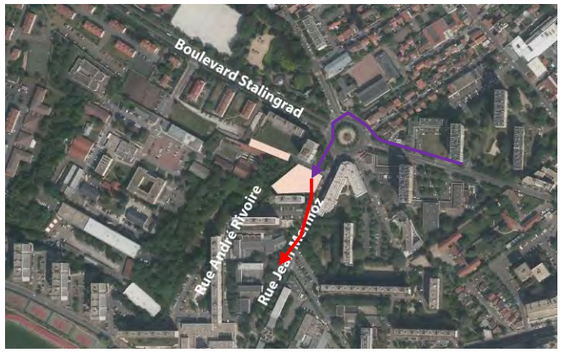
Impacts : Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la rue De Verdun où le trafic est faible. Les entrées/sorties n'impacteront donc pas le flux de circulation.



Chantier de l'OA 2001P (Fort de Vanves)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue André Rivoire, trafic faible
Voirie immédiate proximité : Rue Jean Mermoz, trafic faible, boulevard Stalingrad, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Rue Jean Mermoz

Impacts : Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la rue Jean Mermoz où le trafic est faible. Les entrées/sorties n'impacteront donc pas le flux de circulation.



Chantier de l'OA 1702P (Square General De Gaulle)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue Camille Desmoulins, avenue Louis Georgeon, trafics modérés
Entrées/sorties du chantier : Rue Camille Desmoulins, protégé par un portail

Impacts : Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la Rue Camille Desmoulins où le trafic est modéré.



Chantier de l'OA 1902P (Cimetière Parisien)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Avenue Marx Dormoy, trafic modéré ; avenue Jean Jaurès, trafic faible
Entrées/sorties du chantier : Avenue Max Dormoy

Impacts : Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via la rue Marx Dormoy où le trafic est modéré.





Chantier de l'OA 1901P (Pierre-Plate)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue de Turin, rue Jean Marin Naudin, rue Serge Prokofiev, trafic faible
Entrées/sorties du chantier : Entrée rue de Turin, sortie rue Serge Prokofiev

Impacts : Le chantier a lieu en dehors des voiries. L'entrée/sortie des camions se fait via des rues où le trafic est faible. Les entrées/sorties n'impacteront donc pas le flux de circulation.



Chantier de l'OA 1701P (Jardin Panoramique)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue de la Solidarité trafic faible, rue Gabriel Péri trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Rue de la Concorde

Impacts : Le chantier n'impact pas les voiries existantes. Les entrées/sorties se font via la rue de la Concorde où le trafic est faible et n'auront donc pas d'incidences. Cependant, les camions emprunteront la rue Gabriel Péri pour arriver/repartir du chantier, où le trafic est modéré.

Chantier de l'OA 1601P (Rue Jules Joffrin)

Evacuation des déblais : route
Volume de déblais : 50 000 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue Jules Joffrin et rue Jules Vallès, trafic faible
Entrées/sorties du chantier : entrée via le début de la rue Jules Joffrin, sortie rue Jules Vallès

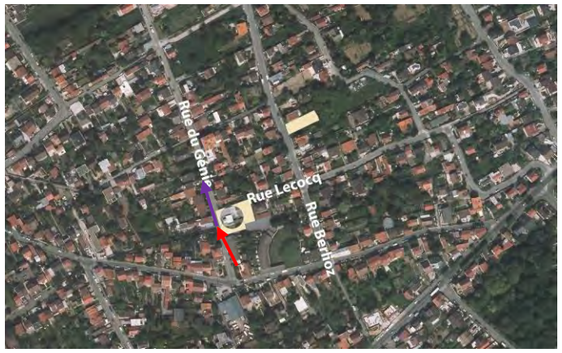
Impacts : Le chantier n'impact pas les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influences sur celles-ci.



Chantier de l'OA 1501P (Rue du Génie)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 16 610 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue du Génie, trafic faible
Voirie immédiate proximité : Rue du Génie, rue Lecocq, rue Berlioz, trafics faibles
Entrées/sorties du chantier : une entrée et une sortie via rue du Génie, trafic faible

Impacts : Les entrées/sorties se font via une rue où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influence sur celle-ci. Le chantier empiète sur la rue du Génie mais une déviation sera mise en place afin de palier à ce dérangement temporaire.





Chantier de l'OA 1404P (Rue Gabriel Péri)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 1 590 m³, cadence max. 3 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue Gabriel Péri, trafic modéré
Voirie immédiate proximité : Rue Gabriel Péri, Villa Broussais
Entrées/sorties du chantier : 4 entrées/sorties seront présentes sur la rue Gabriel Péri

Impacts : Le chantier aura un impact négligeable sur les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est modéré mais les véhicules ne s'insèrent pas directement depuis le chantier dans la circulation (espace d'attente) et n'auront donc pas d'influences sur la circulation.

De plus, leur nombre sera relativement restreint. La circulation sur la rue Gabriel Péri sera également modifiée pendant la durée des travaux afin de limiter l'impact du chantier sur sa circulation.

Chantier de l'OA 1402P (Rue Louis Marchandise Et Ave Albert Thomas Vitry)

Evacuation des déblais : Fluvial, avec pré- acheminement routier
Volume de déblais : 48 530 m³, cadence max. 140 bennes/j et 3 barges/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Avenue Rouget de Lisle, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Avenue Rouget de Lisle

Impacts : Le chantier n'impact pas les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influences sur celles-ci. Malgré la cadence



importante des camions, cela correspond à environ 1 camion tous les 5min. Le trafic étant faible, l'insertion des camions au sein de la circulation ne posera pas de problème.



Chantier de l'OA 1401P (Centre Technique Municipal Vitry/Rue Bel Air)

Evacuation des déblais : Fluvial, avec pré-acheminement routier
Volume de déblais : 45 600 m³, cadence max. 96 bennes/j et 2 barges/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue de Choisy, rue du Bel Air, trafic faible
Entrées/sorties du chantier : il y a 4 entrées/sorties prévues pour le chantier : 1 Rue de Choisy et 3 rue du Bel Air dont 1 temporaire qui n'aura lieu que durant la première phase des travaux (entrée/sortie la plus à droite sur la carte ci-contre)

Impacts : Le chantier n'impact pas les voiries à proximités. Les entrées/sorties se font via des rues où le trafic est faible et n'auront donc pas d'influences sur celles-ci. Enfin, pendant la première phase, le chantier impactera la voirie permettant de rejoindre le centre technique municipal mais une déviation sera mise en place pour palier à ce dérangement temporaire.

Chantier de l'OA 1302P (Friche Arrighi Vitry)

Evacuation des déblais : Fluvial et post-acheminement en routier
Volume de déblais : 58 900 m³, cadence max. 2 barges/j
Empiétement sur voirie : Quai Jules Guesde, trafic modéré
Voirie immédiate proximité : Quai Jules Guesde trafic modéré, Rue Léon Mauvais trafic faible
Entrées/sorties du chantier : une entrée/sortie Quai jules Guesde, une entrée/sortie Rue Léon Mauvais

Impacts : Les entrées/sorties via la rue Léon Mauvais n'auront pas d'impact sur le trafic de la voirie. L'empiétement sur le quai Jules Guesde (permettant d''évacuer les déblais par voie fluviale) ainsi que l'entrée/sortie pourraient perturber le trafic. Il sera cependant mis en place des voies de circulation et une attention particulière sera portée à ce chantier pour éviter une perturbation importante du trafic.
La traversée du quai Jules Guesdes pour charger les barges ne perturbera que peu le trafic (1 benne/5min).



NB : l'extraction des déblais des chantiers des tunnels Villejuif Louis Aragon/puits d'attaque Arrighi et puits d'attaque Arrighi/1103P se fera également via l'OA 1302P. L'évacuation se fera par voie fluviale et n'aura que peu d'impact sur la circulation (cadence maximale de 2berges/j).



Chantier de l'OA 1301P (Rue De Rome)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 14 890 m³, cadence max. 7 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue de Toulon, trafic faible
Voirie immédiate proximité : Rue de Toulon, rue de Madrid et place de l'Europe (rue de Rome), trafic faible
Entrées/sorties du chantier : Pendant la phase 1, par la rue de Madrid, pendant la phase 2 par la rue de Toulon

Impacts : Les trafics dans les voiries d'entrées/sorties du chantier sont faibles. L'impact sera donc négligeable. Le chantier empiète sur une partie de la rue de Toulon, mais le trafic étant faible, et la déviation minime, cela n'aura pas d'impact sur la circulation.

Chantier de l'OA 1201P (Université Créteil)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 10 990 m³, cadence max. 8 bennes/j
Empiétement sur voirie : Sur le trottoir rue Pasteur Vallery Radot
Voirie immédiate proximité : Rue Pasteur Vallery Radot trafic modéré, et avenue du Général de Gaulle, trafic modéré, entrée du parking de l'Université
Entrées/sorties du chantier : Via la rue Pasteur Vallery Radot en empruntant la voirie menant au parking de l'Université.

Impacts : Le chantier empiète sur une partie du trottoir de la rue Pasteur Vallery Radot mais un passage piéton se situe juste avant, ainsi l'impact sur la circulation piétonne sera négligeable. Les entrées/sorties n'auront qu'un impact faible sur le trafic existant modéré. L'accessibilité au parking de l'université de Créteil sera maintenue pendant toute la durée des travaux.





Chantier de l'OA 1103P (Stade F. Desmond)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 14 580 m³, cadence max. 6 bennes/j
Empiétement sur voirie : légèrement sur l'avenue Laferrière
Voirie immédiate proximité : Avenue Laferrière trafic faible, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Via l'Avenue Laferrière

Impacts : Le trafic dans la voirie d'entrées/sorties du chantier est faible, l'impact sera donc négligeable. Le chantier empiète sur une partie du trottoir de l'avenue Laferrière, une déviation de la circulation piétonne sera ainsi mise en place pour réduire la gêne occasionnée, l'impact sera donc minime.

Chantier de l'OA 1102P (Ave Ceinture)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 2 160 m³, cadence max. 2 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Avenue de Ceinture, trafic faible
Entrées/sorties du chantier : Avenue de Ceinture, trafic faible

Impacts : Les entrées/sorties se font via l'avenue de la Ceinture où le trafic est négligeable, il n'y aura donc pas d'impact.





Chantier de l'OA 1101P (Rue Du Port Créteil)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 16 990 m³, cadence max. 10 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue du Cap trafic faible et rue du Port trafic modéré
Voirie immédiate proximité : idem
Entrées/sorties du chantier : entrée au Nord via la rue du Port, et sortie au Sud via la rue du Port

Impacts : Le chantier empiétera sur la voirie de la rue du Port et de la rue du Cap. Afin de palier à la gêne les voies de circulation ont été décalé sur la rue du Port et un feu de circulation alternée a été prévue rue du Cap. Sur chacune des rues, un trottoir est toujours accessible pour les piétons.

Une partie de la piste cyclable rue du Port sera supprimée le temps des travaux. Cependant, la portion est restreinte, et l'impact sera donc négligeable.

Chantier de l'OA 1003P (Impasse Abbaye)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 13 850 m³, cadence max. 8 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue de l'Abbaye, trafic faible
Voirie immédiate proximité : Rue de l'Abbaye, trafic faible, Quai Beaubourg, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : Rue de l'Abbaye

Impacts : Les entrées/sorties se font via la rue de l'Abbaye où le trafic est faible, il n'y aura donc pas d'impact. L'emprise du chantier sur la rue de l'Abbaye, sera compensée par une déviation de la circulation piétonne (avec création de passage piéton) et un rétrécissement de la chaussée pour les voitures. Cependant, vu le trafic faible, les impacts seront négligeables et les mesures prises seront suffisantes.





Chantier de l'OA 1002P (Ave Charles Floquet)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 3 670 m³, cadence max. 6 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue Charles Floquet, trafic modéré, Rue Papin (trottoir)
Voirie immédiate proximité : Rue Charles Floquet, trafic modéré, rue Papin et rue St Etienne trafic faible
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée/sortie rue Papin, 1 entrée/sortie rue St Etienne, 1 entrée/sortie rue Charles Floquet

Impacts : La localisation des entrées/sorties n'aura pas de conséquence sur le trafic existant. Le chantier empiète sur une partie des trottoirs avoisinant, ainsi la circulation piétonne sera déviée et des passages piétons ont donc été prévus. De même la circulation sera en partie déviée sur la rue Charles Floquet (chaussée rétréci).

Chantier de l'OA 1001P (Av Roger Salengro Champigny)



Volume de déblais : 141 700 m³, cadence max. 57 bennes/j
Evacuation des déblais : Route
Empiétement sur voirie : Avenue Roger Salengro trafic modéré, avenue Aristide Briand trafic faible
Voirie immédiate proximité : Avenue Roger Salengro, rue Romain Rolland, avenue Aristide Briand
Entrées/sorties du chantier : différentes selon la phase du chantier, toujours sur l'avenue Roger Salengro

Impacts : Les entrées/sorties se font via l'avenue Roger Salengro où le trafic est modéré. Cependant les entrées/sorties se font toujours en dehors des voies de circulation. De plus, le chantier est prévu en différentes phases permettant de dévier la circulation d'un côté ou de l'autre de la voirie pour éviter une perturbation trop important de la circulation. Cependant, lors de 6 des phases, l'avenue Aristide Briand (3 fois), la rue Félix Pyat (3 fois) et la rue Romain Rolland (1 fois) auront leur accès à l'avenue Roger bloqués. Des itinéraires alternatifs seront mis en place pour minimiser l'impact. Enfin les déblais seront évacués par camion vers l'A86. Ce trafic n'aura cependant pas un impact important sur le trafic existant modéré (moins de 5 véhicules/heures). Une attention particulière sera portée à ce chantier pour vérifier que les mesures mises en place soient suffisantes.



Chantier de l'OA 902 (Rp Du Colonel Grancey Champigny)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 13 550 m³, cadence max. 11 bennes/j
Empiétement sur voirie : Boulevard de Stalingrad, trafic modéré
Voirie immédiate proximité : Bd de Stalingrad, rond-point du Colonel Grancey, trafics modérés
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée pour la phase 1 par le rond-point, 1 entrée/sortie par le boulevard de Stalingrad

Impacts : La localisation des entrées/sorties n'aura pas de conséquences sur le trafic existant car celle située sur le rond-point n'est que temporaire, et la seconde se fait en dehors du trafic. Le chantier empiète sur une partie des trottoirs avoisinant, ainsi la circulation piétonne sera déviée et des passages piétons ont donc été prévus.

Chantier de l'OA 0901P (Clos Du Pré De L'Etang)



Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 1 610 m³, cadence max. 2 bennes/j
Empiétement sur voirie : Chemin du Pré de l'Etang, clos du Pré de l'Etang, trafics faibles
Voirie immédiate proximité : Chemin du Pré de l'Etang, clos du Pré de l'Etang
Entrées/sorties du chantier :

Impacts : Lors de la première phase du chantier, une entrée se situera au clos du Pré de l'Etang. Cette entrée sera par la suite supprimée. Vu le trafic négligeable de cette voirie, l'entrée/sortie des véhicules de chantier n'aura pas d'impact. Les deux autres entrées/sorties (chemin du Pré de l'Etang) seront conservés pendant toute la durée des travaux. Elles n'auront pas d'incidences sur le trafic qui est faible. L'accès à la rue Guy Moquet depuis le chemin du Pré de l'Etang sera bloqué pendant toute la durée des travaux. Un itinéraire alternatif sera proposé. La circulation sur le chemin du Pré de l'Etang à hauteur des travaux sera également modifiée, permettant de minimiser l'impact de ces derniers. La circulation piétonne sera maintenue. L'impact du chantier sera faible au niveau de la mobilité. Un accès temporaire à un bâtiment existant jouxtant le chantier sera créé afin de laisser l'accès pendant tous les travaux



Chantier de l'OA 0813P (Puits D'entrée Du Tunnelier)

Volume de déblais : 22 960m³, cadence max. 97 bennes/j
Evacuation des déblais : Routier
Empiétement sur voirie : Rue de Bernaü, trafic modéré
Voirie immédiate proximité : Rue de Bernaü, avenue Ambroise Croizat, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : 2 entrées/sorties rue de Bernaü

Impacts : Les entrées/sorties du chantier n'auront pas d'impact sur le trafic existant car ne se font pas directement sur la chaussée. Durant les travaux, une des phases du chantier empiétera sur la rue de Bernaü, la circulation sera alors modifiée, rendant ainsi les perturbations minimales. Les déblais seront évacués vers le Nord pour rejoindre l'A4 via la D10. Le trafic chantier sera minime par rapport au trafic existant et n'aura donc pas d'impact sur ce dernier.



Chantier de l'OA 0811P (Ave Maurice Thorez)

Volume de déblais : 10 240 m³, cadence max. 11 bennes/j
Evacuation des déblais : Routier
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Avenue Maurice Thorez, trafic modéré
Entrées/sorties du chantier : via une voie privée

Impacts : Les entrées/sorties du chantier n'auront pas d'impact sur le trafic existant car ne se font pas directement sur la chaussée.

Chantier de l'OA 0810P (Rue Du General Leclerc)



Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 1 600 m³, cadence max de 3 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue du Général Leclerc
Voirie immédiate proximité : Rue du Général Leclerc, avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny
Entrées/sorties du chantier : 2 entrées/sorties Rue du Général Leclerc

Impacts : Les entrées/sorties du chantier ne se font pas directement dans la circulation de la rue, et n'auront donc qu'un impact négligeable. Le chantier empiétera sur la rue du Général de Gaulle, mais une déviation de la circulation est prévue pour limiter les impacts au minimum et ne pas créer de perturbations importantes.



Chantier de l'OA 0808P (Ave Henri Dunant Villiers)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 3 300 m³, cadence max de 5 bennes/j
Empiétement sur voirie : Avenue Henri Dunant Nord et Sud
Voirie immédiate proximité : Avenue Henri Dunant, trafic faible
Entrées/sorties du chantier : Avenue Henri Dunant

Impacts : Le chantier va empiéter sur l'avenue Durant Sud, bloquant l'accès à l'Avenue Durant Nord. Ainsi, une voirie va être construite pour remplacer cet accès. Le chantier empiète également sur un morceau de l'avenue Henri Dunant Nord. Là aussi, une déviation de la circulation sera mise en place. Les impacts du chantier seront donc faibles.

Chantier de l'OA 0807P (Sentier Des Marins)

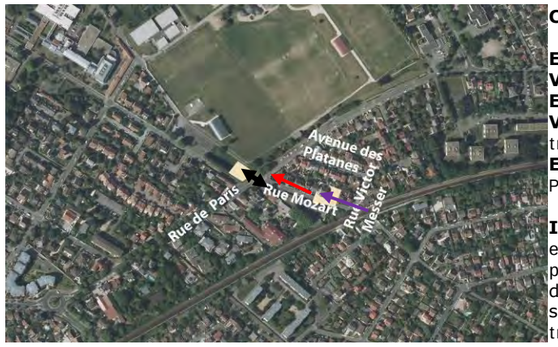
Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 137 300 m³, cadence max de 57 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue des Chapelles, sentier des Marins, trafics négligeables
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée/sortie rue des Chapelles, et 1 interne

De plus, l'extraction des déblais du tunnel de raccordement SMR se fera également via ce puits d'attaque pendant le chantier. Cette extraction durera 10 mois, avec une cadence maximale de 105 bennes/j.



Impacts : le trafic sur les voiries à immédiate proximité du chantier est faible, l'impact des entrées sorties sera donc négligeable. La note de gestion des déblais précise que l'évacuation pour cet OA se fera via la rue du Général de Gaulle vers l'A4 (plus au Nord). Le trafic est modéré sur la rue du Général de Gaulle et l'impact sera donc négligeable (moyenne haute de 3 camions/10min lors du cumul des deux chantiers, et 1 camions/10min en dehors).

NB : l'extraction des déblais de la gare de Brie-Villiers-Champigny, du tunnel 1103P-Brie-Villiers-Champigny et du SMR seront également extrait via ce puit d'attaque. L'extraction se fera cependant via la voie de chemin de fer ce qui n'aura donc pas d'impact sur la circulation en voirie.



Chantier de l'OA 0806P (Rue Mozart)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 3 800 m3, cadence max. 4 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue Mozart, trafic faible
Voirie immédiate proximité : Rue Mozart, rue de Paris, trafics faibles
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée/sortie rue de Paris, 1 entrée et 1 sortie rue Mozart

Impacts : Une partie du chantier va bloquer la circulation entre la rue Mozart et la rue Victor Messer. La circulation piétonne sera par contre maintenue. Le trafic étant faible dans ces voiries, l'impact sera négligeable. Les entrées / sorties de chantier n'auront pas non plus d'impact sur le trafic.

Chantier de l'OA 0805P (Ave Mederic Noisy Le Grand)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 11 710 m³, cadence max. 12 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue des Hêtres
Voirie immédiate proximité : Avenue Médéric, rue des Hêtres
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée/ sortie sur voirie privée
Impacts : Les entrées/sorties du chantier se font sur une voirie privée puis rejoignent une voirie où le trafic est modéré. Les impacts seront donc négligeables. Le chantier va également bloquer une partie de la rue des Hêtres mais la circulation pourra toujours avoir lieu. Le trafic local étant faible, le chantier aura un impact négligeable.





Chantier de l'OA 0804P (Place Des Yvris)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 15 040 m3, cadence max. de 11 bennes/j
Empiétement sur voirie : Non
Voirie immédiate proximité : Rue des Pleïades boulevard des Astronautes, place des Yvris, rue de la Chapelle, trafics faibles
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée/sortie rue des Pléïades

Impacts : Les entrées / sorties de chantier n'auront pas d'impact sur le trafic de la rue des Pléiades qui est négligeable. Le chantier aura un impact faible en termes de mobilité.

Chantier de l'OA 0803P (Rue Du Ballon)

Evacuation des déblais : Route
Volume de déblais : 1 940 m³, cadence max. de 4 bennes/j
Empiétement sur voirie : Rue du Ballon et boucle de la Nacelle (trottoir), trafics faibles
Voirie immédiate proximité : Boucle de la Nacelle, rue du Ballon
Entrées/sorties du chantier : 1 entrée/sortie via boucle de la Nacelle, 1 entrée/sortie via rue du Ballon

Impacts : le trafic est faible sur les rues d'entrées/sorties du chantier, ainsi le trafic chantier n'aura pas d'impact sur le trafic. Le chantier empiète sur la rue du Ballon ainsi que sur le trottoir de la boucle de la Nacelle. Des déviations véhicules et piétonnes, avec création de passages piétons seront mise en place pour pallier aux éventuelle perturbations. Vu le trafic faible sur ces rues et les mesures mises en œuvre, l'impact du chantier sera négligeable.



1.21.3.21 Synthèse des impacts à proximité des gares et ouvrages annexes en phase de chantier

Sur la base du trafic estimé à l'horizon du chantier sur les voies directement impactées par les zones de chantier ou situées à leur immédiate proximité, une graduation des enjeux a été établie de la manière suivante : enjeu très fort (trafic à l'heure de pointe du matin supérieur à 9000 véhicules), fort (supérieur à 3000), modéré (supérieur à 200) et faible (inférieur à 200). Le tableau suivant présente ces résultats.

Enjeux liés à l'impact des zones de chantier des gares sur le trafic routier (source : Stratec, à partir de données DRIEA-SCEP/DPAT)

Nom de la gare/chantier	Voie empiétée/à proximité immédiate	Enjeu par rapport à la voirie	Enjeu global
Noisy-Champs	Boulevard Archimède	Modéré	Fort
	Rue des Hauts-Châteaux	Modéré	
	Boulevard du Ru de Nesle	Fort	
Bry-Villiers-Champigny	Chemin des Boutareines	Faible	Modéré
	Chemin de Bry A Chennevières	Faible	
	Rue du Professeur Roux	Faible	
	D10	Modéré	
Champigny Centre	Rue Jean Jaurès	Modéré	Modéré
	Rue du Cimetière	Faible	
	Rue de la Plage	Faible	
Saint-Maur - Créteil	Rue Bobillot	Faible	Modéré
	Rue du Pont de Créteil	Modéré	
Créteil L'Echat	Rue Gustave Eiffel	Modéré	Modéré
Le Vert de Maisons	Avenue de la Liberté	Faible	Faible
Les Ardoines	Rue Léon Geffroy	Modéré	Modéré
Vitry Centre	Rue Edouard Tremblay	Faible	Modéré
	Avenue Maximilien de Robespierre	Modéré	
Villejuif Louis Aragon	Avenue de Stalingrad	Modéré	Modéré
	Rue Jean Jaurès	Faible	
	Avenue de la République	Modéré	
	Avenue Louis Aragon	Modéré	
Villejuif Institut Gustave Roussy	Voie des Sables	Faible	Faible
Arcueil – Cachan	Avenue Carnot	Modéré	Modéré
	Rue Marcel Bonnet	Modéré	
	Avenue Léon Eyrolles	Faible	
	Rue de la Coopérative	Faible	
Bagneux	Rue de Verdun	Faible	Modéré
	Avenue Henri Barbusse	Modéré	
	Avenue Victor Hugo	Modéré	
	Rue Romain Rolland	Faible	
	Avenue Louis Pasteur	Modéré	
Châtillon - Montrouge	Avenue Max Dormoy	Modéré	Modéré
	Avenue de la République	Modéré	
	Avenue J Jaurès	Modéré	
Fort d'Issy - Vanves - Clamart	Boulevard des Frères Vigouroux	Modéré	Modéré
	Rue du Clos-Montholon	Faible	
	Avenue de la Paix	Modéré	
	Rue du Chemin Vert	Faible	
	Avenue du Gnal De Gaulle	Modéré	
Issy RER	Rue Aristide Briand	Modéré	Fort
	Avenue de Verdun	Modéré	
	Avenue Victor Cresson	Modéré	
	Avenue Pasteur	Modéré	
	Boulevard Garibaldi	Modéré	
	Place Léon Blum	Fort	
Pont de Sèvres	Rond-Point du Pont de Sèvres	Très fort	Très fort
	Quai Georges Gorse	Fort	

Un site de chantier de gare est identifié comme représentant un enjeu très fort, deux comme un enjeu fort, 11 comme des enjeux modérés, et 2 comme des enjeux faibles. Les sites à enjeux très forts à modérés feront l'objet d'une attention particulière pour éviter les perturbations importantes du trafic.

De plus, il convient de noter que les chantiers des gares de Noisy-Champs, Fort d'Issy – Vanves-Clamart et Issy RER et des puits ZAC SAEM et Ile-de-Monsieur seront en partie établis sur les réseaux ferrés existant à proximité. Une attention particulière sera prêtée à ces chantiers, qui seront organisés afin de réduire au minimum les perturbations du trafic ferroviaire.

Enjeux liés à l'impact des zones de chantier des puits sur le trafic routier (source : Stratec, à partir de données DRIEA-SCEP/DPAT)

Nom du Puits/Chantier	Voie empiétée/à proximité immédiate	Enjeu par rapport à la voirie	Enjeu global
RUE DU BALLON	Rue du Ballon/Boucle de la nacelle	Faible	Faible
PLACE DES YVRIS	Rue de la Chapelle/Boulevard des Astronautes	Faible	Faible
AVE MEDERIC NOISY LE GRAND	Avenue Médéric	Modéré	Modéré
RUE MOZART	Rue de Paris	Modéré	Modéré
	Avenue Mozart	Faible	
SENTIER DES MARINS	Sentier des marins/Rue des Chapeliers	Faible	Modéré
	Rue du Gnal de Gaulle	Modéré	
	Avenue de Gaumont	Modéré	
	Rue du Gnal de Gaulle	Modéré	
AVE HENRI DUNANT VILLIERS	Avenue Henri Dunant	Faible	Faible
RUE DU GENERAL LECLERC	Rue du Gnal de Gaulle	Modéré	Modéré
AVE MAURICE THOREZ	Avenue Maurice Thorez	Modéré	Modéré
PUITS D'ENTREE DU TUNNELIER	Rue de Bernaü	Modéré	Modéré
	Avenue Ambroise Croizat	Modéré	
	Rond-point Rue de Bernaü/Ambroise Croizat	Modéré	
CLOS DU PRE DE L ETANG	Chemin du Pré de l'Etang/ Clos du Pré de l'Etang	Faible	Faible
RP DU COLONEL GRANCEY CHAMPIGNY	Boulevard de Stalingrad	Modéré	Modéré
	Rond-Point du Colonel Grancey	Modéré	
AV ROGER SALENGRO CHAMPIGNY	Av Roger Salengro	Modéré	Modéré
	Rue Des frères Petits	Faible	
	Rue Félix Pyat	Faible	
	Boulevard Aristide Briand	Faible	
AVE CHARLES FLOQUET	Rue Papin	Faible	Modéré
	Avenue Charles Floquet	Modéré	
	Rue Saint-Etienne	Faible	
IMPASSE ABBAYE	Quai Beaubourg	Modéré	Modéré
	Rue de L'abbaye	Faible	
RUE DU PORT CRETEIL	Quai de Halage/Rue du Port	Modéré	Modéré
	Rue du Cap	Faible	
AVE CEINTURE	Avenue de ceinture	Faible	Faible
STADE F. DESMOND	Avenue Laferrière	Faible	Modéré
	Avenue du Maréchal de Lattre de Tassigny	Modéré	
UNIVERSITE CRETEIL	Rue Pasteur Valléry Radot	Modéré	Modéré
RUE DE ROME	Rue de Rome	Faible	Faible
	Rue de Liège	Faible	
	Rue de Toulon	Faible	
FRICHE ARRIGHI VITRY	Quai Jules Guesde	Modéré	Modéré
	Rue Léon Mauvais	Faible	
CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR	Rue de Choisy/Rue du Bel Air	Faible	Faible
RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY	Avenue Rouget de Lisle	Modéré	Modéré
RUE GABRIEL PERI	Rue Gabriel Péri	Modéré	Modéré
RUE DU GENIE	Rue du génie	Faible	Faible
	Rue Lecocq	Faible	
	Rue Berlioz	Faible	
RUE JULES JOFFRIN	Rue Jules Vallès	Faible	Faible
	Rue Jules Joffrin	Faible	
JARDIN PANORAMIQUE	Rue de la Solidarité/Rue de la Concorde	Faible	Faible
SQUARE GENERAL DE GAULLE	Rue Marx Dormoy	Modéré	Modéré
	Rue Camille Desmoulins	Modéré	
PARC ROBESPIERRE	Avenue Louis Pasteur	Modéré	Modéré
	Rue de Verdun	Faible	
PIERRE-PLATE	Rue Serge Prokofiev/Rue de Turin	Faible	Faible
CIMETIÈRE PARISIEN	Avenue J Jaurès	Faible	Modéré
	Avenue Max Dormoy	Modéré	
FORT DE VANVES/J. MERMOZ	Rue André Rivoire	Faible	Faible
SQUARE MALLERET JOINVILLE	Boulevard du Colonel Fabien	Modéré	Modéré
	Rue du Gnal Malleret-Joinville	Faible	
PARC HENRI BARBUSSE	Rue Pierre Brossolette	Modéré	Modéré
	Rue de la Défense	Modéré	
	Rue de l'Egalité	Modéré	
PLACE DE LA RÉSISTANCE	Quai de Stalingrad	Modéré	Modéré
ZAC SAEM	Quai George Gorse	Modéré	Modéré
ILE-DE-MONSIEUR	Rue de Saint Cloud	Très fort	Fort

Douze sites puits sont identifiés comme représentant un enjeu faible, 23 comme des enjeux modérés, et 1 comme un enjeu fort. Les sites à enjeux très forts à modérés feront l'objet d'une attention particulière pour éviter les perturbations importantes du trafic.

1.21.4 Synthèse des impacts et mesures associées liée à la mobilité

Le projet, par les correspondances qu'il offre et les territoires qu'il dessert, est un maillon essentiel du projet de réseau Grand Paris Express.

Le report modal induit par le projet est léger mais significatif : pour les déplacements qui débutent à l'intérieur du périmètre d'étude, la part modale des transports publics avec le projet augmente de 0,6 point de pourcentage tandis que celle de la voiture diminue de 0,6 point de pourcentage par rapport à la situation de référence, à l'horizon 2022.

Localement, la mise en service du métro permettra d'améliorer le maillage du réseau existant. 14 des 16 gares du projet offriront une correspondance avec le RER, le Transilien, le Tramway ou le métro. Les gares du Grand Paris Express seront de véritables pôles multimodaux, où les correspondances entre modes seront faciles et efficaces, et où l'accès pour les piétons et les cyclistes, ainsi que pour les personnes à mobilité réduite, sera facilité.

Le réseau Grand Paris Express dans son ensemble aura, par ailleurs, un impact positif en soulageant les axes radiaux de transports en commun, principalement les lignes RER et du Transilien. Le projet Grand Paris Express aura également un impact fort sur la modération de la circulation automobile à l'échelle de la région Ile-de-France. Dans le périmètre d'étude de la Ligne 15 Sud, une diminution de 4 391 véhicules-kilomètres est attendue à la pointe du matin par rapport à l'horizon 2030, ce qui correspond à une diminution de 0,9% par rapport à la référence sans Grand Paris Express.

Le tableau page suivante présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

Synthèse des impacts et mesures associée liée à la mobilité

Eléments concernés	Enjeux identifiés dans l'état initial	Impacts		Mesures
Evolution des déplacements	Les déplacements de banlieue à banlieue sont en augmentation tandis que les infrastructures de transports en commun restent généralement organisée de manière radiale par rapport à Paris.	Les territoires traversés par la ligne verront leur offre en transport augmenter et bénéficieront d'une liaison ferroviaire structurante nouvelle.		Néant
Fréquentation des réseaux	Forte augmentation du trafic sur les autoroutes en rocade (A86, Francilienne), alors que le trafic diminue sur les autoroutes radiales (A13, A14…) et les voiries non autoroutières proches de Paris (RN13, …). Les lignes ferrées (RER A, B, C, D et E) sont particulièrement chargées et arrivent en limite de capacité.	Réseau routier : diminution de 9141 véhicules-kilomètres à la pointe du matin dans le périmètre d'étude, soit -1,9% par rapport à la référence 2022 Réseau ferré : réduction de la fréquentation et de la charge maximale sur le tramway T3, les RER et les métros 6 et 10. Permet de réduire la sollicitation du réseau routier et de délester les tronçons du réseau ferré qui arrivent en limite de capacité.		Néant
Parts modales	L'utilisation des transports en commun dans la compétition avec la voiture particulière doit être favorisée pour atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transport en commun dans la région.	Augmentation de 0,6 point de la part modale des transports en commun pour les déplacements ayant comme origine le périmètre d'étude, par rapport à la référence 2022. Favorise l'utilisation des transports en commun et contribue à atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transports en commun.		Néant
Chantiers et desserte des gares	Rendre le moins gênant possible les impacts des chantiers sur les circulations (véhicules privés, transports en commun, modes actifs)	Charroi des véhicules nécessaires aux chantiers Déviations d'itinéraire et impact sur la voirie Impact sur les transports en commun et les modes actifs	Fort : puits Ile-de-Monsieur et gare du Pont de Sèvres	Mesure de réduction : Planification des chantiers et de l'évacuation des déblais (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais). Les itinéraires de déviations (véhicules, piétons et transport) et une information adéquate devraient permettre de réduire les impacts.
			Fort : gare d'Issy RER et gare de Noisy Champs	
			Modéré : 23 puits et 11 gares	
			Faible : autres chantiers n'empiétant pas directement sur les voiries ou où le trafic est non significatif	
	Les futures gares sont généralement bien connectées au réseau de transports en commun existant. L'accessibilité routière est également généralement bien assurée mais de nombreux axes supportent un trafic important proche de la saturation.	Augmentation des besoins en stationnement aux abords de certaines gares du fait du rabattement en voiture particulière		Mesures de réduction : Favoriser l'intermodalité par les autres modes de transport en commun et les modes actifs Prévoir l'augmentation de l'offre de stationnement pour les gares à enjeu, en liaison avec le STIF et les gestionnaires de voiries

Légende :

	Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Impact positif	*Pas d'impact*	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

1.22 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

Ce chapitre évalue les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre induites directement par la Ligne 15 Sud (construction et exploitation de l'infrastructure) ou évitées grâce aux effets indirects du projet (report modal de la voiture particulière vers les transports en commun). Dans un premier temps, l'analyse du bilan énergétique permet de comparer les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de la Ligne 15 Sud et l'impact du projet sur les consommations du trafic routier en Ile-de-France. Ensuite, le bilan des émissions de gaz à effet de serre permet d'étendre le champ d'analyse en prenant en compte les émissions liées aux matériaux de construction et aux chantiers ainsi que les impacts du projet sur l'urbanisation.

Tant au niveau de l'énergie qu'au niveau des émissions de gaz à effet de serre, l'analyse s'attache d'abord à évaluer les impacts de la Ligne 15 Sud à l'horizon 2020. Cet impact est ensuite évalué à des horizons plus lointains de manière à évaluer le bilan général du projet.

1.22.1 Energie

1.22.1.1 Rappel des enjeux

Comme détaillé dans l'analyse de l'état initial, l'enjeu principal vis-à-vis des consommations énergétiques sera de parvenir à se libérer de la dépendance face aux énergies fossiles en réduisant les consommations et en se tournant vers les énergies renouvelables. Depuis le Grenelle de l'environnement, l'objectif est, au niveau national, de diminuer de 2% par an les consommations en énergie[20] dès 2015 et de 2,5% par an dès 2030.

En améliorant la mobilité en Ile-de-France, le Réseau de Transport du Grand Paris Express devrait permettre de réduire l'utilisation de la voiture particulière et ainsi de diminuer les consommations du trafic routier.

Dans le cadre d'une évaluation environnementale des projets d'infrastructures de transport, le Code de l'Environnement prévoit, à cet effet, la réalisation d'une « évaluation des consommations énergétiques résultant de l'exploitation du projet, notamment du fait des déplacements qu'elle entraîne ou permet d'éviter ». Cette évaluation se focalise donc principalement sur les consommations énergétiques en phase de fonctionnement.

Les consommations énergétiques directes réalisées en phase chantier, notamment pour l'acheminement des matériaux et l'évacuation des déblais, seront également abordées. Les consommations indirectes liées, par exemple, à la production des matériaux, ne seront, en revanche, pas prises en compte dans le cadre du bilan énergétique mais seront analysées en détails dans la partie traitant des émissions de gaz à effet de serre. L'impact indirect du projet sur la rénovation et la densification du bâti pourrait aussi permettre de réduire les consommations énergétiques des secteurs résidentiel et tertiaire. Cette thématique sera également détaillée dans la partie spécifique aux émissions de gaz à effet de serre.

L'analyse des impacts énergétiques du projet est abordée ci-dessous en deux volets : d'une part la phase de chantier et d'autre part la phase d'exploitation du projet.

[20] Rapport entre la consommation d'énergie primaire et le PIB.

1.22.1.2 Impacts et mesures en phase chantier

a. Impacts directs et indirects

En phase de construction, les consommations énergétiques directes concernent essentiellement l'énergie nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais et l'énergie nécessaire pour les chantiers eux-mêmes (bases vie, engins de chantier, etc.).

Concernant l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais, le chantier de la Ligne 15 Sud devrait, en effet, engendrer l'évacuation d'environ 4 200 000 m³ ce qui correspond approximativement à 420 000 chargements (sur base d'une charge de 20 tonnes de terres de densité moyenne de 2 tonne/m³). Dans le cas hypothétique où tous les déblais seraient évacués par la route et que les camions parcouraient 100 km pour chaque aller-retour, cela correspondrait à la consommation de 9400 tep pour l'entièreté de la construction.

Cette consommation approximative sera néanmoins réduite grâce aux mesures d'accompagnement qui seront mises en place afin de réduire les distances parcourues et favoriser les modes de transports moins consommateurs que le mode routier (voir ci-dessous).

Concernant les chantiers eux mêmes, une première approximation sur base d'une consommation moyenne du tunnelier de 20kWh/m³ et de 1 litre de gazole par m³ pour la manutention des terres en surface donne 10 900 tep consommées pour l'ensemble du chantier.

Plus en amont, la production des matériaux nécessaires à la construction peut également nécessiter des quantités très importantes d'énergie (notamment pour la production de béton). Cependant, comme mentionné précédemment, ces consommations « indirectes » seront abordées plus en détails dans l'analyse des impacts sur les émissions de gaz à effet de serre.

b. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation

Le principal poste de consommations énergétiques en phase chantier étant celui du transport de matériaux et d'évacuation des déblais, la principale mesure permettant de réduire la consommation sera la rationalisation et l'optimisation du transport.

Cette rationalisation et optimisation passera, tout d'abord, par la réduction des quantités de déblais à évacuer. Pour ce faire, il sera envisagé autant que possible la réutilisation des terres excavées à proximité du chantier (y compris pour le comblement de carrières).

Les distances parcourues par les camions seront également limitées au maximum en privilégiant les sites de stockage ou de traitement situés à proximité du chantier.

Le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Depuis son apparition en 2007, le Grenelle de l'Environnement incite fortement à orienter les activités vers des politiques de gestion plus rationnelles pour la ressource en matériaux et vers le développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

Dans ce sens, les transports fluviaux et ferroviaires seront privilégiés pour les distances importantes. Les travaux d'extension de la ligne 12 du métro vers Aubervilliers, ont montré la capacité à évacuer des déblais majoritairement par la voie fluviale et constitue un retour d'expérience intéressant. Ainsi, 75% des 530 000 tonnes de déblais générés par les travaux ont été acheminées vers leur exutoire par la voie d'eau. La situation de la Ligne 15 Sud est d'ailleurs favorable à ce mode de transport de par sa proximité avec la Seine, en particulier à hauteur des gares de Pont de Sèvres et des Ardoines, ainsi qu'aux abords de la Marne concernant la gare de

Saint-Maur Créteil. Concrètement, cette mesure sera mise en œuvre via la mise en place des installations permettant l'utilisation des modes de transports alternatifs : Appontements pour l'évacuation fluviale à Ile Monsieur et Pont de Sèvres, voie ferrée de chargement à Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Bien que le chantier de la Ligne 15 Sud induise des consommations non négligeables d'énergie, celles-ci-resteront limitées par rapport aux gains qui pourront être réalisés par la suite lors de l'exploitation de la ligne. En effet, comme exposé par la suite, le report modal de la voiture particulière vers les transports en commun induit par le projet permettra, en phase de fonctionnement, une diminution des consommations énergétiques en Ile-de-France qui devrait, non seulement, contrebalancer les impacts temporaires des chantiers sur les consommations énergétiques mais aussi, à moyen terme, permettre de réduire les consommations énergétiques en Ile-de-France. Il n'y aura donc pas d'impact résiduel et aucune mesure de compensation n'est donc envisagée.

c. Coût des mesures

Le coût de ces mesures est difficile à évaluer à ce stade mais il est clair que l'objectif premier est de rationnaliser et d'optimiser l'organisation des chantiers dans une optique de durabilité, c'est-à-dire sur base de critères sociaux, environnementaux mais également économiques. Les modes alternatifs au transport routier seront donc privilégiés lorsque cela est intéressant du point de vue environnemental mais également lorsque cela est intéressant économiquement. Les mesures ne devraient donc pas influer de manière importante sur les coûts totaux du chantier.

d. Mesures de suivi dans le temps

La principale mesure de suivi dans le temps qui sera mise en œuvre réside dans le suivi des chantiers. Le respect des actions prévues dans le planning initial conduira à une maîtrise des évènements et donc des consommations énergétiques associées.

1.22.1.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation

En phase d'exploitation, les principales consommations énergétiques influencées par le projet sont liées au fonctionnement même du métro ainsi qu'au trafic routier :

- Les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de la traction, de l'électricité utilisée dans les gares (éclairage, panneaux d'informations…) et les bâtiments techniques (sites industriels) et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

- Les gains, quant à eux, proviennent essentiellement de la circulation routière. Deux effets principaux se distinguent : d'une part les gains liés à la réduction des distances parcourues sur le réseau routier au profit des transports en commun, et d'autre part, les gains de consommation réalisés grâce à une augmentation de la vitesse moyenne de circulation sur le réseau routier, due à une diminution de la congestion.

Les différentes consommations énergétiques sont exprimées en tonnes équivalent pétrole afin de pouvoir comparer les sources d'énergie.

a. Besoins propres à l'infrastructure

Les besoins propres au fonctionnement du métro correspondent principalement à l'énergie de traction et à l'énergie utilisée dans les bâtiments (gares et les centres de maintenance). La répartition entre ces deux postes de consommations varie selon la structure du réseau : elle est de 65/35 pour le métro parisien, et de 85/15 pour les RER RATP .

Sur la base des consommations moyennes estimées du réseau de métro de la RATP et des consommations moyennes des bâtiments, il est possible d'évaluer de manière conservative la consommation future du réseau de métro du Grand Paris à partir des voitures.kilomètres parcourus (pour les consommations liées à la traction des rames), et des consommations effectives de bâtiments existants similaires aux gares et bâtiments techniques du réseau (pour les consommations liées au fonctionnement de ces bâtiments).

Besoins énergétiques liés à la traction

La traction des rames est un poste particulièrement important de consommation énergétique des réseaux de métro. L'énergie de traction est généralement exprimée en kilowatts x heure (kWh) par voitures x kilomètre. Celle-ci dépend principalement :

- de la taille des rames ;
- de la vitesse de pointe ;
- de la technologie de roulement (sur fer ou sur pneu), le fer offrant une résistance inférieure au déplacement ;
- de l'efficacité de récupération d'énergie des trains, et de la ligne : le matériel roulant récent permettant une récupération d'énergie de l'ordre de 40 % de l'énergie nécessaire (essentiellement lors du freinage) ;
- de la maîtrise des pertes en ligne, qui dépendent du niveau de tension du courant de traction ainsi que de la nature et de l'importance des sections conductrices ;
- des optimisations de fonctionnement réalisées par le système de conduite automatique.

Concernant la Ligne 15 Sud, un facteur de consommation moyen de 2,2 kWh/voiture.km a été retenu. Il correspond à une hypothèse prudente pour la consommation moyenne d'un matériel roulant sur fer. Le nombre de voitures.kilomètres parcouru a, quant à lui, été évalué sur base des études d'exploitation.

Les résultats concernant les besoins énergétiques liés à la traction des rames de métro sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Caractéristiques et consommation énergétique de traction

	Milliers de voitures.km / an	Consommation annuelle
Ligne 15 Sud (2020)	27 700	**60 900 MWh** soit **5 200 tep**

La consommation annuelle de la Ligne 15 Sud, une fois celle-ci en service en 2020, représente près de 12% de la consommation de l'ensemble du réseau du Grand Paris. Cette part significative s'explique surtout par la longueur importante de la ligne (17% du linéaire du réseau global) et par la longueur des trains (6 voitures en heures de pointe).

Besoins énergétiques des bâtiments

Les besoins des gares correspondent à l'électricité nécessaire à leur fonctionnement (éclairage, informatique, panneaux lumineux,…). La consommation énergétique dépend de nombreux facteurs,

notamment de l'organisation et de la surface des bâtiments, des matériaux de construction, de la qualité de l'isolation ou encore du type d'énergie utilisée. Il est donc difficile, à ce stade, d'évaluer la consommation exacte des gares.

Cependant, il est possible d'évaluer une consommation moyenne par gare sur base de données générales par comparaison avec la consommation de bâtiments similaires. En gardant une approche conservatrice, cette méthode permet d'évaluer globalement la consommation des bâtiments, tout en sachant que l'utilisation de méthodes actuelles et plus efficaces, notamment en termes d'isolation et d'éclairage, devrait permettre de réduire significativement cette consommation.

La Ligne 15 Sud comprend également deux sites industriels, à savoir le SMR de Champigny-sur-Marne et le SMI de Vitry-sur-Seine. Afin d'évaluer leurs consommations énergétiques, un facteur de 126 kWh/m²/an a été retenu pour le fonctionnement électrique général (éclairage, systèmes informatiques, etc.) et un facteur de 167 kWh/m²/an supplémentaire a été retenu pour les surfaces devant être chauffées.

Le tableau ci-dessous présente les estimations de consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement des gares et bâtiments techniques de la Ligne 15 Sud.

Consommation annuelle des gares et bâtiments techniques de la Ligne 15 Sud.

Consommation d'électricité des 16 gares de la Ligne 15 Sud	16 320 MWh soit 1 400 tep
Consommation d'électricité du SMR et du SMI	6 930 MWh soit 600 tep
Consommation de chauffage du SMR et du SMI	4 590 MWh soit 350 tep
Total	**27 840 MWh soit 2 350 tep**

Cette consommation des bâtiments de la Ligne 15 Sud représente environ 24% de la consommation globale des bâtiments du réseau du Grand Paris Express.

Conclusion des besoins propres à l'infrastructure

D'un point de vue des consommations énergétiques et sur la base des hypothèses détaillées précédemment, la Ligne 15 Sud présente une répartition de 69% des consommations énergétiques pour la traction et 31% pour le fonctionnement des gares et bâtiments techniques.

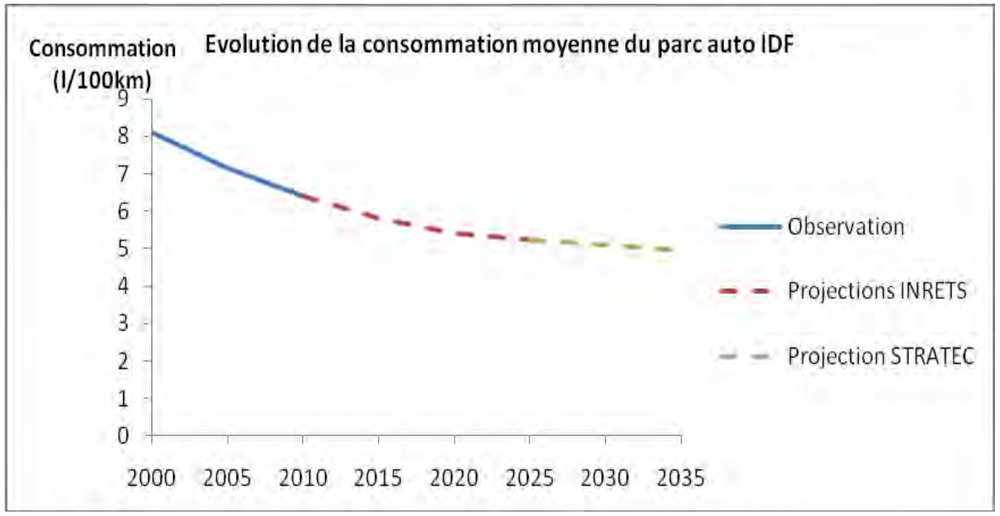
b. *Consommations liées à la circulation routière*

Le report d'une partie des déplacements de la route vers les transports en commun induit une réduction des distances totales parcourues (véhicules.kilomètres) par les usagers et donc une réduction des consommations.

Pour calculer la consommation globale des véhicules, il est nécessaire de tenir compte des projections de la consommation moyenne du parc automobile.

Les courbes de consommation ont été obtenues sur base des consommations moyennes du parc automobile et des objectifs du Grenelle pour 2050. La courbe de consommation est représentée dans la figure suivante.

Il faut noter, par ailleurs, que la diminution du nombre de véhicules circulant sur la route permet de réduire la congestion et donc d'accélérer les vitesses moyennes. Or la consommation des véhicules dépend de leur vitesse de circulation. En Ile-de-France, la vitesse moyenne de circulation des véhicules étant relativement faible, elle est généralement inférieure à la vitesse correspondant à l'optimum de consommation (environ 60 à 70 km/h). Une accélération globale sur le réseau permet donc un rapprochement de cet optimum, ce qui engendre une baisse de la consommation globale des véhicules (véhicules particuliers et poids lourds) en circulation.



Evolution de la consommation moyenne du parc auto en IDF[21]

Ainsi, pour évaluer les impacts de la Ligne 15 Sud sur les consommations énergétiques du trafic routier, il a été nécessaire de calculer les consommations totales des véhicules circulant sur chaque voirie du modèle de transport. En tenant compte des variations de flux et de vitesse, il a alors été possible de comparer les consommations globales du trafic routier en Ile-de-France dans une situation de référence (sans le projet) et dans une situation de projet (prenant en compte la Ligne

Les résultats présentés ci-après concernent l'horizon de la mise en service de la Ligne 15 Sud, c'est-à-dire 2020. Pour évaluer le bilan de la Ligne à plus long terme (depuis 2020 jusque 2035), les mêmes calculs ont été réalisés pour chaque année en tenant compte de la diminution des consommations des véhicules routiers. Ces résultats ont été intégrés dans le bilan 2020-2035 de la

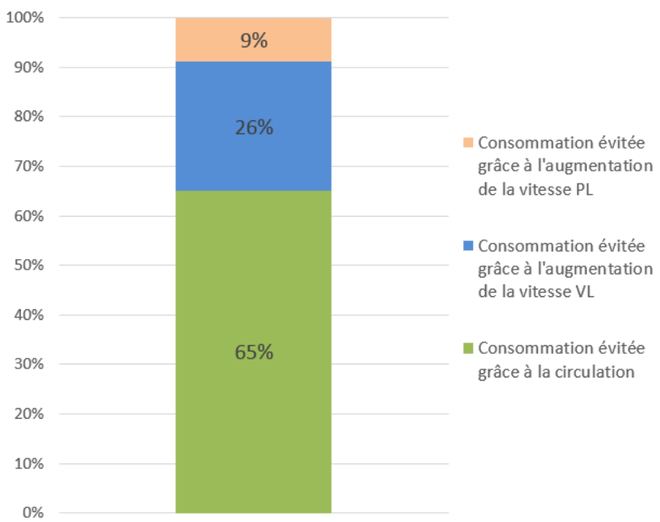
[21] 2000-2010 : Ministère de l'écologie, du développement durable des transports et du logement, observations et statistiques, La consommation d'énergie et les émissions polluantes liées aux déplacements, http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr, 2012 ; 2010-2025 : INRETS : Directives et facteurs agrégés des véhicules routiers en France de 1970 à 2025 ; 2025-2050 : projection linéaire STRATEC pour atteindre 4,5l/100km en 2050.

ligne mais, par souci de clarté, les chiffres annuels ne sont pas détaillés dans ce rapport.

Résultats des gains énergétiques annuels liés aux variations des consommations du trafic routier engendrées par le projet à l'horizon 2020 en tonnes équivalent pétrole (tep)

	Impacts annuel du projet à l'horizon 2020
Gains liés à la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers	- 16 500 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des véhicules particuliers	- 6 600 tep
Gains liés à l'augmentation de la vitesse des poids lourds	- 2 200 tep
Total	- 25 300 tep

Les résultats montrent que l'impact du projet sur les consommations du trafic routier est de 25 300 tep économisées annuellement. La diminution des distances parcourues est responsable de 65% de ce total tandis que la légère augmentation de la vitesse de circulation des véhicules particuliers est responsable de 26% et celle des poids lourds de 9%.

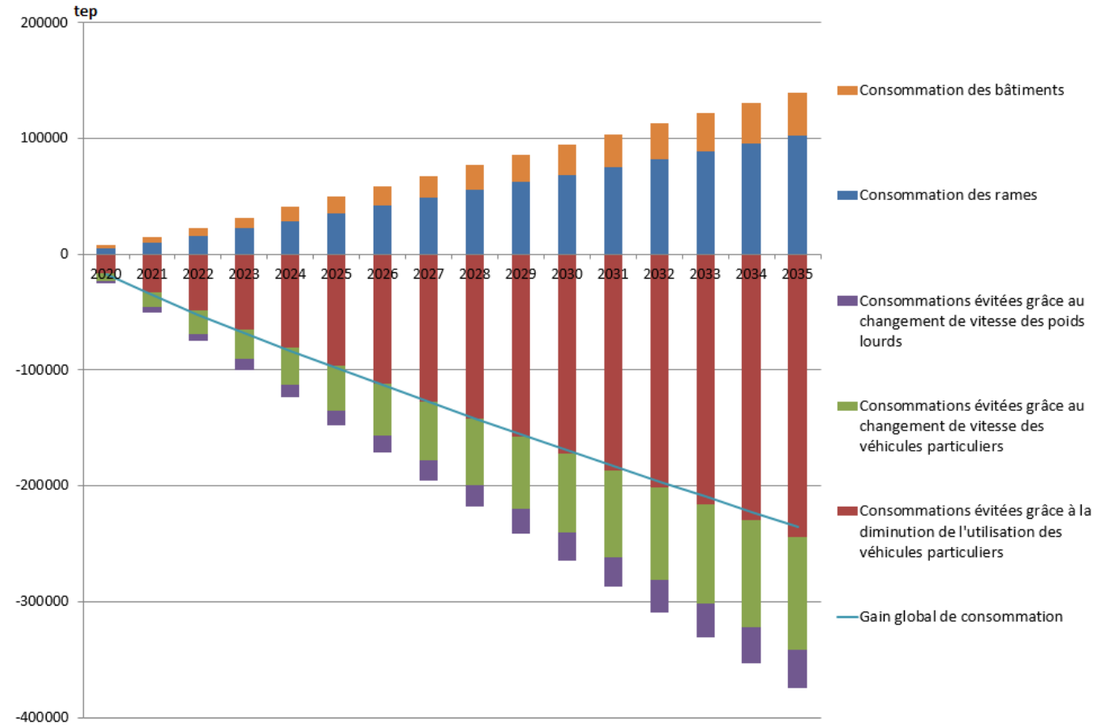


Répartition annuelle des consommations évitées grâce à l'amélioration des conditions de circulation après mise en service de la Ligne 15 Sud (horizon 2020).

Synthèse

L'énergie nécessaire à la traction du métro (5200 tep) et aux fonctionnements des gares et SMR/SMI (2350 tep) est donc largement compensée par l'énergie en moins consommée par le trafic routier (- 25 300 tep en 2020).

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis la mise en service de la Ligne 15 Sud jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure suivante. La figure révèle que le bilan énergétique de la Ligne 15 Sud est particulièrement bénéfique puisque les consommations évitées grâce aux améliorations du trafic routier surpassent largement les consommations induites par le fonctionnement du métro.



Consommations énergétiques cumulées (en tep) par poste suite à la mise en service de la Ligne 15 Sud

Ainsi, au total entre 2020 et 2035, plus de 102 milliers de tep seraient nécessaires à la traction des rames, ainsi que 38 milliers de tep au bon fonctionnement des bâtiments. A l'inverse, l'amélioration du trafic routier (diminution des distances parcourues et diminution de la congestion) permettrait d'éviter la consommation de 375 milliers de tep. Au final, la consommation générale d'énergie serait donc réduite de 235 milliers de tep entre 2020 et 2035, ce qui correspond à environ **-14 700 tep par an**, soit un gain énergétique global particulièrement important.

Ce résultats révèle, par ailleurs, que l'énergie nécessaire pour l'organisation du chantier (20 300 tep) sera faible en comparaison avec les gains induits en phase d'exploitation (-14 700 tep) et que l'énergie nécessaire au chantier sera donc rentabilisée en moins de deux années d'exploitation.

c. Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation

L'analyse des impacts du projet montre que l'infrastructure aura un effet globalement positif sur les consommations énergétiques en Ile-de-France. Il n'y a donc pas lieu d'éviter de réduire ou de compenser les impacts du projet mais plutôt d'optimiser le projet de manière à maximiser ses effets positifs.

Des mesures d'optimisation du projet seront donc mises en place afin de réduire au maximum les consommations de l'infrastructure et de maximiser les gains liés au report modal.

En ce qui concerne la consommation de l'infrastructure, des choix stratégiques seront faits afin de réduire les besoins énergétiques du métro. La traction du métro représentant la majeure partie des consommations énergétiques de l'infrastructure, elle constitue un poste stratégique sur lequel une attention particulière sera portée. Il sera notamment envisagé d'utiliser un système de récupération de l'énergie cinétique au freinage. L'énergie cinétique dissipée lors des freinages représente, en effet, approximativement 40 % de la consommation énergétique. Les constructeurs ont donc mis en place des dispositifs de stockage d'énergie permettant de renvoyer celle-ci en ligne afin qu'elle soit utilisée par un autre train demandeur d'énergie. Ce système est d'autant plus efficace si le métro est automatique. En effet, l'optimisation des profils de vitesse et des tables horaires d'exploitation engendrent une utilisation optimum de l'énergie cinétique des véhicules. Or l'énergie cinétique dissipée des trains de la Ligne 15 Sud est élevée, de par les fréquences et les capacités conséquentes des métros du Réseau de Transport du Grand Paris d'où un potentiel d'action efficace. A Turin, Siemens a évalué à 33 % (projet VAL, Turin) l'économie d'énergie effectuée lors de l'automatisation du métro[22].

Bien que moins importante, la consommation des gares sera également être limitée au maximum. En termes de conception des bâtiments, le critère énergétique a été pris en compte dans la conception et l'isolation des bâtiments. L'utilisation de luminaires LED qui consomment moins d'électricité est également privilégiée tandis que les bâtiments voyageurs auront, dans la mesure du possible, de grandes baies vitrées, de larges ouvertures ou des verrières pour maximiser l'apport de lumière naturelle.

L'ensemble de ces mesures concernant à la fois l'amélioration du report modal et l'optimisation des consommations énergétiques liées au fonctionnement du métro devraient permettre d'augmenter sensiblement la différence entre les consommations nécessaires au métro et les gains liés au trafic routier et d'accentuer ainsi le bilan en faveur du projet.

d. Coûts associés aux mesures

Les coûts de ces différentes mesures sont très variables mais c'est leur critère de durabilité qui sera pris en compte dans le choix de la mise en œuvre ou non de ces mesures. Ainsi, la plupart de ces mesures devraient présenter des avantages, non seulement pour l'environnement, mais également du point de vue économique. Les coûts supplémentaires liés à ces mesures devraient donc être très faibles.

e. Mesures de suivi

Les performances énergétiques du projet pourront être suivies dans le temps via la mesure des consommations induites par le matériel roulant et les bâtiments. Ces mesures seront échelonnées dans le temps et confrontées d'une part aux estimations émises précédemment et d'autre part aux gains estimés liés au trafic routier. Ceci permettra d'apprécier l'impact énergétique global du projet.

La mise en place d'indicateurs liés au suivi de ces grandeurs constituera un moyen pertinent pour évaluer les performances énergétiques du projet. De tels indicateurs représenteront autant d'outils permettant un suivi efficace des consommations réelles et estimées, ainsi qu'une base de réflexion solide dans le but de mettre en œuvre de potentiels mesures de réduction des consommations.

[22] Metro automatique et économie d'énergie, Siemens, 2009

1.22.2 Energies renouvelables

Cette partie aborde la question du développement potentiel des énergies renouvelables au travers du projet et concerne donc essentiellement la phase exploitation. Elle vise également à présenter la synthèse des éléments du projet en rapport avec les éléments du Permis de Construire.

La Société du Grand Paris présentera dans le dossier du Permis de Construire de chaque ouvrage, l'analyse détaillée sur ce sujet. Les ouvrages concernés par cette procédure de permis de construire sont les gares et les sites de maintenance.

1.22.2.1 Rappel des besoins en énergie

Comme l'a montré l'analyse précédente portant sur l'ensemble du projet, les besoins énergétiques nécessaires au fonctionnement de la Ligne 15 Sud sont principalement ceux de la traction du matériel roulant, de l'électricité utilisée dans les gares et les bâtiments techniques (éclairage, panneaux d'informations, machines diverses, etc.) et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

L'électricité est très largement dominante :

- il s'agit d'un métro électrique. Il est donc normal que la traction représente la plus grande part de l'énergie consommée. Elle représente à elle seule 69 % des consommations totales estimées.

- l'électricité représente aussi une part significative des consommations hors traction. En effet, la fonction d'éclairage est assurée entièrement par des appareils électriques. Les fonctions liées à l'exploitation du métro, en particulier la ventilation, la distribution des billets, les portiques de contrôles, les appareils liés aux fonctions d'alarme et de sécurité, sont assurées par des appareils fonctionnant à l'électricité.

- la plupart des fonctions annexes présentes dans les gares reposent sur l'énergie électrique : éclairage des boutiques, distributeurs alimentaires, etc.

Les autres types d'énergie sont quasiment absents dans le fonctionnement actuel des métros existants.

Les énergies fossiles ne sont utilisées que pour produire de l'électricité en cas de défaillance de l'alimentation par le réseau. Elles sont essentiellement utilisées dans des groupes électrogènes dont la mission est de faire fonctionner certains appreils permettant la mise en sécurité des personnes présentes.

1.22.2.2 Faisabilité de l'utilisation des énergies renouvelables – analyse générale

La mise en œuvre des énergies renouvelables dans le projet de métro du Grand Paris Express peut se concevoir a priori selon deux angles de vue :

- **Les ouvrages produisent de l'énergie renouvelable pouvant être consommée dans l'exploitation du projet**. Cette production doit à la fois produire une énergie consommable (de l'électricité principalement) et être réalisée dans des conditions compatibles avec les exigences de tous types de l'exploitation d'un métro : sécurité, Etablissement Recevant du Public, milieu souterrain confiné, disponibilité en ventilation et aération limitée ;

- **les ouvrages consomment de l'énergie renouvelable produite par ailleurs** : à défaut de production d'énergie, cette solution encourage la filière de production des énergies renouvelables.

a. Production d'énergie au niveau des ouvrages du projet

De manière générale, les ouvrages du projet sont peu adaptés à une production d'énergie de type renouvelable. En effet :

- L'infrastructure se trouvant principalement en sous-terrain, les surfaces émergeantes pouvant profiter de l'énergie solaire (thermique ou photovoltaïque) ou de l'énergie éolienne sont très limitées et n'offrent donc qu'un potentiel restreint, limité à quelques ouvrages ayant des émergences de grande taille (sites de maintenance, gares de Villejuif IGR et de Noisy-Champs) ;

- Ni l'énergie d'origine hydraulique, ni les énergies issues de combustion (biomasse ou biogaz) ne sont réellement envisageables dans une infrastructure souterraine recevant du public dans un espace réduit et confiné. L'emploi de ces énergies supposerait la mobilisation de volumes supplémentaires pouvant être significatifs, en partie liés à des considérations de sécurité de l'infrastructure (risque d'inondation par fuite du système hydraulique, risque d'explosion et/ou d'émissions de fumées toxiques).

Le seul type d'énergie renouvelable qui est potentiellement adapté à un projet souterrain concerne les échanges de chaleur avec des circulation d'eau, comme la géothermie, les pompes à chaleur et le réseau de chauffage urbain. Les secteurs les plus favorables à la géothermie, déjà fortement sollicités, sont la nappe de la craie dans la boucle de Boulogne-Billancourt et la nappe du Calcaire grossier (sous alluvions) dans le secteur de Vitry-sur-Seine / Alfortville. En ce qui concerne le réseau de chauffage urbain, c'est la proximité du réseau qui rend le secteur favorable.

Malgré le potentiel de production d'énergie renouvelable assez limité du projet, une étude d'approvisionnement en énergie a été réalisée pour chaque gare ainsi que pour le SMR de Champigny, analysant aussi bien la disponibilité des ressources en énergies renouvelables que la faisabilité technique et le potentiel de production. Le tableau suivant synthétise les résultats de ces analyses pour chacune des gares de la Ligne 15 Sud. La partie analyse détaillée au chapitre suivant présente des éléments complémentaires pour chaque gare.

Il ressort de cette étude que 8 gares présentent des sites favorables à très favorables à la mise en place de systèmes de récupération de l'énergie géothermique : Pont de Sèvres, Issy RER, Fort d'Issy Vanves Clamart, Villejuif IGR, Villejuif Louis Aragon, Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil l'Echat, et Noisy Champs.

Ces gares doivent ainsi faire l'objet d'études plus approfondies en phase projet pour préciser leurs potentiels et la possibilité de la mise en place de structures thermoactives.

L'étude a également testé le potentiel des sections en tunnel dont il est ressort que deux zones de tunnel devraient faire l'objet d'une étude plus approfondie (techniques de construction, besoins énergétiques de proximité, …) pour la mise en place de voussoirs thermoactifs (tubes échangeurs de chaleur) :

- entre les gares de Créteil l'Echat et de Vitry Centre (3 inter-stations – environ 6 km) ;
- entre les gares d'Issy RER et de Pont de Sèvres (1 inter station).

Les études de faisabilité à venir permettront de consolider les résultats de l'étude sur le potentiel ENR et ainsi déterminer la nature des aménagements retenus.

Bien que l'étude confirme que le potentiel de production d'énergie solaire photovoltaïque est limité, la technologie sera néanmoins utilisée dès que possible, sur les toits des gares, lorsque les surfaces seront suffisantes, ainsi que sur les bâtiments des sites de maintenance. En effet, ces derniers sont des bâtiments industriels de grande superficie (plusieurs milliers de mètres-carrés), donc présentant une surface potentiellement intéressante pour des panneaux solaires.

La production d'énergie renouvelable est donc intéressante car elle permettra, à son échelle, de participer à l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique de l'Ile-de-France et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Néanmoins, la production potentielle du projet reste très limitée par rapport aux besoins relativement élevés nécessaires au fonctionnement du métro.

Synthèse des possibilités d'approvisionnement en énergies renouvelables des différentes gares et du SMR de la Ligne 15 Sud.

Gare	Solaire thermique	Solaire photovoltaïque	Chaudière bois ou biomasse	Chaudière à condensation	Eolien	Réseau urbain	Pompe à chaleur sur air	Pompe à chaleur sur nappe	Pompe à chaleur sur sondes	Pompe à chaleur sur parois moulée	Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	Groupe à absorption	Cogénération	Récupération de chaleur sur eaux grises
Pont de Sèvres	+	+	-	+	-	++	++	++	++	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Issy RER	-	-	-	+	-	-	++	++	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Fort d'Issy-Vanves-Clamart	-	-	-	+	-	++	++	-	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Châtillon-Montrouge	-/+	-/+	-	+	-	Réseau en projet ++	++	-	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Bagneux	-	-	-	+	-	Réseau en travaux ++	+	-	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Arcueil Cachan	-	-	-	-	-	++	++	++	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Villejuif IGR	-	-	-	+	-	++	++	-	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Villejuif Louis Aragon	-	-	-	+	-	++	++	-	+	-	-	+	+	+ (réc. passive)
Vitry Centre	-	-	-	-	-	++++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+ (réc. passive)
Les Ardoines	+	+	-	++	+	++++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+ (réc. passive et active)
Vert de Maisons	+	+	-	++	+	NC	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+ (réc. passive et active)
Créteil l'Echat	-	-	-	++	-	++++	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+ (réc. passive)
Saint Maur Créteil	-	-	-	++	-	-	+++	-	++	++	++	+	+	+ (réc. passive et active)
Champigny Centre	+	+	-	++	+	-/+	+++	-	++	++	++	+	+	+ (réc. passive et active)
Bry-Villiers Champigny	+	+	-	++	+	-/+	+++	-	++	++	++	+	+	+ (réc. passive et active)
Noisy-Champs	-	-	-	+	-	-	+++	+++	+++	+++	++	+	+	+ (réc. passive et active)
SMR	++	++	-	+	-	-	NC	++	NC	NC	NC	NC	NC	NC

Au vu du potentiel ENR synthétisé dans le tableau ci-dessus :

- Gare Pont-de-Sèvres : la solution réseau de chaleur urbain et les solutions de pompe à chaleur sont les plus favorables.
- Gare Issy RER : les solutions de pompe à chaleur sont les plus favorables.
- Gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Chatillon-Montrouge : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare de Bagneux : la solution réseau de chaleur urbain est la plus favorable.
- Gare Arcueil-Cachan : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Villejuif IGR : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Villejuif Louis Aragon : la solution réseau de chaleur urbain et la solution de pompe à chaleur air sont les plus favorables.
- Gare Vitry-centre : la solution réseau de chaleur urbain, les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Les Ardoines : la solution réseau de chaleur urbain, les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Vert-de-Maisons : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Créteil L'Echat : la solution réseau de chaleur urbain, les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Saint-Maur Créteil : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Champigny centre : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Bry-Villiers-Champigny : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- Gare Noisy-Champs : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.
- SMR Champigny : les solutions de pompe à chaleur et la récupération de chaleur au niveau des voussoirs sont les plus favorables.

Ces solutions ENR feront donc l'objet d'une étude de faisabilité spécifique au cours des phases suivantes du projet de la Ligne 15 sud.

b. Utilisation d'énergie renouvelable produite par ailleurs

La part des énergies renouvelables en l'Ile-de-France reste assez limitée puisqu'elle représente actuellement moins de 5% des consommations finales. Les principales filières d'énergies renouvelables utilisées en région Ile-de-France sont (source SRCAE 2009) :

- Les pompes à chaleur aérothermiques et géothermiques sur les bâtiments, pour des usages de chaleur ou de climatisation dans le tertiaire, représentent une production renouvelable de près de 3 850 GWh/an.
- La biomasse, essentiellement utilisée en maison individuelle, et comme chauffage d'appoint, représente une production renouvelable de près de 3 190 GWh/an en individuel. Les chaufferies collectives, sur réseau de chaleur ou hors réseaux de chaleur, ne représentent qu'une part marginale du bilan.
- La récupération de chaleur et la production d'électricité à partir des Unités d'Incinération des Ordures Ménagères (UIOM) représentent une production de 3 563 GWh/an.
- La production de chaleur sur réseaux par géothermie représente une production de 1 035 GWh/an.

Cette part est toutefois en augmentation significative avec le développement de projets importants en géothermie et le développement du réseau de chauffage urbain.

L'énergie d'origine solaire se développe également mais dans de moindres proportions. L'usage des toitures est concurrencé par les toitures végétalisées qui permettent de remplir d'autres fonctions.

Les autres types d'énergies renouvelables donnent lieu à des productions anecdotiques au niveau régional (55GWh pour le solaire photovoltaique, 37 GWh pour l'énergie hydraulique, 20 GWh pour l'éolien et 18,8.GWh pour le solaire thermique)[23].

L'électricité consommée pour l'essentiel des besoins de fonctionnement de l'infrastructure ne sera donc que très partiellement issue d'origines renouvelables. Par ailleurs, la seule ressource renouvelable externe potentiellement utilisable serait une connexion aux réseaux de chaleur urbaine (notamment de la Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain (CPCU)). Ces réseaux font circuler de la vapeur d'eau sous pression chauffée par plusieurs types d'énergie, dont l'incinération d'ordures ménagères. A nouveau, la part du chauffage dans les consommations est faible et l'impact sur la part des énergies renouvelable serait très faible mais cela reste tout de même intéressant. Les bâtiments qui pourraient être connectés à de tels réseaux sont les gares du Pont de Sèvres, de Fort d'Issy Vanves Clamart, Châtillon-Montrouge, Bagneux M4, Arcueil Cachan, Villejuif IGR, Villejuif Louis Aragon, Vitry Centre, Les Ardoines et Créteil l'Echat ainsi que le SMR (mais la connexion n'est pas envisagée au stade actuel).

1.22.2.3 Faisabilité de l'utilisation des énergies renouvelables – analyse détaillée

Ce chapitre a pour vocation d'apporter des précisions au niveau de chaque ouvrage étudié par rapport aux éléments ci-dessus.

Les éléments présentés restent d'approche générale. Ils ne sont compréhensibles que si les caractéristiques de chaque ouvrage sont connues, donc si le lecteur dispose de la pièce B2 consacrée à la description du projet.

---

[23] *Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France 2014, Consommations finales 2009 et production d'énergies renouvelables 2012.*

Les données disponibles ne permettent pas de réaliser complètement l'étude de faisabilité du potentiel de développement des ENR au sens réglementaire du terme (article L128-4 du code d el'urbanisme, issu de l'article 8 de la Loi Grenelle 1 du 1er juillet 2009) :

- Le calcul des besoins énergétiques reste général et est soumis à de très nombreuses incertitudes liées à des choix de conception et d'exploitation non encore réalisés – Les éléments généraux disponibles ont été donnés ci-dessus.

- L'évaluation du potentiel d'utilisation des énergies renouvelables est l'objet principal du présent chapitre,

- L'élaboration d'un ou des scénarios énergétiques n'est pas envisageable au stade actuel de définition des ouvrages et de leur fonctionnement.

Les études complémentaires à venir, qu'elles soient de conception des ouvrages ou de conception du fonctionnement et de l'exploitation de ces ouvrages, permettront de définir précisément les solutions « ENR » retenues, donc de répondre pleinement aux exigences réglementaires.

Pour chaque ouvrage pris en compte, un tableau spécifique d'adéquation des différents types de ressource énergétique envisagés est présenté. Ce tableau présente la justification du potentiel en fonction des caratéristiques de l'ouvrage.

La colonne intérêt du concept ou intérêt de la solution repose sur le code suivant :

- Tiret rouge : solution non intéressante ou peu pertinente,

- Croix rouge : solution présentant peu d'intérêt ou de pertinence limitée,

- Croix vertes : solution présentant un intérêt certain ou pertinente,

- Croix bleues : solution présentant un grand intérêt ou très pertinente.

Le stade actuel de définition des études ne permet pas de dire, lorsque une ou plusieurs solutions sont très pertinentes, si elles seront utilisées ou comment, ni à quel niveau d'intégration, elles seraient utilisées.

Gare de PONT-DE-SEVRES

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Envisageable en ayant recours à la toiture de l'émergence « accès secondaire ».	+
Solaire photovoltaïque	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	+
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant proche.	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	OUI	La densité de réseaux existants sur la zone, rendent ce concept très contraignant.	-
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	La densité de réseaux existants sur la zone, rendent ce concept très contraignant.	-
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	NON	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Pont de Sèvres – Source Société du Grand Paris

Gare de ISSY-RER

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Pas de toiture disponible sur cette gare.	
Solaire photovoltaïque	OUI	Pas de toiture disponible sur cette gare.	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage.	+
Éolien	OUI	Pas de toiture disponible sur cette gare.	-
Réseau urbain	NON	Pas de réseaux urbains identifiés à proximité.	-
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable.	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chaleur (chauffage, ECS) et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chaleur (chauffage, ECS) et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Issy RER – Source Société du Grand Paris

Gare de FORT D'ISSY-VANVES-CLAMART

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant dans la ville	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	NON	Pas de nappe exploitable.	-
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	+
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart – Source Société du Grand Paris

Gare de CHATILLON-MONTROUGE

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-/+
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-/+
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau en projet	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	NON	Pas de nappe exploitable	-
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	+
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Chatillon-Montrouge – Source Société du Grand Paris

Gare de BAGNEUX

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Création d'un réseau à l'horizon 2016.	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	NON	Pas de nappe exploitable	-
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	+
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable.	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Bagneux – Source Société du Grand Paris

Gare de ARCUEIL-CACHAN

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Eolien	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant proche.	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	+
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Arcueil-Cachan – Source Société du Grand Paris

Gare de VILLEJUIF IGR

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant dans la ville	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	NON	Pas de nappe exploitable	-
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	+
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Villejuif IGR – Source Société du Grand Paris

Gare de VILLEJUIF LOUIS ARAGON

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt du concept
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Architecture de la gare non-favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant dans la ville	++
Pompe à chaleur sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement.	++
Pompe à chaleur géothermique sur nappe	NON	Pas de nappe exploitable	-
Pompe à chaleur géothermique sur sondes	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage ou de rafraichissement	+
Pompe à chaleur géothermique sur parois moulées	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept peu envisageable	-
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Les contraintes de mise en œuvre et de maintenance rendent ce concept difficilement envisageable.	-
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production simultanée de chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable uniquement pour la récupération passive pour la production d'ECS, mais ressource limitée.	+

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Villejuif Louis Aragon – Source Société du Grand Paris

Gare de VITRY CENTRE

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Chaudière à condensation	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Eolien	OUI	Architecture et environnement de la gare non favorable	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	++++
Pompe à chaleur géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Pompe à chaleur Sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Récupération passive envisageable pour production d'ECS ou chauffage mais ressource très limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Villejuif Louis Aragon – Source Société du Grand Paris

Gare des ARDOINES

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Envisageable pour production ECS uniquement.	+
Solaire photovoltaïque	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	+
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	++
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	+
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	-/+
Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	++ (-)
Pompe à chaleur non-géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare des Ardoines – Source Société du Grand Paris

Gare de VERT DE MAISONS

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Envisageable pour production ECS uniquement.	+
Solaire photovoltaïque	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	+
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	++
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	+
Réseau urbain	INCONNU		
Pompe à chaleur géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Pompe à chaleur non-géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Vert de Maisons – Source Société du Grand Paris

Gare de CRETEIL L'ECHAT

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	++
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	++++
Pompe à chaleur géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Pompe à chaleur Sur air	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Récupération passive envisageable pour production d'ECS ou chauffage mais ressource très limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Créteil L'Echat – Source Société du Grand Paris

Gare de SAINT MAUR CRETEIL

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Envisageable pour production ECS uniquement.	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	++
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	-
Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	++ (-)
Pompe à chaleur non-géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Saint-Maur-Créteil – Source Société du Grand Paris

Gare de CHAMPIGNY CENTRE

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Envisageable pour production ECS uniquement.	+
Solaire photovoltaïque	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	+
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	++
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	+
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	-/+
Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	++ (-)
Pompe à chaleur non-géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Champigny-Centre – Source Société du Grand Paris

Gare de BRY-VILLIERS-CHAMPIGNY

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Envisageable pour production ECS uniquement.	+
Solaire photovoltaïque	OUI	Envisageable pour production d'électricité.	+
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Encombrement et contraintes d'exploitation importants.	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	++
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	+
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	-/+
Pompe à chaleur géothermique / (sauf géo. sur nappe)	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++ (-)
Pompe à chaleur non-géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Bry-Villiers-Champigny – Source Société du Grand Paris

Gare de NOISY-CHAMPS

ECS : Eau Chaude Sanitaire

Systèmes étudiés	Disponibilité des ressources	Commentaires	Intérêt de la solution
Solaire thermique	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Solaire photovoltaïque	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Chaudière bois ou biomasse	OUI	Architecture de la gare non favorable	-
Chaudière à condensation	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage.	+
Eolien	OUI	Envisageable pour production d'électricité, mais ressource limitée.	-
Réseau urbain	OUI	Envisageable pour production d'ECS et chauffage. Réseau existant très proche.	-
Pompe à chaleur géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Pompe à chaleur non-géothermique	OUI	Envisageable pour production d'ECS, chauffage et de rafraichissement.	+++
Groupe à absorption	OUI	Envisageable pour production chauffage et de rafraichissement.	+
Cogénération	OUI	Envisageable pour production chauffage et électricité simultanée.	+
Récupération de chaleur sur eaux grises	OUI	Envisageable pour production d'ECS et de chauffage, mais ressource limitée.	+
Récupération d'énergie sur les voussoirs des tunnels	OUI	Envisageable pour production de chauffage.	++

Synthèse de l'adaptabilité des concepts – Gare de Noisy-Champs – Source Société du Grand Paris

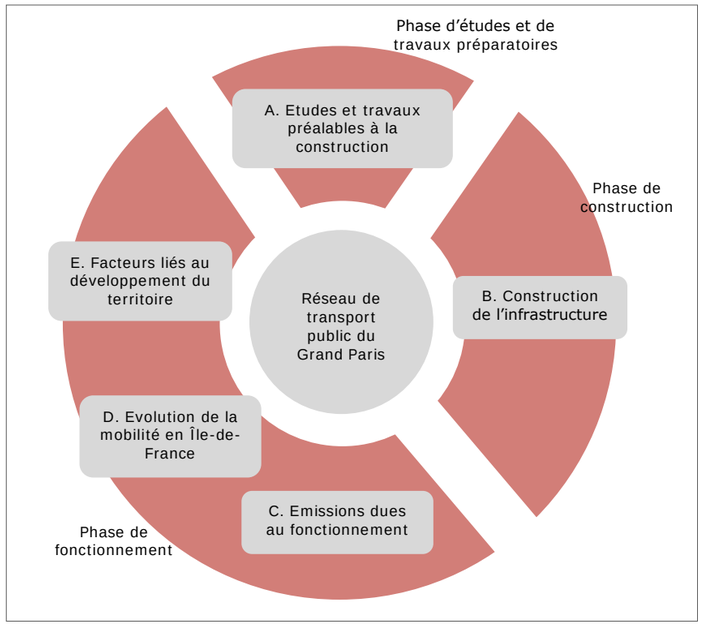
1.22.3 Emissions de gaz à effets de serre

1.22.3.1 Rappel des enjeux

L'importance de la population et des activités en Ile-de-France font de cette région un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre. Selon le Bilan Carbone® expérimental réalisé en 2006, l'empreinte carbone de la région s'élève à 38,5 millions de tonnes équivalent carbone par an. Les trois postes d'émissions les plus importants sont le secteur des transports, le résidentiel et le tertiaire.

Un projet d'infrastructure de transport tel que celui de la Ligne 15 Sud ayant des incidences majeures sur la mobilité mais également sur la structure urbaine, représente donc un enjeu très important pour les émissions de gaz à effet de serre. L'importance de cet enjeu est renforcée par les engagements ambitieux de la France et de l'Ile-de-France en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'objet de ce chapitre est d'évaluer l'impact du projet sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) et les changements climatiques qu'elles induisent. La méthodologie de calcul a fait l'objet d'un long développement spécifique afin de tenir compte de l'ensemble des impacts qu'une infrastructure de l'envergure de celle du Réseau de Transport du Grand Paris peut causer. La méthodologie est synthétisée brièvement ci-dessous. Pour plus de détails, il est recommandé au lecteur de consulter le rapport détaillé spécifique à cette méthodologie (Méthodologie d'élaboration du CarbOptimum®, outil de calcul pour l'estimation des émissions et consommations de CO_2 induites par la réalisation du Réseau de Transport du Grand Paris).



Principales catégories de postes d'émissions en fonction des différentes phases de réalisation du projet

Afin d'étudier les émissions de GES, le projet est divisé en cinq grandes thématiques qui représentent les phases du projet. Les émissions correspondantes aux activités induites par ces différentes phases sont calculées en multipliant les données relatives aux activités concernées par des facteurs d'émissions afin de les traduire en émissions de GES exprimées en tonnes équivalent CO_2.

Les facteurs d'émissions sont issus de différentes sources internationales, telles que le *Guide des* facteurs d'émissions V6.1, ADEME 2010, et du rapport Guidelines to Defra/DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting, Defra & DECC, 2011. Certains facteurs d'émissions ont également été calculés ou adaptés pour correspondre le mieux possible à la situation réelle de l'Ile-de-France. Pour un complément d'information, se référer au rapport complet, et plus particulièrement à la phase 2 de celui-ci qui s'attache à l'Identification des valeurs de référence en téq CO_2 pour les différents postes et élaboration de l'outil de calcul des bilans.

1.22.3.2 Impacts et mesures en phase chantier

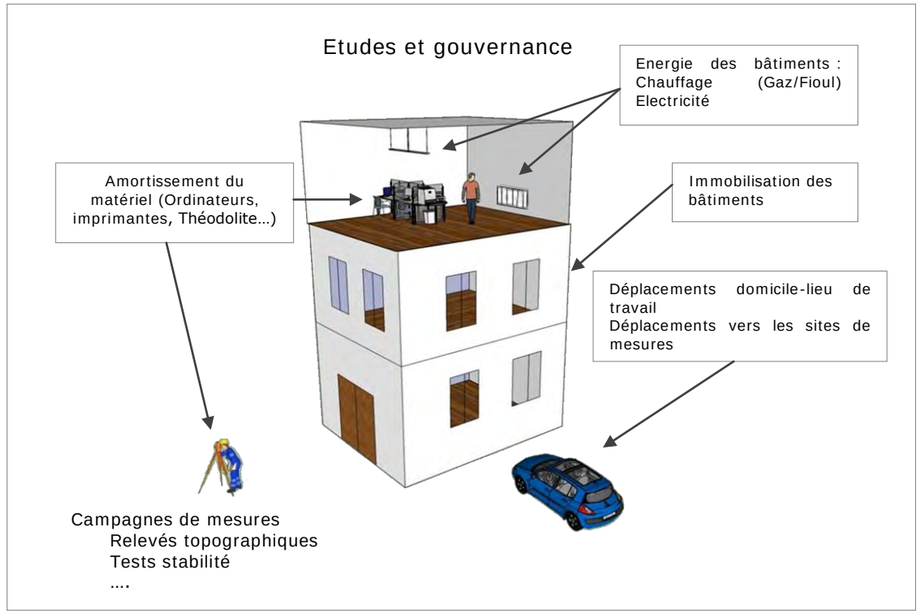
En phase chantier, l'enjeu principal se situera dans les méthodes de constructions et les types de matériaux utilisés : il s'agira de choisir les techniques les moins émissives possibles et de réduire les émissions liées à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais.

a. Impacts directs et indirects

Etudes et travaux préalables à la construction

La réalisation de projets majeurs d'infrastructures de transport requiert de nombreuses concertations, études et travaux préparatoires (figure suivante), et notamment les études d'intérêt socio-économiques, les études d'incidences environnementales, les débats et enquêtes publics, les études géotechniques, les études de génie civil, etc. L'initiation et le suivi du projet nécessitent également un important travail de gouvernance.

Sur base des estimations des budgets alloués aux différentes études et à la gouvernance, les émissions correspondantes aux études préalables de la ligne à l'étude ont été évaluées à 17 700 téq CO_2 (soit environ 12% de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris).



Représentation des postes d'émissions lors de la phase d'études et de travaux préalables. (Source : Stratec).

Construction de l'infrastructure

Comme défini plus en détails dans le rapport méthodologique spécifique, la quantification des émissions de GES de la construction prend en compte :

- Les émissions de GES liées à l'énergie consommée par les différents outils mis en œuvre pour le creusement des tunnels, l'évacuation des déblais et la mise en place des remblais ;
- Les émissions de GES dues à la fabrication des matériaux consommés pour les différents ouvrages construits : les bétons et les ciments en part prépondérante, mais également les métaux, la chaux et les autres matériaux (ou ensemble de matériaux) tels que les ponts routiers ou ferroviaires ;
- Les émissions de GES dues aux transports des personnes travaillant sur les chantiers ainsi que celles liées au fret des matériaux consommés et des déblais ;
- Les émissions de GES liées au changement d'usage des sols.

Le croisement des flux d'émissions et des flux d'activité permet une représentation matricielle des émissions de GES. Le tableau suivant en est un exemple.

Flux d'émissions et flux d'activité de la quantification des émissions de gaz à effets de serre liées à la construction de la Ligne 15 Sud

		Tunnels par tunnelier	Tranchées couvertes	Ouvrages d'art aériens	Sections de surface	Equipements ferroviaires	Bâtiments, quais et voirie	Organisation du chantier
	Km de dble voie	***34***	***0***	***0***	***1***	***34***		
tCO2e	Energie, déblais et re	6.420	0	0	135	0	6.260	950
	Bétons, ciments	523.000	0	0	0	22.900	0	0
	Métaux	0	0	0	0	84.300	0	0
	Chaux	0	0	0	290	0	0	0
	Autres matériaux	0	0	0	0	0	77.600	0
	Transport et fret	53.700	0	0	389	1.880	18.100	56.300
	Changement usage d	0	0	0	119	0	0	0
	TOTAL	**583.000**	**0**	**0**	**933**	**109.000**	**102.000**	**57.300**
		852.000						
	Par km de dble voie (33,5)	**17.400**	**0**	**0**	**28**	**3.260**	**3.040**	**1.710**
		25.400						

Tout comme pour l'approche au niveau global, la méthodologie utilisée pour réaliser la quantification des émissions de GES liées à la construction de la Ligne 15 Sud s'appuie sur l'utilisation du calculateur CarbOptimum®.

La plupart des informations nécessaires à la quantification des émissions liées à la construction se trouvent dans les rendus produits pour le projet lors des études de faisabilité.

Les caractéristiques du projet sont les suivantes :

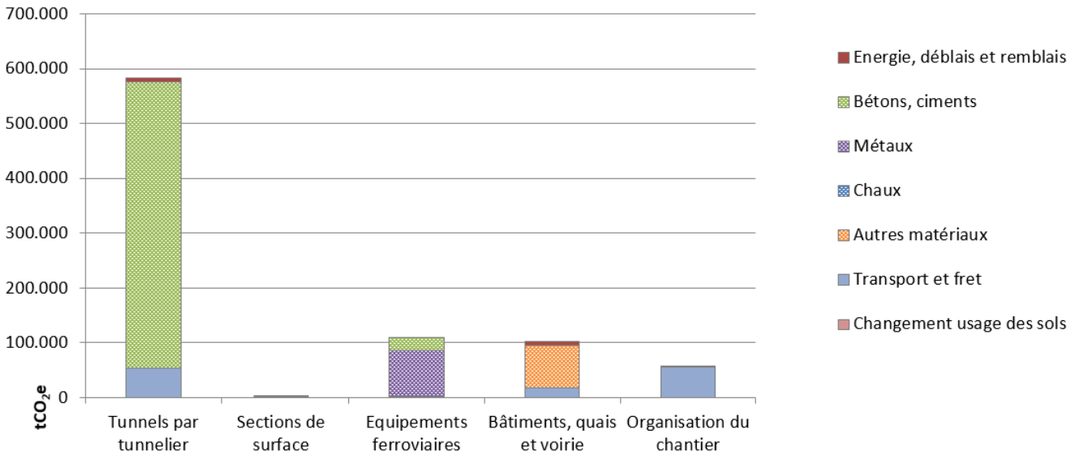
- La longueur de voie à réaliser est d'environ 34 km. Les parties courantes sont réalisées au tunnelier et sont de type monotube.
- Le nombre de gares en incluant les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs est de 16.
- Matériel roulant : il s'agit de trains sur fer composés de 6 voitures.

Le traitement des informations collectées a ainsi permis de quantifier les émissions de GES liées à la construction pour chacune des parties de la ligne. Les valeurs sont présentées dans le tableau et la figure qui suivent.

Emissions globales et par km de voie liées à la construction.

Emissions globales (téq CO_2)	**852 000**
Emissions par km (téq CO_2/km)	**25 400**

Le graphique suivant présente le croisement des flux d'émissions avec les flux d'activité.



Emissions de GES, en téq. CO_2, par type d'activité et par type de flux d'émissions pour la Ligne 15 Sud

Le flux prépondérant reste les émissions de GES engendrées par la production du béton et/ou du ciment. En effet, les quantités de ces matériaux qui sont mises en œuvre sont très importantes et cet effet de masse se combine avec un procédé de fabrication très émetteur de GES pour le béton et le ciment.

b. Mesures – importance des choix techniques

Lors de la construction (et en amont lors des études de faisabilité et de la maitrise d'ouvrage), les choix techniques des processus de construction et des matériaux sont cruciaux. En effet, la phase de construction est un poste d'émissions très important du projet.

Ces choix techniques constituent donc des leviers permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre du projet. En ce qui concerne le creusement par tunnelier, la qualité des voussoirs et les caractéristiques du radier influencent notamment les émissions de GES.

Tout au long de la conception du projet, les choix techniques évoqués précédemment seront donc réalisés de manière éclairée du point de vue des émissions de gaz à effet de serre. L'outil CarbOptimum® développé notamment à cet effet, sera utilisé afin d'évaluer les impacts de ces choix sur les émissions de gaz à effet de serre, et incarnera un outil pertinent permettant de réaliser un suivi dans le temps.

1.22.3.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation

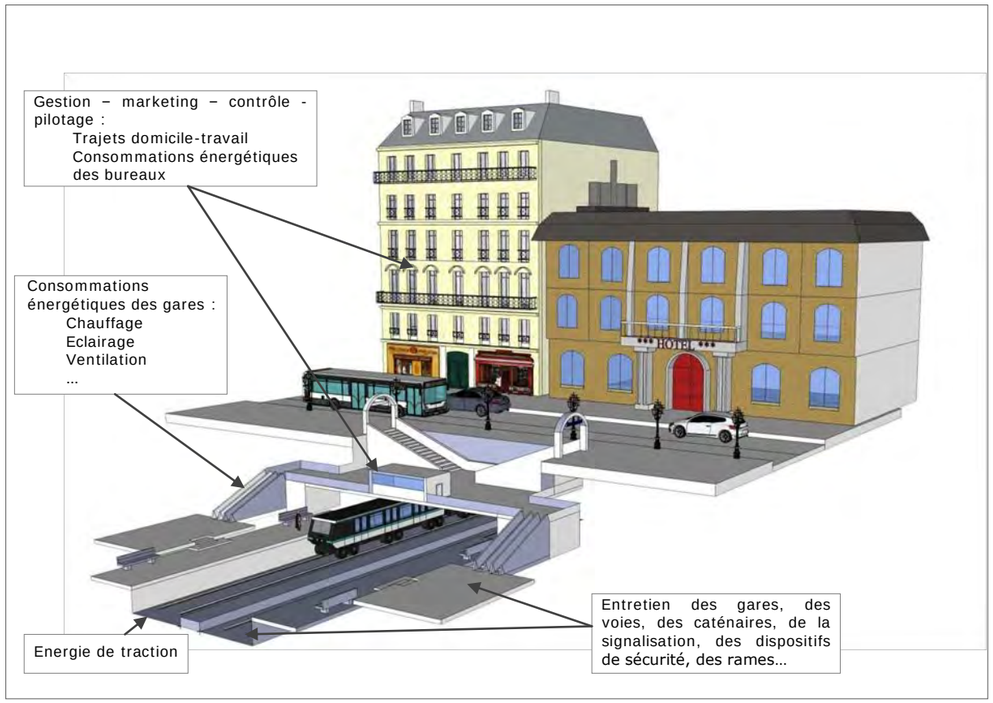
Lors des choix de conception du métro et des gares, l'enjeu sera également de favoriser un matériel roulant et des bâtiments durables et économes afin de limiter les émissions de gaz à effets de serre en phase d'exploitation.

A proximité des gares, il s'agira de mettre en place des mesures visant à assurer une urbanisation durable en densifiant le bâti.

Enfin en termes de mobilité, les enjeux sont également nombreux et consistent principalement à favoriser le report modal de la voiture particulière particulièrement défavorable du point de vue des émissions de gaz à effet de serre au profit des transports en commun largement plus économes.

De nombreux flux de carbone sont liés au fonctionnement des infrastructures de transport. Il s'agit principalement de la consommation d'énergie et de tous les intrants liés au fonctionnement des trains et des gares :

- L'énergie de traction, nécessaire au mouvement des trains : les rames de transport de voyageurs sont mues en recourant à l'électricité. Les différentes fonctions à bord sont assurées par cette même énergie, parfois transformée (air comprimé pour le freinage, chaleur ou froid pour le confort thermique, etc.).
- La consommation en énergie des gares (éclairage, chauffage, ventilation, etc.) ; les bâtiments d'accueil du public, de gestion et techniques (atelier de maintenance…) consomment également de l'électricité et éventuellement des combustibles.
- Les émissions induites par toutes les activités de gestion, de marketing, de contrôle, de pilotage, etc. Ces émissions concernent la plupart des postes mentionnés dans les études préalables à la construction de l'infrastructure, c'est-à-dire : les trajets domicile-travail des employés, les consommations énergétiques des bureaux, l'amortissement du matériel et de l'immobilier ; le personnel travaillant au fonctionnement de l'infrastructure (agents de conduite, agents de maintenance, régulateurs…) induisent des déplacements quotidiens pour se rendre à leur travail et en repartir.
- Les émissions liées à l'entretien et renouvellement de l'infrastructure : L'infrastructure ferroviaire, les bâtiments et le matériel roulant demandent un entretien continu tout au long de leur durée de vie avec des consommations de pièces détachées, de produits d'entretien, etc. Des opérations plus lourdes de rénovation ou de renouvellement sont parfois aussi nécessaires.



Représentation des postes d'émissions de l'infrastructure en fonctionnement. (Source : Stratec)

Emissions liées à l'énergie nécessaire à la traction

Ces émissions se basent sur la consommation énergétique du métro, qui est calculée en fonction du nombre de voitures.kilomètres parcourus (voir la partie relative à l'énergie pour plus d'informations), et qui est ici converti par le facteur d'émissions de l'énergie électrique.

Les émissions liées à l'énergie de traction du projet s'élèvent à 4 000 teq CO_2 en 2020, et les émissions cumulées s'élèvent à 140 000 teq CO_2 à l'horizon 2050.

Emissions liées à l'énergie nécessaire aux bâtiments

Les émissions de GES liées à la consommation énergétique des gares, et des bâtiments techniques (maintenance) sont issues des estimations de consommations d'énergie moyennes de ces bâtiments, comme dans la partie relative à l'énergie.

Les émissions de CO_2 de l'utilisation des bâtiments sont de 2 600 teq CO_2 en 2020.

Activités de gestion, de marketing, de pilotage, d'entretien

Les émissions du projet liées aux activités de gestion ont été évaluées sur base des budgets prévisionnels pour de ces activités. Elles s'élèvent à 5 300 teq CO_2 en 2020.

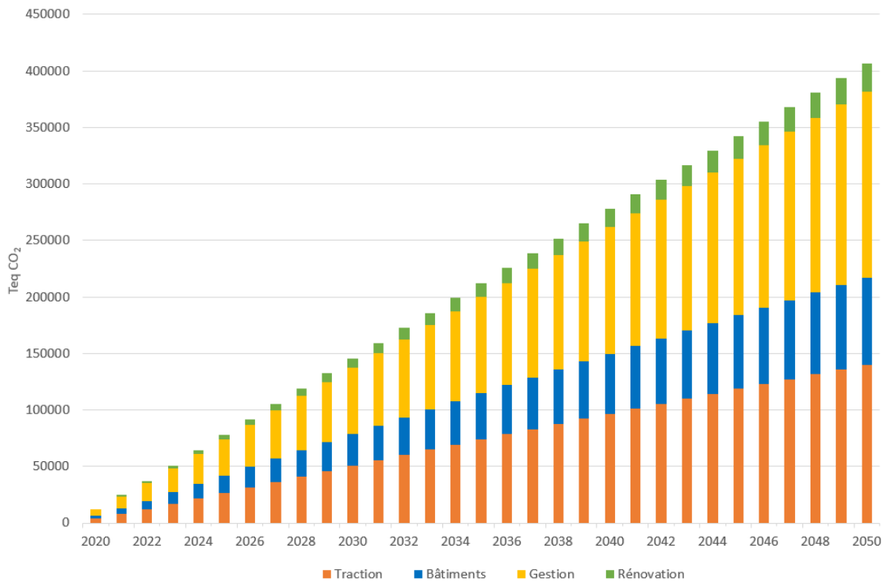
Emissions liées au renouvellement du matériel et aux opérations lourdes de rénovation

Une infrastructure de transport telle que celle du projet aura une durée de vie très longue que l'on peut considérer comme égale ou supérieure à 100 ans. Cependant, pour maintenir l'infrastructure dans un état optimal de fonctionnement, un renouvellement de certains équipements ferroviaires (rails, caténaires…) et des opérations de rénovations des bâtiments (gares, locaux techniques…) devront être réalisés. Les émissions liées à ces opérations ont donc été prises en compte en considérant une durée de vie moyenne des matériaux concernés de 45 ans. Les émissions associées ont ainsi été réparties uniformément au cours du temps dès l'année suivant la mise en service du projet. Ainsi, les émissions de rénovation pour la Ligne 15 Sud ont été évaluées à 820 téq CO_2 par an à partir de 2021.

Résultats globaux liées au fonctionnement de l'infrastructure

Le graphe suivant regroupe l'ensemble des émissions cumulées liées au fonctionnement de l'infrastructure : les émissions dues à l'énergie nécessaire à la traction du métro, à l'énergie des bâtiments, aux activités de gestion et à l'entretien.

Les résultats montrent que la gestion est le premier poste responsable des émissions de GES (41%), devant la traction (34%), le fonctionnement des bâtiments (19%) et la rénovation lourde (6%).



Emissions (téq CO_2) cumulées par poste de fonctionnement pour le projet.

Réduction d'émissions liée au report modal de la voiture vers les transports publics

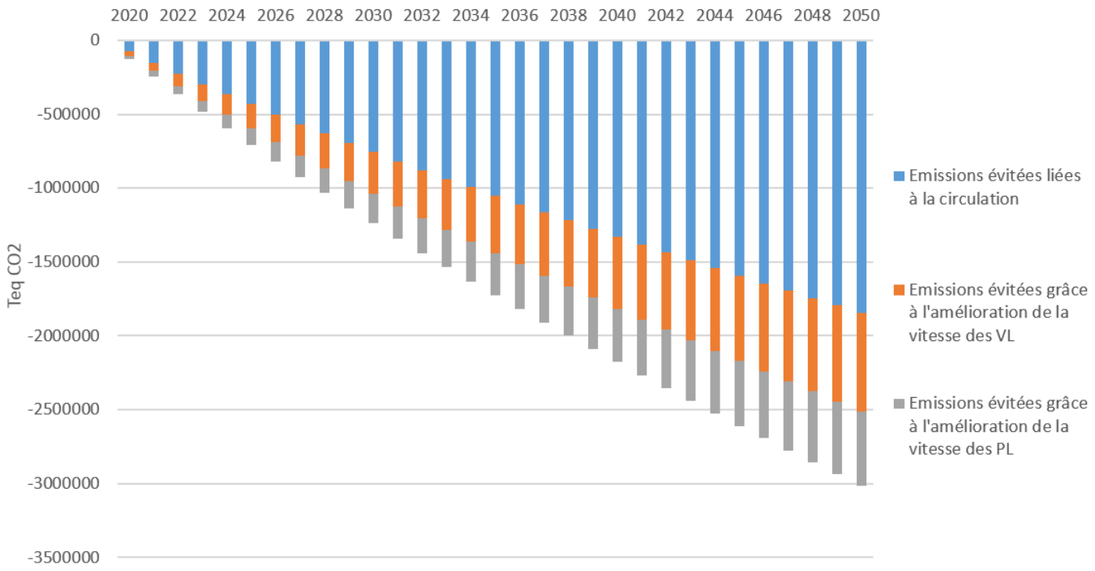
De par sa nature, le projet vise à améliorer la mobilité en Ile-de-France et à induire un report modal de la route vers les transports en commun. Ce report modal permettra une réduction de l'utilisation de la voiture particulière et donc des émissions qui en découlent.

Comme lors de l'estimation des gains énergétiques, deux effets principaux du projet de métro sur le trafic routier et sur les émissions de CO_2 sont constatés :

- Une diminution des distances parcourues correspondant à une réduction des émissions de gaz à effet de serre dues à la consommation de carburant et à l'usure des véhicules ;
- Une augmentation de la vitesse moyenne des véhicules (légers et poids lourds) sur le réseau qui induit généralement une diminution des consommations (excepté sur les axes rapides et non saturés où l'augmentation peut être à l'origine d'émissions supplémentaires).

L'impact sur les distances parcourues a été évalué sur base des résultats du modèle de transport. Ce même modèle a également permis de déduire les vitesses moyennes de parcours sur les différents axes du réseau et d'estimer, les consommations moyennes en situation de référence et en situation de projet en tenant compte des effets de congestion.

La figure suivante représente les émissions évitées cumulées grâce à la mise en service de la Ligne 15 Sud au cours du temps. Ils mettent en évidence la distinction entre les émissions liées aux distances parcourues et les émissions liées aux vitesses des véhicules.



Cumul des émissions évitées (téq CO_2) liées au trafic routier suite à la mise en service de la Ligne 15 Sud.

En 2020, ce sont environ 76 400 téq CO_2 évitées grâce à la diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers, 29 200 téq CO_2 évitées grâce à l'augmentation des vitesses des véhicules particuliers et 19 100 téq CO_2 évitées grâce à l'augmentation des vitesses des poids lourds. Ces gains annuels diminuent légèrement au cours du temps car le parc automobile devient plus efficace du point de vue énergétique mais au total entre 2020 et 2050, ce sont 3 017 000 téq CO_2 évitées grâce au report modal de la route vers les transports en commun.

Impact sur le développement territorial

L'Evaluation Stratégique Environnementale et l'étude méthodologique d'élaboration du CarbOptimum® ont permis de souligner que la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud et des mesures d'accompagnement adaptées est susceptible de créer des gains d'émissions de CO_2 non négligeables qui se traduiraient sous les formes suivantes :

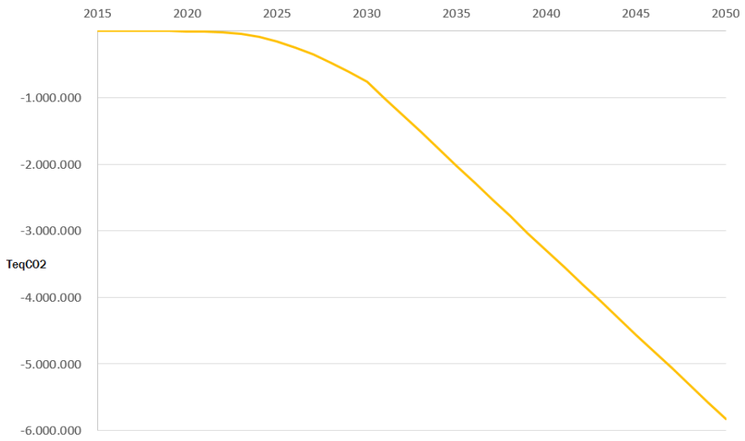
- au niveau de la forme urbaine du bâti, en lien avec la densification du résidentiel et du tertiaire qui induit, notamment, des besoins en infrastructures de desserte (VRD) et une consommation moindre d'espaces vierges ;
- au niveau des performances énergétiques du bâtiment : l'urbanisation liée au projet est l'occasion d'entraîner un mouvement important de rénovations et de démolitions/reconstructions. Le renouvellement du parc bâti donne lieu à des bâtiments énergétiquement plus performants ;
- au niveau des effets induits de l'usage du sol sur la mobilité des franciliens : une stratégie d'aménagement incorporant densité et mixité urbaine autour de nouveaux nœuds d'une infrastructure de transport en commun d'envergure devrait encourager un raccourcissement des trajets terminaux et un report modal vers les transports en commun.

Cette partie « développement territorial » prend en compte les modifications de l'aménagement du territoire en fonction de la présence ou non du projet de Réseau de Transport du Grand Paris. Elle calcule, d'ici à 2050, la différence d'émissions de téq CO_2 induites par le scénario reprenant les hypothèses centrales de développement territorial et, ce, en considérant l'ensemble du cycle de vie des bâtiments : construction, exploitation et fin de vie du bâti.

La modification du territoire qu'amène le projet de la Ligne 15 Sud entraîne un large gain des émissions de CO_2. Ces gains s'expliquent par l'impact du projet sur la densification et le renouvellement du bâti à proximité des gares : il y a moins de réseaux à construire, moins de surfaces rurales sont transformées en zones urbaines, la densification réduit les besoins en énergie (chauffage, transports), les services publics ont moins de distances à parcourir. Globalement, le cumul de ces gains permet d'économiser 5 828 milliers de teq CO_2 à l'horizon 2050 (avec 254 milliers de tec CO_2 pour la seule année 2050).

Les gains commencent dès la mise en service de la Ligne 15 Sud en 2020. Le renouvellement du bâti plus ancien et moins performant énergétiquement nécessite des travaux qui émettent des émissions de GES lors des premières années ce qui explique une décroissance des émissions plus faible dans les premières années. La fabrication et l'acheminement des matériaux entrainent des émissions, alors que la densification permet d'en éviter, par une diminution des km de réseau VRD construits et des parcelles agricoles ou forestières urbanisées. En phase de chantier, les émissions produites restent plus importantes que les émissions évitées.

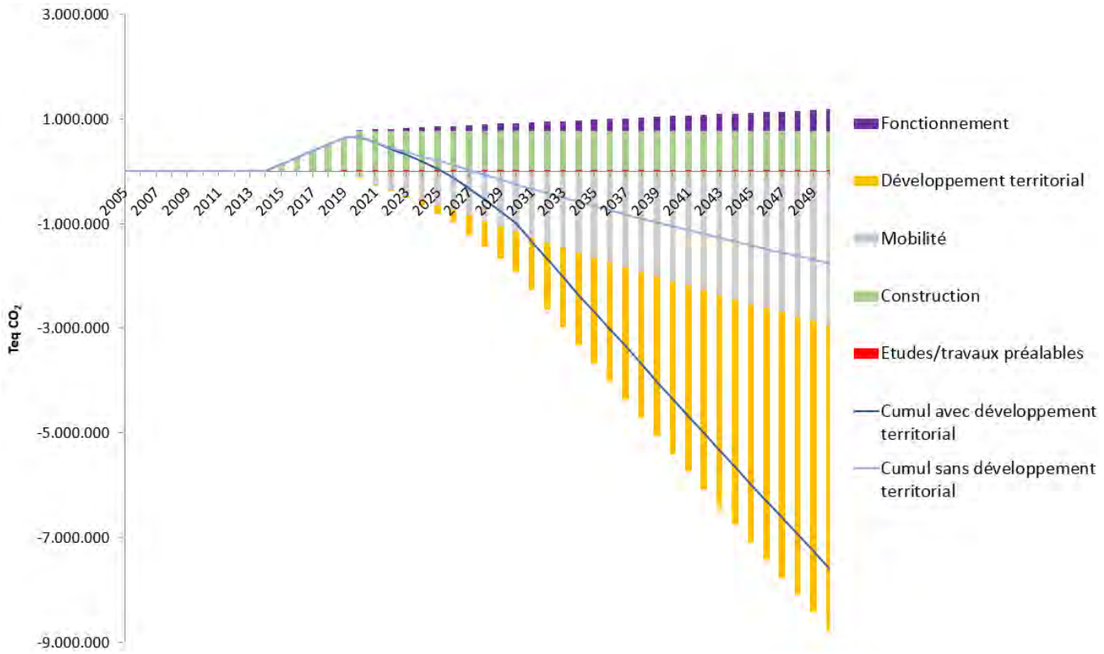
Concernant la phase exploitation, la densification qu'amène le projet permet de réduire les émissions de CO_2. Les bâtiments consomment moins, il y a moins de VRD, et les coûts de maintenance sont donc moindres, ainsi que les services publics qui ont moins de distance à parcourir. Le graphique ci-dessous représente les émissions cumulées au cours du temps engendrées par les impacts indirects des différentes phases du projet sur le développement territorial.



Comparaison des gains (téq CO_2) cumulés pour le poste du développement territorial

Bilan général des émissions

Les résultats globaux du bilan des émissions de gaz à effet de serre depuis la mise en service de la Ligne 15 Sud sont présentés dans le graphique ci-après. Le graphique permet de comparer les émissions de CO_2 induites ou évitées par les différentes thématiques.



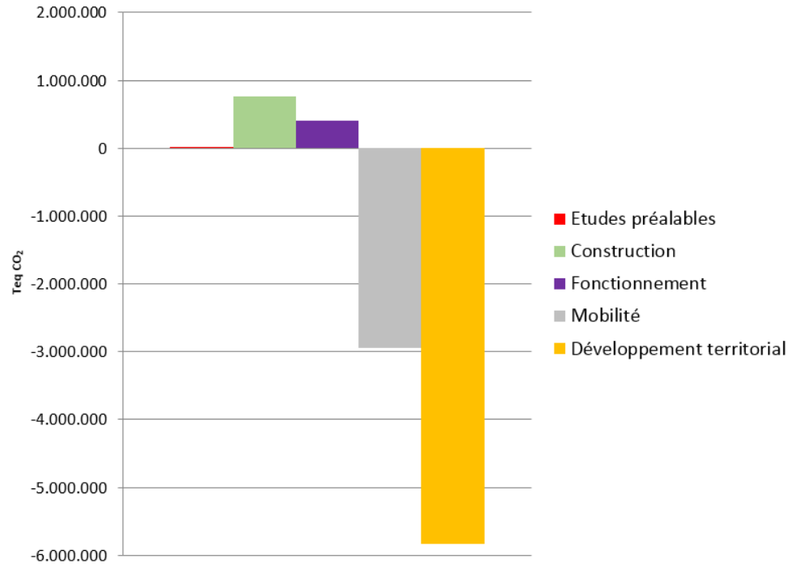
Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) liées à la réalisation de la Ligne 15 Sud.

Comme attendu, la première phase du projet (comprenant les études préalables et la construction de l'infrastructure) induit des émissions de GES importantes. Dès la mise en service de la ligne, le cumul global des émissions induites et évitées commence à décroître. Les émissions induites ne sont plus alimentées que par les émissions de fonctionnement de l'infrastructure. En parallèle, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France et grâce à l'aménagement du territoire augmentent et deviennent de plus en plus importantes dans le bilan global.

En 2026, c'est-à-dire 6 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud, les émissions induites par le projet sont entièrement compensées par les émissions évitées grâce aux impacts du projet sur le développement territorial et sur la mobilité en Ile-de-France. Le bilan décroît ensuite rapidement grâce aux émissions évitées au niveau de la mobilité mais également grâce aux impacts sur le développement territorial qui s'intensifient avec le temps.

Sans tenir compte des émissions évitées grâce au développement d'une structure urbaine plus durable, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France permettent de compenser les émissions induites par le projet mais d'une manière beaucoup plus étalée dans le temps. Le cumul des émissions sans tenir compte des émissions liées au développement territorial, illustre à cet effet que les émissions induites par le projet sont compensées aux alentours de l'année 2028, c'est-à-dire 8 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud.

A l'horizon 2050, les émissions induites et évitées depuis la mise en service de la Ligne 15 Sud se répartissent selon la figure suivante.



Bilan des émissions de GES cumulées (en téq CO_2) par poste pour la Ligne 15 Sud, à l'échéance 2050.

Les résultats révèlent à nouveau que le poste le plus important est de loin le développement territorial. Les postes d'études préalables, de construction et de fonctionnement seront très largement compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement permettront de réduire très significativement les émissions de GES à l'horizon 2050. Au total, ce sont approximativement 7,59 millions de teq CO_2 qui seront émises en moins d'ici 2050, contribuant ainsi aux efforts nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction des émissions (facteur 4).

Pour rappel, les émissions de gaz à effets de serre issues du trafic routier en Ile-de-France représentaient 18 000 000 teq CO_2 en 2005[24]. L'analyse des impacts du projet sur les émissions du trafic routier montre que la diminution est d'approximativement −125 000 téq CO_2 par an à l'horizon 2020. Ces émissions évitées représentent donc une diminution d'environ −0,7% des émissions régionales liées au transport routier.

Concernant le développement territorial, les émissions annuelles des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France s'élevaient à 26 000 000 téq CO_2 en 2005. Le projet permet une diminution d'environ -1 300 téq CO_2/an à l'horizon 2020, croissant jusqu'à − 254 000 téq CO_2/an à l'horizon 2050. Ceci correspond donc à une diminution de -1% des émissions de 2005 à l'horizon 2050.

Les impacts du projet sont donc non négligeables mais loin des -75% attendus à l'horizon 2050. Il est donc essentiel de comprendre que le projet et plus généralement le Grand Paris Express ne constituent qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommations énergétiques.

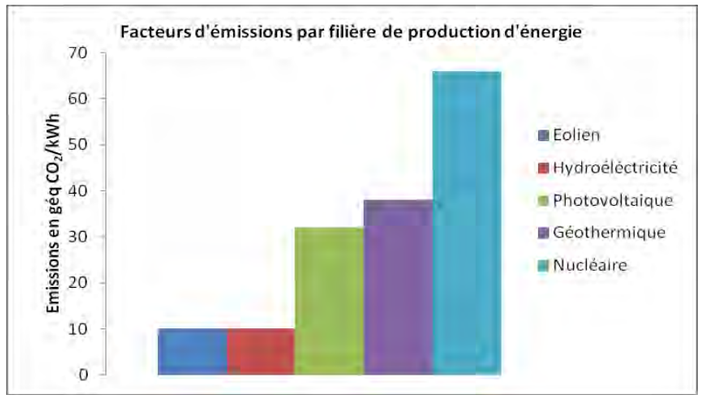
[24] *Bilan carbone de la Région Ile-de-France, IAURIF, 2007, voir pièce G.1 pour plus de détails*

1 Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation

Comme du point de vue énergétique, les effets du projet sur les émissions globales des gaz à effets de serre sont positifs. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à éviter, réduire ou compenser les impacts négatifs du projet mais plutôt d'optimiser le projet afin d'en maximiser les effets positifs.

Les émissions de CO_2 dues au fonctionnement sont largement dépendantes des consommations énergétiques. Les **préconisations liées à l'optimisation de la consommation énergétique** détaillées dans la partie « énergie » s'appliquent donc également ici.

En ce qui concerne l'apport énergétique du réseau, le choix des **énergies renouvelables** est particulièrement important. En effet, les facteurs d'émissions des énergies renouvelables sont nettement en dessous de ceux de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles, comme le montre la figure suivante.



Facteurs d'émissions de différentes filières de production d'électricité (Source valeurs : ADEME, Guide des facteurs d'émissions V6.1)

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du Réseau de Transport du Grand Paris ne permettent pas de s'approvisionner uniquement à partir des ressources renouvelables disponibles en interne (surfaces disponibles pour la production d'énergie éolienne restreintes, énergie géothermique limitée, etc.), il sera cependant intéressant d'envisager la production d'énergie renouvelable notamment sur les toits des gares ou de favoriser les fournisseurs d'électricités produisant une grande proportion de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

En ce qui concerne la mobilité, toutes les **mesures encourageant un report modal** de la route vers les transports en commun auront comme effet de maximiser les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au projet.

Le développement territorial nouveau induit par le projet est responsable d'une grande quantité d'émissions de CO_2 potentiellement évitées. Afin d'en assurer la maximisation, il sera cependant nécessaire de la part des acteurs responsables de l'aménagement du territoire de mettre en place des **mesures d'accompagnements visant notamment à réduire l'étalement urbain et à favoriser la densification autour des gares**. Tous les détails sur ces mesures d'accompagnement sont précisés dans la partie « occupation du sol ».

De manière simplifiée, les principales mesures ayant un impact fort sur les émissions de GES sont les suivantes :

- Limiter l'étalement urbain en préservant le plus possible les espaces vierges de la construction nouvelle et en définissant les périmètres d'urbanisation dans le tissu urbain existant ;
- Définir des Coefficient d'Occupation du Sol (COS) adaptés à l'accessibilité des zones en transport en commun ;
- Promouvoir une mixité fonctionnelle et urbaine adaptée à ce même indicateur d'accessibilité ;
- Définir l'affectation future des périmètres d'aménagement en fonction de l'accessibilité des terrains qui s'y situent.
- Inciter à l'augmentation des programmes de démolitions/reconstruction et de constructions pour augmenter le taux de renouvellement du parc bâti.
- Définir des règles de construction favorisant des taux de mitoyenneté importants.
- Promouvoir des programmes de construction d'immeubles collectifs au détriment de maisons individuelles ;
- Définir des objectifs de performance énergétique à atteindre pour les futurs programmes de construction/rénovation allant au-delà des exigences réglementaires en vigueur, par exemple en promouvant la certification environnementale des nouveaux bâtiments.
- Inciter les communes à l'instauration d'incitations financières (primes, prêts à taux intéressants, etc.) afin d'encourager les particuliers à engager des travaux énergétiques dans les bâtiments
- Inciter les communes à encourager les promoteurs publics ou privés à l'instauration d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments et la diffusion de l'information aux particuliers.

De manière opérationnelle au niveau locale, ces politiques peuvent passer par la révision de documents tels que les Plans Locaux d'Urbanisme.

a. Coûts associés aux mesures

Les coûts de ces différentes mesures sont très variables mais comme du point de vue énergétique, c'est leur critère de durabilité qui sera pris en compte dans le choix de la mise en œuvre ou non de ces mesures. Ainsi, la plupart de ces mesures devraient présenter des avantages, non seulement pour l'environnement, mais également du point de vue économique. Les coûts supplémentaires liés à ces mesures devraient donc être très faibles.

b. Mesures de suivi

La mise en place d'un outil de suivi des émissions de GES produites par les infrastructures et les bâtiments du projet permettra un suivi dans le temps de l'empreinte écologique de la Ligne 15 Sud. Ces données seront corrélées avec l'évolution du trafic routier sur le réseau francilien afin d'estimer la diminution des gaz à effets de serre issus de la circulation suite à la mise en service du projet.

1.22.4 Synthèse des impacts et associée relative à la consommation énergétique et aux émissions de gaz à effets de serre

Secteurs concernés	Thématiques	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections	**Consommation d'énergie et émissions de gaz à effets de serre en Ile-de-France**	Importante contribution de la région Ile-de-France aux consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale.	Réduction globale et durable des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effets de la Région Ile-de-France.	• Toutes les mesures d'optimisation détaillées ci-dessous permettront de maximiser les impacts positifs du projet et de contribuer ainsi davantage à la réduction des émissions régionales.
	Secteur du transport	Contribution significative du secteur du transport, en particulier du transport routier, aux consommations et aux émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.	Consommations d'énergie et émissions de gaz à effets de serre induites par la construction du projet.	Mesures de réduction : • Rationalisation et optimisation des trajets de véhicules pour le chantier (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais). • Choix de techniques de construction peu énergivores. • Choix judicieux des méthodes de construction et utilisation de matériaux durables.
			Consommations d'énergie et émissions de gaz à effets de serre induites par le fonctionnement du projet.	Mesures de réduction : • Utilisation d'énergies renouvelables, lorsque cela s'avère possible. • Choix d'un matériel roulant peu consommateur en énergie, et doté notamment d'un système de récupération d'énergie au freinage. • Optimisation de la fréquence de desserte en fonction des besoins.
			Report modal important de la voiture particulière vers les transports en commun grâce à la nouvelle offre du Grand Paris.	Mesures d'optimisation : • Favoriser les accès aux gares en transports en commun, à pied ou en vélo. • Mise en place de mesures dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière.
	Secteur du bâti	Contribution significative du bâti résidentiel et tertiaire aux consommations et émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.	Réduction des consommations et émissions du bâti grâce aux plans de construction, de densification et de rénovation des bâtiments aux abords des nouvelles gares.	Mesure d'optimisation : • Favoriser une urbanisation durable du territoire, une rénovation du bâti existant et une densification du bâti

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*	
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*	*Impact positif*

1.23 Environnement sonore

En dehors du bruit solidien traité dans le chapitre relatif aux vibrations, les typologies d'impacts relatifs au bruit rencontrées dans le cadre de l'aménagement d'un métro souterrain sont liées principalement :

- Aux bruits générés durant la phase chantier (engins, camions, techniques spécifiques de réalisation des ouvrages,…) ;
- Aux bruits générés par les équipements techniques des ouvrages émergents du métro en phase exploitation (gares, ouvrages annexes et sites de maintenance).

L'analyse réalisée dans le cadre du présent chapitre s'attache à distinguer 2 approches :

- Une première approche globale, centrée sur les impacts et mesures générales associés au type d'aménagement et à la phase projet (phase chantier ou phase exploitation) concernés ;
- Les impacts et mesures sont ensuite détaillés à l'échelle des ouvrages émergents, de manière à intégrer les spécificités de chaque secteur d'aménagement et les caractéristiques constructives des ouvrages.

1.23.1 Impacts et mesures générales en phase chantier

1.23.1.1 Rappel Réglementaire

a. Décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage

Ce décret n'impose pas de valeurs limites pour les activités de chantier (hors équipements) mais l'article Art. R. 1334-36. mentionne que « si le bruit mentionné à l'article R. 1334-31 a pour origine un chantier de travaux publics ou privés, ou des travaux intéressant les bâtiments et leurs équipements soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation, l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- 1. Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes en ce qui concerne soit la réalisation des travaux, soit l'utilisation ou l'exploitation de matériels ou d'équipements ;
- 2. L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- 3. Un comportement anormalement bruyant. »

Ainsi, même si les chantiers ne sont pas soumis à des valeurs limites en matière de niveaux sonores, le maître d'ouvrage doit porter une attention particulière au bruit émis par le chantier dont il a la charge et prendre, le cas échéant, les mesures nécessaires pour ne pas induire des nuisances sonores pouvant porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme.

b. Décret 95-22 du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit des aménagements et infrastructures de transport terrestre

Le Décret 95-22 du 9 janvier 1995 précise que le dépôt d'un dossier d'information auprès des maires et du préfet est nécessaire au moins 1 mois avant le début du chantier. Ce document doit notamment comporter les éléments suivants :

- La nature du chantier,
- La durée prévisible du chantier,
- Les nuisances sonores attendues ainsi que les mesures prises pour limiter ces nuisances.

c. Directives « Machines » 2005/88/CE et 2006/42/CE

La Directive 2005/88/CE relative aux émissions sonores des machines et la Directive 2006/42/CE relative à la sécurité des machines, fixent les niveaux de puissance sonore que ces dernières devront respecter et imposent le marquage CE.

d. Autres réglementations applicables

Les chantiers doivent également respecter les éventuels arrêtés municipaux ou préfectoraux relatifs aux bruits de chantier ainsi que toute décision prise par les autorités compétentes en matière de nuisances sonores.

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, les arrêtés préfectoraux relatifs aux bruits de chantiers sont les suivants :

- Seine Saint Denis : Arrêté préfectoral n°99-5493 du 30 décembre 1999 modifié par l'arrêté Préfectoral n°00-2796 du18 juillet 2000,
- Val de Marne : Arrêté préfectoral n°2003/2657 du 11 juillet 2003,
- Seine et Marne : Arrêté préfectoral n°00 DDASS 18 SE du 13 novembre 2000.

Ces trois arrêtés fixent les mêmes prescriptions : les horaires des travaux engendrant des nuisances sonores doivent être compris entre 7h et 20h, sauf dimanches et jours fériés, hors dérogation. L'arrêté préfectoral relatif aux Hauts de Seine a quant à lui été abrogé.

1.23.1.2 Impacts liés à la construction des ouvrages émergents

Dans le cadre du projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud, malgré la création d'une ligne entièrement souterraine, le projet comprend la construction d'un certain nombre d'ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance), qui constituent autant de bases chantier susceptibles d'induire des nuisances sonores dans l'environnement.

Les nuisances sonores induites par les chantiers relatifs à la construction de ces ouvrages sont susceptibles de varier en fonction des spécificités de chaque chantier (type d'ouvrage, méthode constructive, durée du chantier, environnement sonore du site d'implantation, …). Néanmoins, les principales sources de bruit induites lors de la phase chantier restent similaires, avec notamment :

- L'utilisation des engins de chantier usuels (pelleteuses, chargeuses, brise béton, tracteurs, grues…),
- L'utilisation d'équipements techniques (centrale de traitement des boues, compresseurs, groupes électrogènes, etc.),
- Les outils et machines de chantier (marteaux piqueurs, scies circulaires, bétonneuses, perceuses, etc.),
- La manipulation de matériaux (chocs, bruits de chargements/déchargements, etc.),
- Les bruits d'avertisseurs sonores type klaxon ou sirènes de recul,
- Les cris et paroles des travailleurs sur le chantier,
- Le charroi de poids lourds induit par le chantier pour l'approvisionnement des matériaux et l'évacuation des déblais.

Les nuisances sonores les plus importantes sont attendues lors des phases travaux suivantes :

- Travaux préparatoires, démolition,
- Travaux de terrassement et de fouilles à ciel ouvert,
- Travaux de fondations,
- Travaux en béton (gros œuvre),

- Second œuvre.

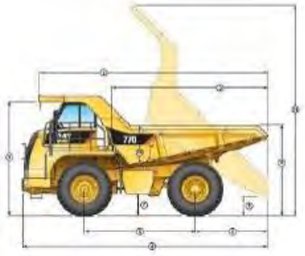
Quelques engins type, susceptibles d'être utilisés dans le cadre des travaux de la Ligne 15 Sud sont illustrés ci-dessous.



Chargeuse (pelle mécanique)



Excavatrice (ou brise-roche)



Dumper

À titre indicatif, le tableau suivant présente les niveaux de bruits moyens prévisibles pour un chantier-type en fonction des principales phases chantier (et sans obstacle entre le chantier et le récepteur).

Niveaux de bruits indicatifs prévisibles à proximité d'un chantier en fonction des différentes phases de travaux (source : Dossiers bruit de chantier 2006 – SCETAUROUTE – J.M. Abramovitch)

Phase de travaux	Niveaux sonores indicatifs LAeq en dB(A)			
	10 à 15 m*	25 à 30 m*	50 à 65 m*	≥100 m*
Terrassement – fondations	75 à 80	71 à 76	68 à 73	≤ 70
Gros œuvre	78 à 82	73 à 77	68 à 72	≤ 67
Second œuvre	62 à 67	57 à 62	51 à 57	≤ 52

* les intervalles de distances correspondent à la distance d'éloignement des bases chantier

Plusieurs ouvrages de la Ligne 15 Sud seront réalisés à ciel ouvert, selon la méthode dite « méthode traditionnelle ». Cependant, certains ouvrages, du fait d'une sensibilité particulière, seront réalisés selon la méthode dite de « couverture première », qui consiste à couvrir la zone excavée dès que possible, et poursuivre les travaux sous une dalle béton. Cette méthode permet notamment de limiter de manière significative les nuisances sonores en phase chantier.

Quelques exemples de véhicules et modes de transports susceptibles d'être utilisés dans le cadre du chantier de la Ligne 15 Sud sont illustrés ci-dessous.



Camion malaxeur



Camion semi-bennes



Barge / péniche



Wagon-trémie

1.23.1.3 Mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet

Les mesures d'évitement et de réduction générales, prévues dans le cadre des chantiers relatifs à la construction des ouvrages émergents sont présentées ci-après :

- **Choix des équipements et engins de chantier:** l'ensemble des engins et équipements utilisés dans le cadre des chantiers de la Ligne 15 Sud respecteront les niveaux de puissance sonore maximum autorisés par les directives Machines 2005/88/CE et 2006/42/CE. Pour garantir le respect de ces directives, les machines et matériels utilisés dans le chantier porteront le pictogramme suivant :



Pictogramme marquage CE

- **Réalisation de parois moulées :** pour la construction des ouvrages, la Société du Grand Paris a retenu la technique des parois moulées, réalisées à l'aide de bennes preneuses ou d'hydrofraise. Cette solution permet de limiter les nuisances sonores dans l'environnement proche, en s'appuyant sur la mise en œuvre de techniques moins bruyantes que d'autres techniques possibles, comme les techniques de mise en place par battage qui ne sont pas prévues pour les ouvrages du projet.

- **Utilisation des modes de transports alternatifs :** à travers la démarche engagée par la Société du Grand Paris relative à la gestion des déblais, traduite dans le cadre du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED), l'utilisation des modes de transport alternatifs (fluvial et ferré) reste privilégiée dans le cadre de l'approvisionnement en matériaux et de l'évacuation des déblais en phase chantier. L'utilisation de ces modes de transport (seul ou combiné) permet de réduire de manière significative les impacts sonores induits par le charroi routier des différents chantiers (l'utilisation de ces modes de transport reste ponctuelle, localisée sur les sites présentant les conditions nécessaires à leur utilisation).

- **Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux :** les travaux respecteront notamment les prescriptions qui pourront êtres imposées par les autorités compétentes en matière de bruit.

- **Organisation des zones de chantier :** l'organisation des zones de chantier sera étudiée de manière à localiser, dans la mesure du possible, les équipements techniques et les actions sources de nuisances (par exemple les livraisons de matière) le plus éloigné possible des habitations et des établissements sensibles et/ou protégés grâce à leur installation en tranchée. Au besoin, les équipements les plus bruyants seront capotés.

Les mesures de suivi générales, prévues dans le cadre des chantiers relatifs à la construction des ouvrages émergents sont présentées ci-après :

- **Présence d'agents de proximité sur les chantiers** : des agents de proximité seront présents au niveau des bases chantier. Ils seront présents auprès des riverains, des commerçants et des entreprises pour leur apporter toute l'information nécessaire relative aux travaux en cours, et également d'assurer un lien constant avec la Société du Grand Paris, notamment concernant les nuisances sonores.

- **Mise en place d'une communication privilégiée auprès des riverains :** la Société du Grand Paris est en charge, avec l'ensemble des acteurs concernés (collectivités,

concessionnaires, entreprises de travaux, etc.), d'assurer le bon déroulement des travaux, intégrant une communication et une information renforcée auprès des riverains du chantier. Dans le cadre de la préparation des premiers travaux de la Ligne 15 Sud, une charte des travaux préparatoires a ainsi été développée par la Société du Grand Paris et signée avec les principales entreprises concessionnaires le 8 décembre 2014.

Cette charte des travaux préparatoires mobilise la Société du Grand Paris et les opérateurs dans une démarche collective autour de 6 engagements :

- Garantir la sécurité de tous,
- Coordonner les interventions pour un enchaînement optimal des opérations,
- Limiter les nuisances des chantiers sur leur environnement,
- Informer tous les publics, et notamment les riverains, sur les impacts des travaux,
- Assurer la compréhension des travaux grâce à l'utilisation d'une charte éditoriale et graphique lisible, homogène et cohérente,
- Transmettre toutes les informations utiles à la Société du Grand Paris pour renforcer les échanges avec les habitants.

Les riverains pourront ainsi suivre l'avancée des travaux, et mieux appréhender les nuisances sonores éventuelles.

Cette charte et ce plan de communication seront par la suite déclinés pour les travaux de génie civil, qui interviendront après les travaux préparatoires.

Un exemple de support de communication développé dans le cadre de cette démarche est présenté ci-dessous :



Exemple de support développé dans le cadre de la communication chantier
(source : Société du Grand Paris)

Pour les chantiers les plus sensibles, les mesures complémentaires suivantes pourront être envisagées :

- **Mise en place de panneaux anti-bruit autour des chantiers les plus sensibles:** ces aménagements permettent de réduire les nuisances sonores pour les riverains. L'atténuation apportée par ces panneaux antibruits peut aller de 5 à 20 dB(A) selon la configuration du site et le type de panneaux choisi.

- **Monitoring du bruit pendant les phases de travaux les plus bruyantes:** cette mesure consiste à poser un ou plusieurs sonomètre(s) au droit des logements ou bâtiments sensibles les plus proches de la base chantier de manière à surveiller les nuisances sonores générées par les travaux, en particulier lors des phases les plus bruyantes.

Conclusion :

Les chantiers relatifs à la construction des ouvrages de la Ligne 15 Sud auront un impact sonore significatif sur les secteurs d'implantation des bases chantier. Les nuisances sonores engendrées par les travaux se caractériseront par des bruits variables et aléatoires, dépendant directement de la phase des travaux, du type de travail réalisé mais aussi des équipements et engins de chantiers utilisés.

Ces impacts sont néanmoins provisoires et les dispositions spécifiques mises en œuvre sur les chantiers du projet ont pour objectif de limiter au maximum les nuisances pour les riverains.

1.23.2 Creusement du tunnel au tunnelier

Dans le cadre de la Ligne 15 Sud, le creusement du tunnel sera réalisé quasiment exclusivement au tunnelier. Cette méthode constructive permet de réduire de manière significative les nuisances sonores dans la mesure où les travaux resteront confinés sous la surface du sol.

Conclusion :

Le creusement du tunnel au tunnelier ne présente pas d'impact significatif sur les niveaux sonores de surface.

Néanmoins, la réalisation et le fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers, sont susceptibles d'entrainer des nuisances sonores. Par ailleurs, quelques sections de tunnel spécifiques seront réalisées en méthode traditionnelle (en tranchée ouverte ou couverte). L'analyse de ces impacts est réalisée dans la suite de ce chapitre.

1.23.3 Ouvrages spécifiques réalisés en méthode traditionnelle

Sur le secteur Est de la Ligne 15 Sud, entre les gares Villejuif Louis Aragon et Noisy-Champs, le projet intègre la réalisation de quelques portions de tunnel en méthode traditionnelle (tranchées couvertes et ouvertes) :

- Le tunnel d'accès au SMI situé à Vitry-sur-Seine,
- Le tunnel de raccordement en amont de l'ouvrage de débranchement à Champigny-sur-Marne,
- Les tunnels de raccordements de l'avant-gare et de l'arrière-gare de de Noisy-Champs.

1.23.3.1 Tunnel d'accès au SMI de Vitry

Le tunnel d'accès situé entre la gare des Ardoines et le SMI de Vitry sera réalisé en tranchée. L'ouvrage couvrira un peu plus de 400 ml de tunnel, divisée en 2 sections :

- Une section en tranchée couverte sur 195m environ,
- Une section en tranchée ouverte sur 220m environ.

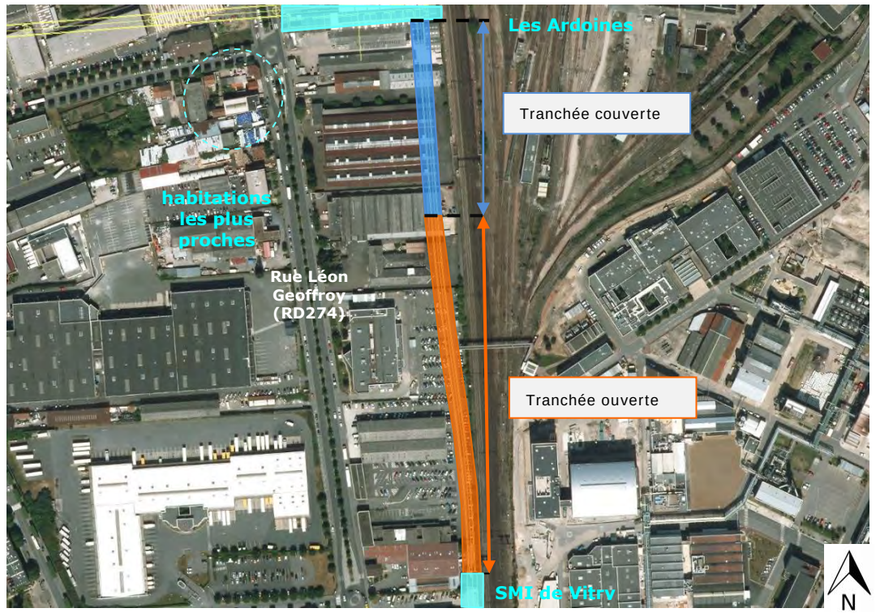


Schéma de principe de la réalisation du tunnel d'accès au SMI de Vitry
(source : Société du Grand Paris)

Ce secteur est situé en zone industrielle, à proximité immédiate des voies ferrées, de la RD274 et de l'A86. L'environnement sonore existant est déjà très impacté par le bruit généré par le trafic de la rue Léon Geffroy. Les mesures de bruit réalisées sur le secteur mettent en évidence un niveau sonore très élevé au droit des habitations les plus proches avec des niveaux sonores de 67 à 72 dB(A) le jour, et de 60 à 67 dB(A) la nuit.

Si la réalisation du tunnel de raccordement au SMI générera des nuisances sonores, les émergences sonores induites par le chantier resteront limités dans la mesure où les premiers riverains sont peu nombreux et situés à plus de 100 m de la tranchée. Par ailleurs, le niveau de bruit préexistant est très élevé et masquera en partie le bruit généré par les travaux.

Le projet prévoit par ailleurs la réalisation de travaux en tranchée couverte sur la partie nord de l'ouvrage, partie la plus proche des habitations existantes, ce qui permet de limiter de manière significative les impacts sonores associés au chantier.

Mesures pour ce site :

- Mesure d'évitement : choix du mode constructif en tranchée couverte du côté des habitations existantes
- Mesure de réduction : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié à la réalisation du tunnel d'accès au SMI de Vitry est considéré comme modéré dans la mesure où aucune habitation n'est rencontrée à moins de 100m du site, qui est par ailleurs une zone bruyante, soumise aux bruits routier et ferroviaire qui masqueront en partie les bruits du chantier.

Les mesures spécifiques prévues dans le cadre de ce chantier permettront de réduire les impacts, notamment par le choix d'une méthode de réalisation en tranchée couverte qui limite la génération de bruit dans l'environnement.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.3.2 Tunnel d'accès vers l'ouvrage de débranchement du SMR de Champigny

La réalisation de la partie souterraine du tunnel d'accès vers l'ouvrage de débranchement sera effectuée en méthode traditionnelle en pleine section. Cet ouvrage est composé :

- D'un puits de 80m de long réalisé à ciel ouvert (OA 0807P – Sentier des Marins),
- D'un tunnel souterrain de 100m de long, réalisé en méthode traditionnelle, à ciel ouvert, depuis le puits.



Schéma de principe de la réalisation du tunnel d'accès de l'ouvrage de débranchement du SMR de Champigny (source : Société du Grand Paris)

Ce secteur est situé sur une ancienne zone industrielle, à proximité immédiate des voies ferrées. En dehors du passage des RER et des trains, l'environnement sonore est assez calme (niveaux sonores mesurés entre 54 et 59 dB(A) le jour et de 39 à 42 dB(A) la nuit), lié à l'absence de trafic routier à proximité directe.
Le site est entouré de maisons individuelles, dont les premières sont situées à moins de 20m de l'emprise chantier. Le parc du Bois Saint Denis est situé à 60m à l'Ouest.

La réalisation de la section du tunnel à ciel ouvert est susceptible d'engendrer des nuisances sonores non négligeables. Ce site sert également de puits de sortie pour le tunnelier provenant du SMR de Champigny. Il fera ainsi l'objet d'un charroi de poids lourds relativement important susceptible de renforcer les nuisances sonores induites par le chantier.

Mesures prévues pour ce site :

- Mesures de réduction : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié à la réalisation du tunnel d'accès à l'ouvrage de débranchement du SMR de Champigny est considéré comme fort en raison d'un environnement sonore existant relativement calme, en dehors du bruit ferroviaire ponctuel, et de la présence d'habitations à proximité du chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.3.3 Tunnels de l'avant-gare et de l'arrière-gare de Noisy-Champs

Le tunnel de l'avant-gare et de l'arrière-gare de Noisy-Champs sera réalisé en tranchée couverte, sur un linéaire de 950 ml. La gare, localisée au milieu de ces 2 ouvrages, sera réalisée à ciel ouvert.

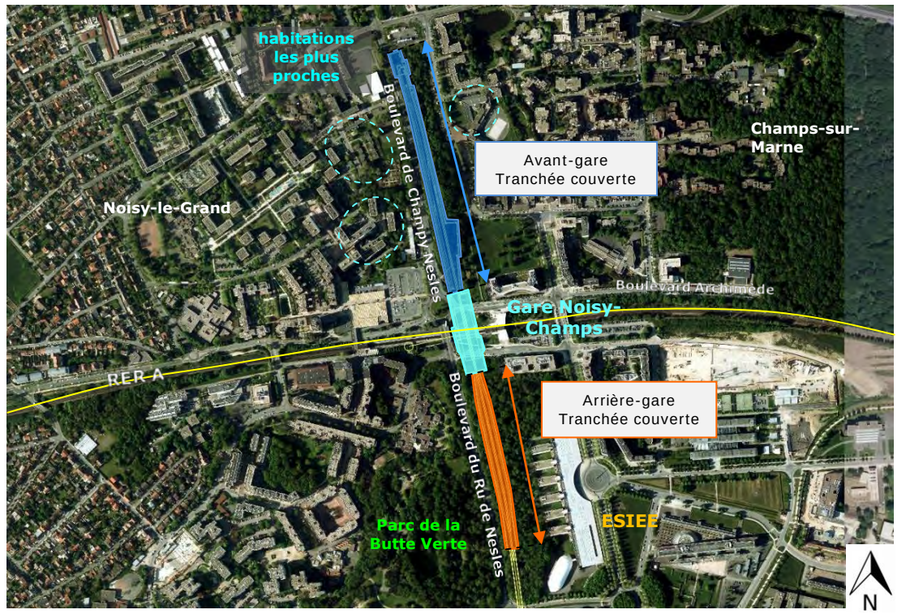


Schéma de principe de la réalisation de l'avant-gare et l'arrière-gare de Noisy-Champs (source : Société du Grand Paris)

Les ouvrages concernés sont localisés le long de la RN370 (boulevard du Ru de Nesles et de Champy Nesles), qui est un axe routier très fréquenté. Le niveau de bruit induit par le trafic routier au niveau de ces boulevards masquera en partie les bruits générés par les travaux de l'avant-gare et de l'arrière-gare de Noisy-Champs. En effet des niveaux sonores de plus de 66 dB(A) le jour et plus de 62 dB(A) la nuit ont été mesurés à proximité de ces voies.

Bien que le chantier soit proche de l'école d'ingénieur ESIEE et du Parc de la Butte Verte, il reste relativement éloigné des habitations, dont les premières sont situées à 60m de l'emprise chantier, de l'autre côté de la RN370.

Par ailleurs, la réalisation des travaux en tranchée couverte permettra de réduire de manière significative les impacts sonores.

Mesures prévues pour ce site :

- Mesure d'évitement : choix du mode constructif en tranchée couverte
- Mesure de réduction : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore induit par la réalisation de ces ouvrages est considéré comme modéré au Nord à fort au Sud en raison de la proximité du chantier avec un établissement scolaire et le parc de la Butte Verte.

Les nuisances sonores liées au chantier seront limitées en raison du bruit généré par le trafic routier existant, très marqué que le secteur. La méthode constructive choisie permet par ailleurs de réduire les impacts sonores liés à la réalisation de ces ouvrages.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.4 Fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers

Les bases chantier accueillant les puits d'entrée des tunneliers présentent des spécificités liées aux activités induites par leur fonctionnement, avec notamment :

- Un charroi chantier important lié à l'évacuation des terres et l'approvisionnement induits par le creusement de la section de tunnel concernée,
- Des installations de chantier spécifiques qui peuvent dépendre du type de tunnelier utilisé (centrale à mortier, centrale à béton, bandes transporteuses…),
- Une durée de chantier importante,
- Une emprise chantier importante, liée notamment à l'emprise nécessaire au stockage des voussoirs.

Ces différents éléments peuvent participer à l'augmentation du niveau de bruit lié au fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers.

Néanmoins, le choix de la localisation de ces sites s'est orienté sur des secteurs offrant des spécificités permettant de limiter les impacts liés au bruit, notamment :

- zone industrielle présentant une sensibilité réduite vis-à-vis du bruit,
- secteur localisés à proximité de grand axes routiers permettant d'éviter le charroi de poids lourds dans les centres villes ou sur des voiries locales peu adaptées,
- secteurs localisés à proximité d'une voie d'eau ou d'un embranchement ferré pour permettre l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier via un mode de transport alternatif et ainsi limiter le charroi de camions.



Centrale à mortier



Convoyeur pour les déblais



Stockage de voussoirs



Installation de stockage du marin

Illustration des installations-type rencontrées dans le cadre d'un chantier de départ de tunnelier

Le projet de la Ligne 15 Sud intègre 7 puits d'entrée localisés au niveau de :

- l'ouvrage annexe 2301P - Ile de Monsieur,
- la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- l'ouvrage annexe 1801P – Parc Robespierre,
- la gare des Ardoines,
- l'ouvrage annexe 1302P – Friche Arrighi,
- la gare de Bry-Villiers-Champigny,
- l'arrière-gare de Noisy-Champs (OA 0802P).

1.23.4.1 Puits d'entrée de tunnelier : OA 2301P - Ile de Monsieur

Ce puits d'entrée de tunnelier, localisé sur l'Ile de Monsieur, à l'extrême ouest de la Ligne 15 Sud, se situe entre la Seine et la RD7 (rue de Saint Cloud), à proximité du Pont de Sèvres.

Ce site d'aménagement est entouré par :

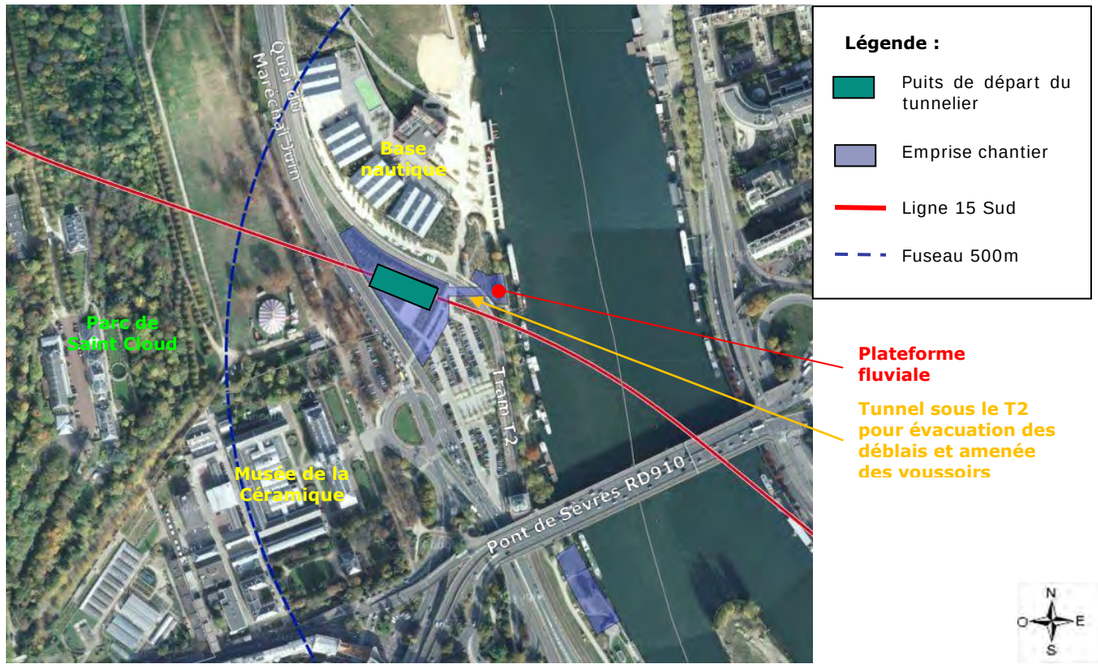
- la base nautique de l'Ile de Monsieur au Nord,
- le passage du tramway T2 puis la Seine à l'Est,
- le parking de la base nautique au Sud,
- le quai du Maréchal Juin (RD7) puis le parc de Saint Cloud et le musée de la céramique à l'Ouest.

Les habitations les plus proches sont situées à 230 mètres environ, à Boulogne Billancourt, de l'autre côté de la Seine.

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud, ce puits d'entrée servira de point de départ du tunnelier allant de l'Ile de Monsieur à la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart (3970 ml de tunnel).

Même si les déblais seront dans un premier temps évacués par la route (déblais issus du creusement du puits), le chantier bénéficiera ensuite d'une logistique d'évacuation des déblais et d'approvisionnement chantier par voie fluviale, avec un passage préalable en souterrain, sous la ligne du Tramway T2.

Cette logistique permet de réduire significativement les nuisances sonores associées au chantier. En outre, les mesures de bruit réalisées sur le site mettent en évidence un niveau sonore préexistant élevé (de 58 à 60 dB(A) le jour, et de 48 à 52 dB(A) la nuit) impactant les zones les plus sensibles, qui restent pourtant assez éloignées de la RD7 (≥ 50m).



Puits d'entrée de tunnelier - OA 2203P-Ile de Monsieur (source : Société du Grand Paris)

Mesures prévues pour ce site :

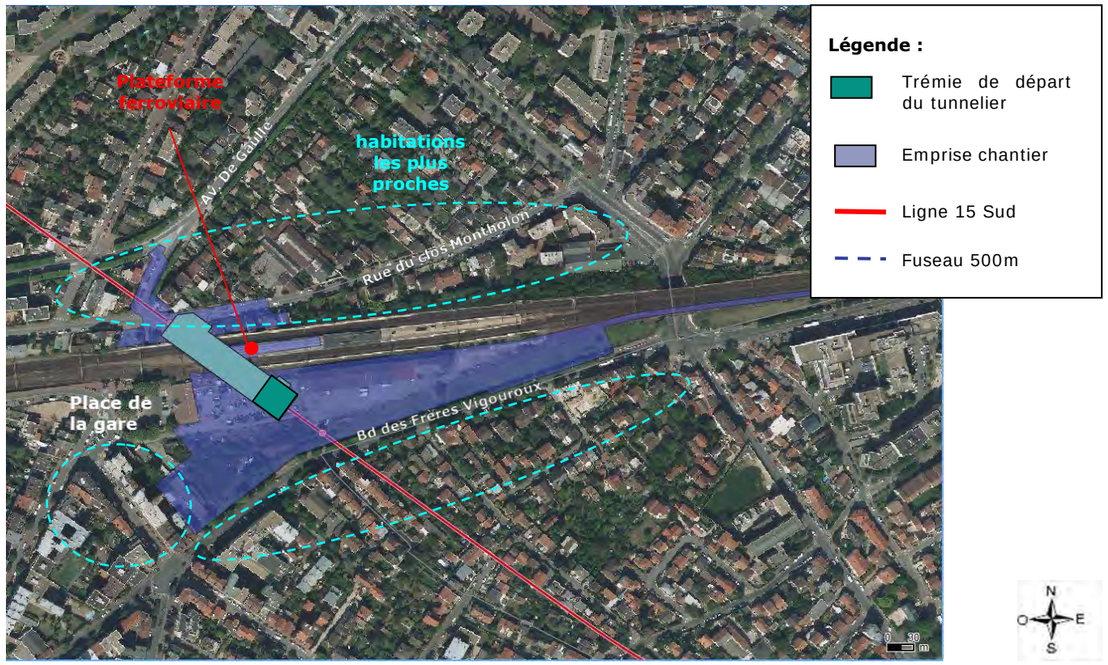
- Mesure d'évitement :
  - choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains
  - évacuation des déblais et approvisionnement chantier par voie fluviale
- Mesures de réduction/suivi :
  - passage des déblais et des voussoirs en souterrain, sous le T2
  - mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier de l'Ile de Monsieur est considéré comme modéré dans la mesure où aucune habitation n'est rencontrée à moins de 200m du site. Le bruit routier fortement marqué (RD7, RD910 et voie ferrée), masquera en partie les bruits issus du chantier. Néanmoins, le parc nautique et, dans une moindre mesure, le musée et le parc de Saint-Cloud restent sensibles aux impacts sonores du chantier.

Les mesures spécifiques mises en œuvre, notamment le choix du transport fluvial, le passage des déblais et des voussoirs via un tunnel réalisé sous le tramway T2, permettent de limiter les nuisances sonores en phase chantier, en particulier pour le parc nautique.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.



Puits d'entée de tunnelier - Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart (source: Société du Grand Paris)

1.23.4.2 Puits d'entrée de tunnelier : Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart

Ce puits d'entrée de tunnelier est situé à l'extrémité Est de la future gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart. Il servira de point d'entrée du tunnelier allant de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart jusqu'au puits localisé dans le parc Robespierre à Bagneux (3704 ml de tunnel).

Le site d'aménagement de la gare est entouré de logements dont les plus proches sont situées sur le boulevard des Frères Vigouroux, à 20m au Sud de l'emprise chantier, ainsi que sur le secteur nord, au niveau de la rue du Clos Montholon.

Les mesures de bruit réalisées ont permis d'identifier une zone impactée par le bruit issu du trafic des Transiliens et de la rue des Frères Vigouroux sur la partie sud de l'emprise chantier, et une zone plus calme au niveau des habitations de la rue du Clos Montholon, située à 60m environ du puits d'entrée du tunnelier.

La faible surface disponible impose de couvrir en grande partie le puits d'entrée tout en laissant une trémie pour le montage du tunnelier, son approvisionnement et l'évacuation des déblais. Cette installation permet de réduire les nuisances sonores générées par le chantier.

La position de ce puits permet d'envisager l'utilisation de la voie ferrée. L'objectif est d'utiliser au maximum le rail pour évacuer les déblais (objectif de 50%), le restant des déblais étant acheminé par voie routière en direction de la Seine. Cette mesure permet de limiter fortement les nuisances sonores induites par le charroi « chantier » en réduisant de plusieurs dizaines le nombre de poids lourds journaliers nécessaires à l'évacuation des déblais.

Mesures prévues pour ce site :

- Mesure d'évitement :
  - couverture partielle du puits d'entrée
  - évacuation (partielle) des déblais par voie ferrée
  - accès des camions par le boulevard des Frères Vigouroux
- Mesures de réduction/suivi :
  - mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore relatif au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, situé sur la partie sud du site, est considéré comme modéré. Le boulevard des Frères Vigouroux est une voie assez passante mais le charroi chantier aura un impact significatif sur cette route dont l'environnement sonore est déjà proche de la limite des Points Noirs du Bruit Routier.

Les mesures mises en œuvre, notamment le choix d'une évacuation partielle des déblais par voie ferrée et le choix du mode constructif permettront de limiter les nuisances sonores en phase chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

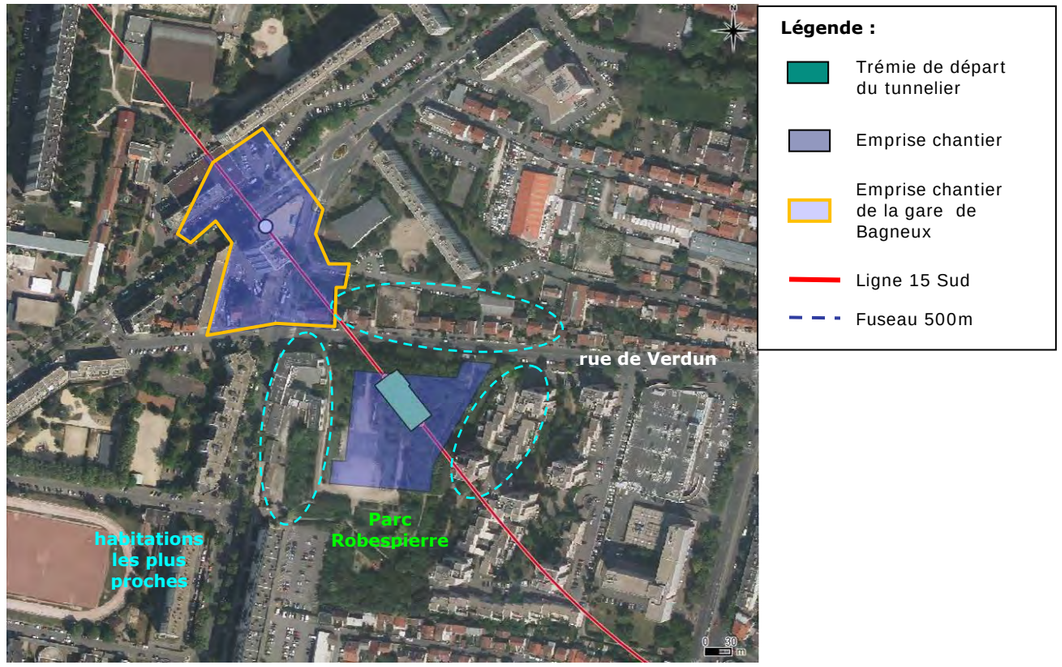
1.23.4.3 Puits d'entrée de tunnelier : OA 1801P - Parc Robespierre

Ce puits d'entrée est situé dans le parc Robespierre à Bagneux. Il servira de point d'entrée du tunnelier allant de la gare du parc Robespierre jusqu'à la gare de Villejuif L.Aragon (3976 ml de tunnel).

Les mesures de bruit réalisées ont mis en évidence la présence d'une zone calme, avec des niveaux sonores inférieurs à 50 dB(A) constaté en journée dans le parc. Le site est par ailleurs entouré de riverains (immeubles et maisons individuelles au situés au nord du site).

L'acheminement et l'évacuation des matériaux liés au fonctionnement de ce puits seront réalisés par voie routière, à partir de l'avenue Aristide Briand (RD920) et la rue de Verdun, induisant une augmentation localement significative du bruit routier, en particulier le long de la rue de Verdun qui accueille actuellement un trafic moins dense que celui de l'avenue Aristide Briand.

Des mesures d'accompagnement environnementales de réduction des nuisances en phases chantier ainsi qu'une étude paysagère sur le Parc Robespierre seront menées par la SGP afin de proposer des orientations paysagères à la ville de Bagneux en vue du réaménagement du Parc Robespierre impacté par les travaux du puits de tunnelier et ceux du futur ouvrage.



Puits d'entrée de tunnelier – OA 1801P-Parc Robespierre (source: Société du Grand Paris)

Mesures prévues pour ce site :

- Mesures spécifiques d'accompagnement environnementales de réduction des nuisances en phase chantier
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore relatif au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier situé dans le parc Robespierre est considéré comme fort en raison de l'implantation du chantier dans une zone calme entourée de logements. En outre, le charroi important lié à l'évacuation des déblais et l'acheminement des voussoirs risque d'augmenter le bruit routier au niveau de la rue de Verdun.

Afin de limiter ces nuisances, des mesures spécifiques d'accompagnement seront mises en œuvre durant les travaux de manière à limiter l'impact du chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

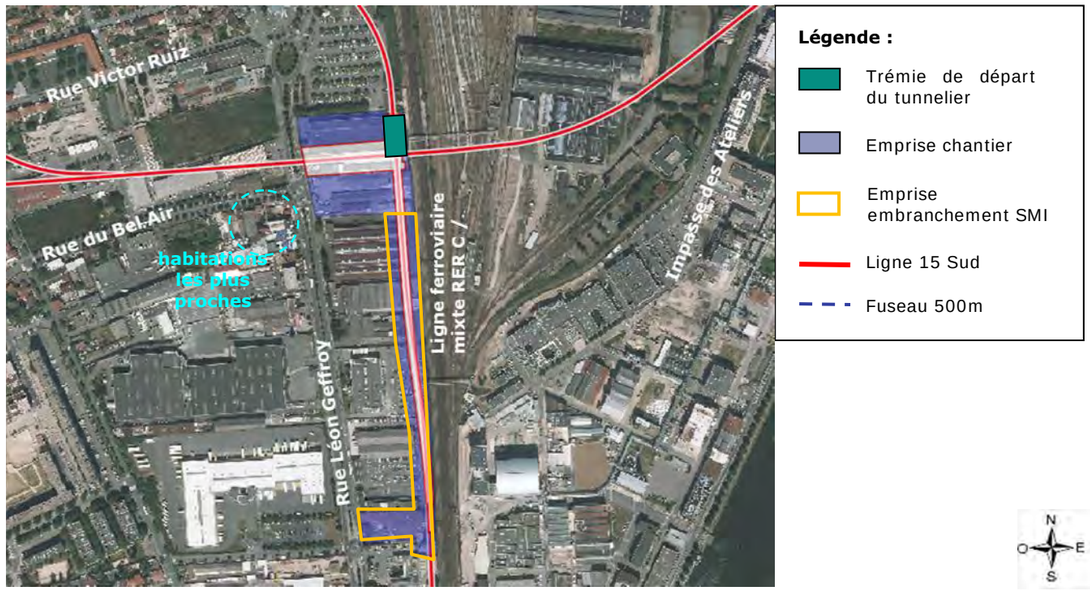
1.23.4.4 Puits d'entrée de tunnelier : Gare Les Ardoines

Situé au Nord-Ouest de la gare des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine, ce puits d'entrée de tunnelier servira de point d'entrée pour la réalisation du tunnel de raccordement vers le SMI de Vitry (1136 ml de tunnel). Le linéaire associé à ce puits d'entrée est beaucoup plus limité que celui associé aux autres puits d'entrée, les impacts résultant seront donc moindre.

Seules de rares habitations se situent le long de la rue de Bel Air, à plus de 70m à l'ouest de l'emprise chantier. Au niveau de la rue Léon Geffroy, deux habitations isolées sont situées à 30m à l'ouest de l'emprise chantier.

Les mesures de bruit réalisée mettent en évidence une zone fortement impactée par le bruit du trafic routier de la rue Léon Geffroy et de la rue de Bel Air mais également par le bruit issu des activités industrielles avec des niveaux sonores supérieurs à 72 dB(A) mesurés de jour et 67 dB(A) la nuit (rue Léon Geffroy). L'émergence sonore engendrée par le chantier sera ainsi limitée et les nuisances sonores moins perceptibles.

L'acheminement et l'évacuation des matériaux induits par le fonctionnement de ce puits seront réalisés par voie routière, à partir de la rue Léon Geffroy puis l'A86 située à moins de 100m au Sud du site. L'utilisation de voie routières déjà très fréquentées et accueillant une forte proportion de poids lourds permet de limiter les nuisances sonores induites par le chantier.



Puits d'entrée de tunnelier – gare Les Ardoines (source: Société du Grand Paris)

Mesures prévues pour ce site :

- Mesure d'évitement :

- site d'implantation éloigné des centres urbains, au niveau d'une zone industrielle
- évacuation facilitée des déblais via l'autoroute A86 située au Sud du site

- Mesures de réduction/suivi :
  - mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée du tunnelier situé au niveau de la gare des Ardoines est considéré comme faible à modéré dans la mesure où le site d'implantation, à caractère industriel, présente une sensibilité réduite vis-à-vis du bruit. Le linéaire de tunnel réalisé associé à ce puits étant réduit par rapport aux autres puits d'entrée, les impacts résultants seront d'autant plus limités.

L'accès facilité au chantier, par la rue Geffroy et l'A86, limite l'augmentation du bruit routier induit par la circulation chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.4.5 Puits d'entrée de tunnelier : OA 1301P - Friche Arrighi

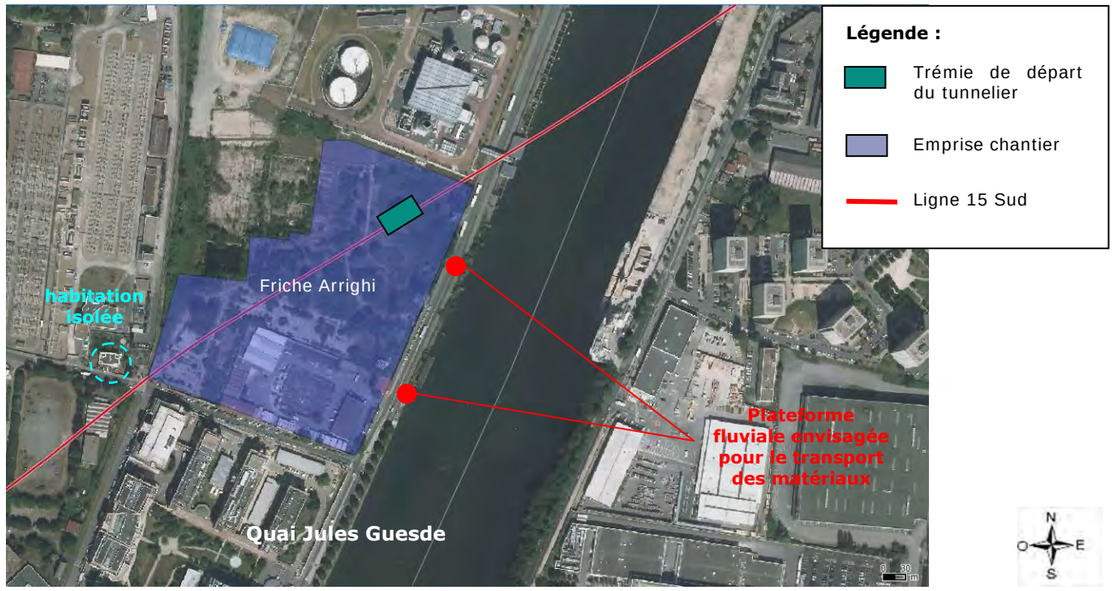
Ce double puits d'attaque servira au lancement de 2 tunneliers, pour un total de 8460ml de tunnel réalisés. Un volume très important de terres à évacuer est donc attendu.

Ce puits d'entrée est localisé au sein d'une zone industrielle, au nord de l'usine Sanofi, le long du quai de Seine à Vitry-sur-Seine, où le trafic est dense avec une forte proportion de poids lourds. La localisation spécifique de ce puits permet la mise en œuvre d'une logistique d'évacuation des déblais et d'approvisionnement chantier par voie fluviale, permettant de réduire de manière significative les impacts sonores relatifs au fonctionnement de ce puits.

Ces dispositifs techniques seront consolidés en fonction des réponses des entreprises dans le cadre des appels d'offre « travaux » et des installations de production des voussoirs existantes/à venir.

Une habitation est localisée au niveau de la rue Léon Mauvais, à 30m environ au sud-ouest de l'emprise chantier. Elle est particulièrement impactée par le bruit industriel alentour et par le trafic des poids lourds existants.

Par ailleurs, les mesures de bruit réalisées mettent en évidence un environnement sonore déjà très impacté par le bruit du trafic routier et le bruit issu des activités industrielles, avec des niveaux sonores dépassants les valeurs limites de PNB routier (plus de 70 dB(A) mesurés en journée mais également la nuit). Les bruits issus du chantier seront donc en grande partie masqués par le bruit existant.



Puits d'entrée de tunnelier - OA 1302P-Friche Arrighi (source: Société du Grand Paris)

Mesures prévues pour ce site :

- Mesure d'évitement :
  - choix d'un site d'implantation éloigné des centres urbains, au sein d'une zone industrielle
  - évacuation des déblais et approvisionnement chantier par voie fluviale
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier situé sur la friche Arrighi est considéré comme faible en raison du caractère industriel de la zone et de la mise en œuvre d'une logistique d'évacuation des déblais et d'approvisionnement chantier par transport fluvial.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.4.6 Puits d'entrée de tunnelier : Gare Bry Villiers Champigny

Ce puits d'entrée est situé en limite d'une zone d'activité économique et industrielle, sur la commune de Villiers-sur-Marne et en limite de la commune de Champigny-sur-Marne.

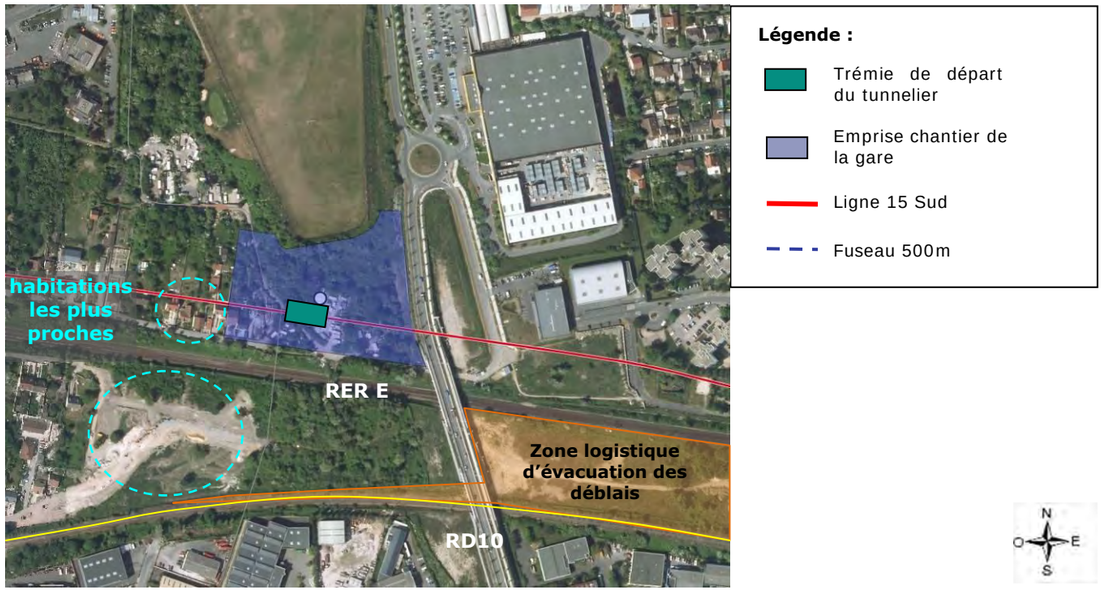
Ce puits d'entrée servira de point de départ du tunnelier allant de la gare de Bry Villiers Champigny jusqu'à l'ouvrage annexe 1103P à Créteil, soit 6890ml de tunnel. Il sert également de puits de sortie du tunnelier en provenance de Noisy-Champs.

Plusieurs habitations unifamiliales sont présentes à l'ouest du site et un nouveau quartier vient d'être construit au sud, de l'autre côté de la voie ferrée.

Les mesures de bruit réalisées mettent en évidence une zone impactée par le bruit du trafic ferroviaire, qui reste cependant une source sonore ponctuelle. En dehors du bruit ferroviaire, la zone est calme avec un niveau sonore inférieur à 55 dB(A) mesuré de jour et 45 dB(A) la nuit. Les nuisances sonores générées par le chantier seront donc perceptibles.

La situation géographique du site, localisé à proximité directe de l'autoroute A4 via la RD10, permet de limiter les impacts sonore liés au trafic routier induit par le chantier, la charge de trafic actuelle sur ces voies étant déjà très importante. Le chantier induira peu d'augmentation des niveaux de bruit routier. Le charroi des poids lourds sur le site sera malgré tout perceptible pour les riverains, en particulier pour les premières habitations de la rue des Hauts Bonne Eau.

L'utilisation de la voie ferrée pour l'évacuation des déblais, avec la création d'un embranchement ferré au sud de la gare, est actuellement en cours d'étude. La mise en œuvre de cette installation terminale embranchée permettrait de réduire les impacts sonores liés aux circulations chantier.



Puits d'entrée de tunnelier - gare Bry Villiers Champigny (source: Société du Grand Paris)

Mesures prévues pour ce site :

- Mesure d'évitement :
  - site d'implantation éloigné des centres urbains,
  - évacuation facilitée des déblais via l'autoroute A4 située au nord du site
  - mise en œuvre d'une installation terminale embranchée pour l'évacuation des déblais en cours d'étude
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier de la gare de Bry-Villiers-Champigny reste modéré en raison du nombre limité de riverains à proximité du site et du caractère économique et industriel de la zone. Par ailleurs, la localisation du site, situé à proximité directe de l'autoroute A4 permet de limiter les circulations chantiers sur les voies secondaires et éviter une trop forte augmentation du bruit routier.

La mise en œuvre d'une logistique d'évacuation des déblais par voie ferrée est actuellement en cours d'étude et permettrait de renforcer la limitation des nuisances sonores durant la phase chantier.

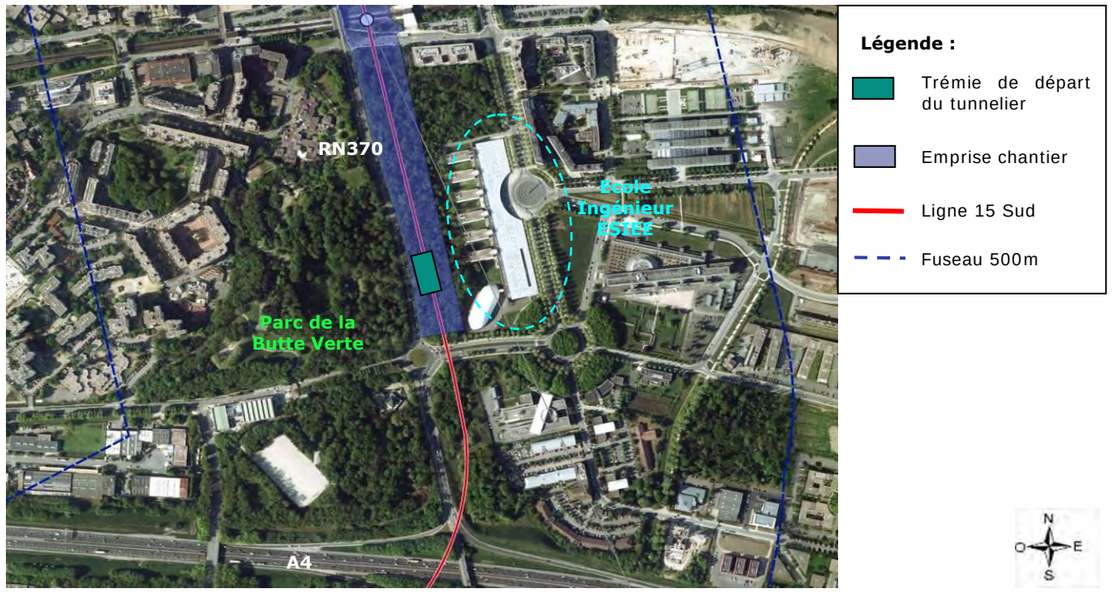
Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.4.7 Puits d'entrée de tunnelier : OA 0802P – bd du Ru de Nesles

Ce puits d'entrée est situé à l'ouest de l'école d'Ingénieur ESIEE de Noisy-le-Grand, le long de la RN370 où le trafic est dense. Le parc de la Butte Verte est identifié à proximité du site, de l'autre côté de la RN370.

Ce puits servira au lancement du tunnelier en direction de la gare de Bry Villiers Champigny (4679ml de tunnel), engendrant un volume important de déblais. Néanmoins, La situation géographique du site, localisé à proximité directe de l'autoroute A4 via la RN370, permet de limiter les impacts sonore liés au trafic routier induit par le chantier.

Les mesures de bruit réalisées confirment l'impact sonore du trafic routier de la RN370 et de l'A4, avec des niveaux sonores de l'ordre de 56 dB(A) mesurés de jour et près de 53 dB(A) la nuit au niveau de l'école d'ingénieur. L'émergence sonore engendrée par le projet sera ainsi limitée.



Puits d'entrée de tunnelier - OA 0802P-bd du Ru de Nesles (source: Société du Grand Paris)

Mesures prévues pour ce site :

- Mesure d'évitement :
  - choix d'un site bien à proximité directe de voies structurantes et éloigné des habitations
  - évacuation facilitée des déblais via l'autoroute A4 située au Sud du site
- Mesures de réduction/suivi : mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet

Conclusion :

L'impact sonore lié au fonctionnement du puits d'entrée de tunnelier situé au sud de la gare de Noisy-Champs est considéré comme modéré en raison de l'absence de riverains à proximité directe et de la localisation privilégiée du chantier, situé au niveau de voies structurantes, qui permet de limiter l'expansion des impacts en dehors du secteur du chantier.

Des nuisances sonores sont malgré tout attendues, notamment au niveau de l'école d'ingénieur, située à proximité directe de l'emprise chantier.

Les mesures générales mises en œuvre pour les chantiers du projet permettront par ailleurs de limiter les nuisances chantier.

1.23.5 Conclusion sur les impacts sonores en phase chantier

Si les impacts sonores induits par le creusement du tunnel sont négligeables, grâce à la méthode de réalisation retenue (tunnelier), les impacts sonores attendus au niveau des bases chantier de la Ligne 15 Sud sont, hors exception, modérés à forts, en raison d'une urbanisation dense et de la proximité des riverains ou de bâtiments sensibles.

Même s'il n'est pas possible de supprimer totalement les nuisances sonores liées aux chantiers, les mesures de réduction et de suivi prises pour limiter et prévenir les nuisances sonores permettront de réduire les impacts de manière significative. La phase chantier reste par ailleurs une phase temporaire, limitée aux horaires de chantier, l'objectif étant ensuite d'éviter les nuisances en phase exploitation.

1.23.6 Impacts et mesures générales en phase exploitation

1.23.6.1 Rappel Réglementaire

a. Arrêté du 8 novembre 1999 relatif au bruit des nouvelles infrastructures ferroviaires

Dans le cadre de l'aménagement de la Ligne 15 Sud, les valeurs limites définies par l'Arrêté du 8 novembre 1999 ne s'appliquent pas directement dans la mesure où la ligne est souterraine et n'émet donc pas de bruit dans l'environnement en dehors des « effets pistons » potentiels au niveau des ouvrages annexes.

L'article R571-44 du code de l'environnement ne fait néanmoins pas de distinction entre infrastructures extérieures ou souterraines et précise que :

- La conception, l'étude et la réalisation d'une nouvelle infrastructure de transports terrestres doivent être accompagnées de mesures destinées à éviter que le fonctionnement de l'infrastructure ne crée des nuisances sonores excessives.
- Le maître d'ouvrage de travaux de construction de l'infrastructure est tenu de prendre les dispositions nécessaires pour que les nuisances sonores affectant les populations voisines de cette infrastructure soient limitées à des niveaux compatibles avec le mode d'occupation ou d'utilisation normale des bâtiments riverains ou des espaces traversés.

Ces dispositions s'appliquent aux transports guidés, notamment aux infrastructures ferroviaires.

b. Décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage

Ce décret exclut les bruits « qui proviennent des infrastructures de transport ». Néanmoins, dans le cadre de l'aménagement des ouvrages de la Ligne 15 Sud, le choix a été fait de viser des **objectifs niveaux de bruit** respectant les valeurs d'émergences limites de ce décret, pour les bruits continus générés par les ouvrages annexes de ventilation et les équipements techniques des gares.

Emergences limites applicables pour les bruits de voisinage (Décret du 31 août 2006)

Emergence limite pour la période de jour (7h-22h)	Emergence limite pour la période de nuit (22h-7h)	Emergences spectrales limites par bande d'octave	
		125 – 250 Hz	500 – 4000Hz
+5 dB(A)	+ 3dB(A)	+ 7 dB	+ 5 dB

En fonction de la durée cumulée d'apparition du bruit particulier, un terme correctif compris entre 0 et 6 dB(A) est à ajouter aux émergences limites fixées. Et ce, dès que la source de bruit considérée fonctionne sur une durée cumulée inférieure à 8h sur la période.

Par exemple, le régime de fonctionnement de désenfumage des puits de ventilation ne sera utilisé que très ponctuellement, lors des tests réguliers prévus pour vérifier le bon fonctionnement des équipements. Ainsi en tenant compte d'une durée maximale des tests de 2h, une tolérance de 3 dB(A) est applicable sur l'émergence initiale fixée par le décret (soit + 8 dB(A) possible en journée et + 6 dB(A) la nuit).

Les termes correctifs à prendre en compte en fonction de la durée cumulée sont précisés ci-après ; cependant en l'absence de précision à ce sujet, en dehors des tests de désenfumage, aucun terme correctif n'est pris en compte à ce stade de l'étude.

Termes correctifs à appliquer sur les émergences limites selon la durée d'apparition du bruit (Décret du 31 août 2006)

Durée cumulée du	> 8h	4h	2h	20min	5min	1min	≤ 1min

bruit particulier		<...≤ 8h	<...≤ 4h	<...≤ 2h	<...≤ 20min	<...≤ 5min	
Terme Correctif associé en dB(A)	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5	+ 6

c. *Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis par les installations classées*

Ce texte concerne les ICPE soumises à autorisation.

Cet arrêté définit les niveaux de bruit limites à ne pas dépasser en limite de propriété et au droit des riverains les plus proches (zones à émergence réglementée) sur base du bruit de fond existant hors installation.

En limite de propriété, les valeurs fixées par l'arrêté d'autorisation ne peuvent excéder :

- 70 dB(A) pour la période de jour 7h-22h,
- 60 dB(A) pour la période de nuit 22h-7h.

Ceci, sauf si le bruit résiduel pour la période considérée est supérieur à cette limite. Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée au sens du point 1.9 de l'annexe du présent arrêté, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30 % de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne.

De plus, dans les zones à émergence réglementée (zones d'habitation, établissements scolaires ou de santé…), les émissions sonores des installations classées ne doivent pas engendrer une émergence supérieure aux valeurs admissibles fixées dans le tableau ci-après (notion d'émergence[25]).

Emergences limites applicables pour les installations classées dans les zones à émergences réglementées (Arrêté du 23 janvier 1997)

Niveau de bruit ambiant existant dans les zones à émergence réglementée incluant le bruit de l'établissement	Emergence admissible pour la période de jour allant de 7heures à 22heures sauf dimanches et jours fériés	Emergence admissible pour la période de nuit allant de 22heures à 7heures ainsi que les dimanches et jours fériés
> 35 dB(A) et ≤ 45 dB(A)	6 dB(A)	4 dB(A)
> 45 dB(A)	5 dB(A)	3 dB(A)

A ce stade des études, le SMR de Champigny est identifié comme une ICPE soumise à autorisation, et fera dans ce cadre l'objet d'une procédure spécifique.

[25] *L'émergence d'une source sonore correspond à la différence du niveau de bruit induit par l'apparition ou la disparition de la source étudiée ($E_{mergence} = L_{Aeq\ (Niveau\ sonore\ avec\ source)} - L_{Aeq\ Niveau\ de\ bruit\ de\ fond\ (hors\ source)}$)*

1.23.6.2 Impacts et mesures liés à la circulation du métro

Le projet de la Ligne 15 Sud est constitué sur la totalité de son tracé par un tunnel souterrain. Au regard des caractéristiques du tunnel (tunnel en béton situé à une profondeur supérieure à 10 mètres), l'augmentation des nuisances sonores en surface, liée à la circulation du métro, est considérée comme négligeable.

Le passage des métros peut néanmoins induire un « effet piston » au niveau des ouvrages annexes, à l'origine de l'émission d'un bruit en surface, ponctuellement audible pour les riverains. Le projet intègre ainsi la mise en place de silencieux, dont le dimensionnement précis sera réalisé avec pour objectif visé de respecter les émergences limites définies par l'arrêté 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage. Le calcul des objectifs de niveaux de bruit résultants de l'application des émergences limites est présenté dans la suite du chapitre.

Mesures relatives à la circulation du métro

- Mesure d'évitement : Ligne 15 Sud réalisée en souterrain sur la totalité du tracé

  Mesures de réduction : mise en œuvre de silencieux à baffles parallèles dans le réseau des ouvrages de secours

Conclusion :

L'impact sonore relatif à la circulation du métro de la Ligne 15 Sud est considéré comme négligeable dans la mesure où la ligne est souterraine sur la totalité du tracé et que les ouvrages annexes seront équipés de silencieux, permettant de limiter l'émission de bruit dans l'environnement et dimensionnés avec pour objectifs visés de respecter les émergences limites définies dans le cadre de la lutte contre les bruits de voisinage.

1.23.6.3 Impacts et mesures liés à l'exploitation des gares

Les sources potentielles d'émission de bruit liées à l'exploitation des gares sont multiples. Elles sont liées notamment aux équipements techniques nécessaires à leur fonctionnement, et à la fréquentation par les usagers.

a. *Les équipements techniques des gares*

Le fonctionnement des gares du réseau nécessitent l'installation d'un certain nombre d'équipements techniques à l'origine de sources de bruit. Il s'agit notamment :

- **De groupes de ventilation/désenfumage (CTA) et d'extracteurs (EXT)** : ils permettent la bonne ventilation de la gare, des locaux techniques et des quais ainsi que le désenfumage de l'infrastructure en cas d'incendie. Une gare peut comprendre de 4 à 7 CTA selon la taille des bâtiments et des quais à ventiler ainsi que 1 à 2 équipements d'extraction. Sans silencieux, le niveau de bruit généré à 1m des grilles de ventilation de ce type d'équipement varie de 80 à plus de 90 dB(A) selon la puissance et le débit de ventilation de l'appareil,
- **D'équipements frigoriques de type aéroréfrigérants** : une gare peut comprendre 3 à 4 équipements de ce type selon sa taille. Le niveau sonore généré par ce type d'équipement varie de 40 à 65 dB(A) à 5m de l'équipement, selon sa puissance,
- **De chaudières** : pour la production d'eau chaude et de chauffage,
- **De postes de redressement** : ils servent à la gestion électrique de l'ouvrage et comportent des postes haute tension, des transformateurs, etc.,
- **De poste Énergie Force,** qui est le poste de commande énergétique de la gare.

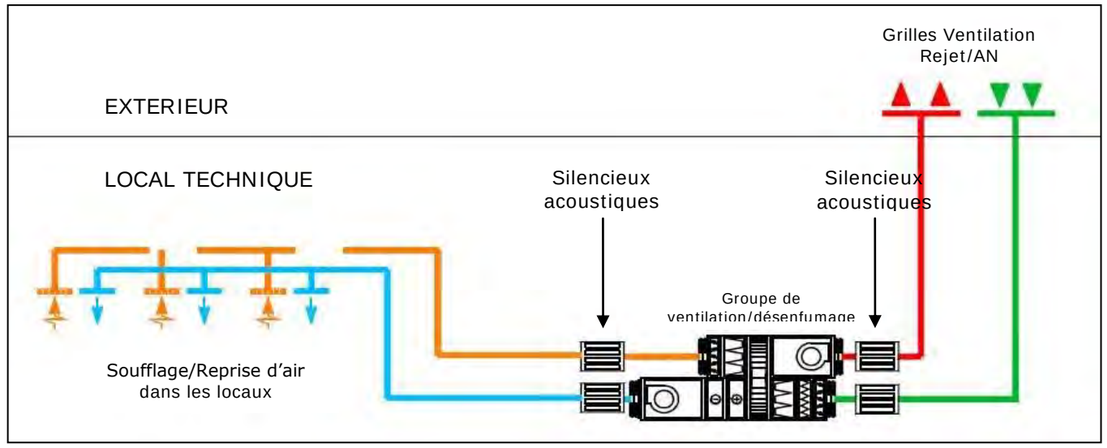


Schéma de principe de fonctionnement d'une CTA exploitation pour une gare type
(source : Société du Grand Paris)

Ces équipements techniques seront situés au sein des gares, dans des locaux techniques insonorisés. Cette localisation permet de limiter de manière significative les émissions sonores vers l'extérieur. **L'impact des équipements techniques internes aux gares pour les riverains et les usagers des gares est considéré comme négligeable**.

Les aéroréfrigérants peuvent parfois être situés en extérieur des gares, au niveau des toitures. Néanmoins, ils ne constituent pas des sources de bruit importantes et n'induiront que peu d'impacts sonores sur l'environnement.

Les groupes de ventilation seront quant à eux équipés de silencieux acoustiques permettant de « filtrer » le bruit généré dans les conduits et ainsi limiter le bruit émis vers l'extérieur, au niveau des grilles de ventilation. Dans le cadre du dimensionnement de ces silencieux, les objectifs de niveaux sonore à atteindre au droit des grilles de ventilation sont définis par application des émergences fixées par l'arrêté du 31 août 2006 et selon les résultats des mesures de bruit réalisées au droit des riverains les plus proches et des établissements sensibles éventuels. Ces objectifs sont repris dans les fiches individuelles de chaque gare.

Les annonces en gare :

La perception des annonces en gare est possible mais chaque espace a été étudié de manière à optimiser l'acoustique interne et la compréhension des messages. Ceci réduit le risque de gêne sonore pour les riverains et les usagers, soit un impact sonore faible.

Les escaliers mécaniques :

Le fonctionnement des escaliers mécaniques est susceptible d'induire un léger bruit mais l'impact sonore sera faible, et ce, d'autant plus que ceux-ci ne fonctionneront pas la nuit.

Mesures relatives aux équipements techniques des gares :

- Mesures d'évitement :
  - structure des locaux techniques conçue de manière à contenir les nuisances sonores (parois isolantes, localisation des locaux techniques en sous-sol traitement des vibrations, ventilation traitée…)
  - arrêt des équipements non nécessaires à l'activité en période de nuit
- Mesure de réduction :
  - Isolation des équipements techniques : des dispositifs de capotage sont envisagés. Il s'agit d'isoler le système pour contenir le bruit dans la protection. La réduction des niveaux sonores apportée par un capotage peut varier de 10 à 40 dB(A) en fonction de sa composition et des contraintes techniques induites par l'appareil. Ces dispositifs peuvent être mis en place pour certains équipements situés en extérieur, ou de manière générale, autour des équipements de type pompe ou compresseur. Les groupes de ventilation sont souvent déjà équipés d'un capotage
  - Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation: il s'agit de solutions anti-bruit mis en place au niveau des groupes de ventilation, des extracteurs ou de la ventilation naturelle des locaux techniques



Exemple de dispositif de capotage
(source: paulstra-industry)



Exemple de silencieux acoustiques pour gaines de ventilation (source : Trox)

Conclusion :
Dans le cadre de l'exploitation des gares, les équipements techniques associés à leur fonctionnement et susceptibles de générer du bruit dans l'environnement feront l'objet de la mise en œuvre de dispositifs antibruit, de type silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation, dimensionnés de manière à viser des objectifs de niveaux sonores respectant les émergences limites définies dans le cadre de la lutte contre les bruits de voisinage.
L'impact sonore lié à l'exploitation des gares est ainsi considéré comme faible.

b. Les impacts indirects liés à l'exploitation de la Ligne 15 Sud

A l'échelle de l'Ile de France, la mise en exploitation de la Ligne 15 Sud doit avoir pour conséquence une diminution du trafic sur les grands axes routiers, soit une réduction du bruit routier, constituant un impact positif pour l'environnement sonore.

Néanmoins, il faut une variation de plus 30% du trafic pour faire varier les niveaux sonores de 1 dB(A), ce qui n'est pas, sauf exception, de l'ordre des variations de trafic prévues sur les grands axes routiers.

Compte tenu qu'une différence de niveau sonore inférieure à 1 dB(A) est inaudible pour l'oreille humaine, cela signifie que le projet n'aura pas d'impact sonore perceptible par la population sur le bruit routier à l'échelle de l'Ile de France.

c. La fréquentation des gares par les usagers

L'augmentation de la fréquentation piétonne, cycliste et/ou routière, induite par l'aménagement des gares, peut être à l'origine d'une augmentation des bruits de voisinage à proximité des infrastructures (déplacements des piétons, voix, activités liés aux commerces éventuels situés dans les gares, etc.).

Cette augmentation reste difficilement quantifiable à ce stade des études. Néanmoins, dans la mesure où les sites d'implantation des gares sont localisés au niveau de zones urbaines déjà constituées ou de zones d'activité, l'augmentation des niveaux sonores reste limitée.

Les échanges engagés par la Société du Grand Paris avec les collectivités locales permettent de définir des aménagements urbains adaptés aux déplacements attendus en phase d'exploitation. Ces aménagements concernent notamment l'organisation des espaces publics, comme les parvis autour des gares.

Le fonctionnement du réseau est également susceptible d'entrainer, à proximité immédiate des gares, une augmentation de la circulation routière. Une étude spécifique sur l'opportunité d'implanter des parkings relais voitures au niveau des gares a été réalisée. Les conclusions de cette étude mettent en évidence l'importance de mettre en place des aménagements qui limitent les impacts négatifs d'une augmentation de la circulation routière, en favorisant au maximum les modes actifs et les liaisons avec les réseaux de transports en commun existants ou à venir. Cela doit permettre d'éviter un rabattement trop important de la circulation au niveau des quartiers de gare et ainsi limiter l'augmentation des nuisances sonores liées à la circulation routière.

Un travail important a ainsi été engagé avec le Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF), autorité organisatrice des transports de la région, pour réaménager les lignes de bus actuelles et aménager de nouveaux pôles de bus à proximité immédiate des gares, de manière à fluidifier la circulation des bus dans le quartier.

Mesures d'accompagnement relatives à la fréquentation des gares :

- Élaboration d'une charte architecturale : cette charte vise notamment à retenir une conception favorisant l'appropriation des espaces, l'accessibilité et l'efficacité des parcours pour les usagers.
- Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte local existant autour des gares.
- Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF, aménagement de pôles bus au niveau des gares.

Ces mesures permettront de limiter les déplacements motorisés et donc l'impact sonore associé à l'augmentation du trafic à proximité des voies d'accès aux gares de la Ligne 15 Sud.

1.23.7 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages annexes

Les ouvrages annexes peuvent assurer deux fonctions distinctes :

- Assurer le renouvellement de l'air intérieur en période normale d'exploitation, et le désenfumage de l'infrastructure en cas d'incendie dans le tunnel,
- En cas d'accident dans le tunnel, permettre l'arrivée des secours dans l'infrastructure, et l'évacuation des usagers vers l'extérieur si nécessaire.

L'ensemble des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud assurent une fonction « secours ». La fonction « ventilation/désenfumage » n'est, par contre, assurée que par certains ouvrages.

En surface, ces ouvrages se présentent sous la forme d'une grille pour la ventilation (éventuelle) et d'une trappe d'accès pour les secours.

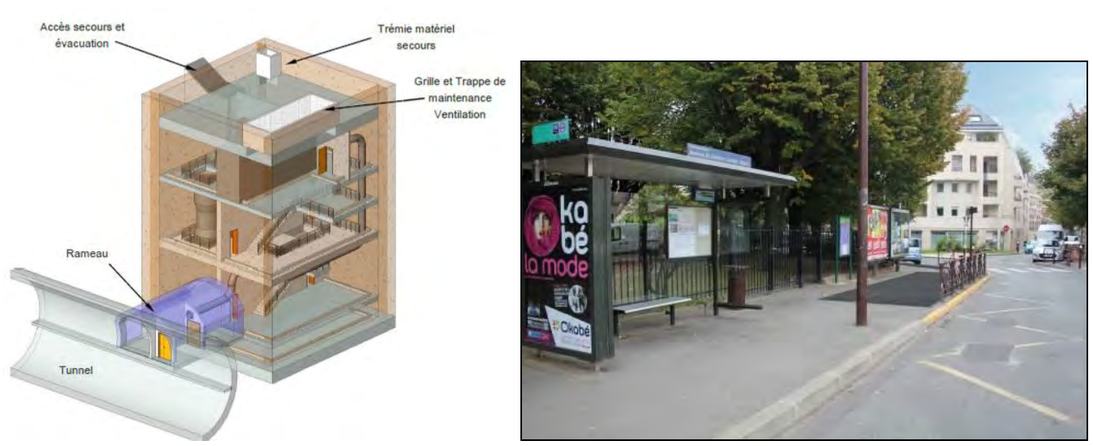
Les fonctions liées à l'entrée des secours et l'évacuation éventuelle des usagers ne présentent pas d'impact sur les niveaux de bruit.

Le système de ventilation associé aux ouvrages de ventilation/désenfumage fonctionne de deux manières distinctes :

- d'une manière passive grâce au déplacement de l'air entrainé par la circulation des trains,
- d'une manière active grâce à des ventilateurs situés dans la partie souterraine de l'ouvrage. A titre d'information, ce type de ventilateurs, selon leur puissance et leur débit, sont susceptibles de générer, sans silencieux acoustique, des niveaux de bruit de 90 à plus de 100 dB(A) à 1m.

Les impacts sonores associés à l'aménagement des ouvrages de ventilation/désenfumage sont principalement liés au fonctionnement de ces ventilateurs.

La fonction de désenfumage est associée à des évènements exceptionnels, lors d'incidents. Son fonctionnement n'aura donc qu'un impact ponctuel sur l'environnement sonore, lors des essais périodiques du système, dont la durée est estimée inférieure à 2h.



Exemple d'un ouvrage de sécurité et vue indicative d'un ouvrage en milieu urbain (source : Société du Grand Paris)

Dans le cadre de l'analyse des impacts de ces ouvrages sur l'environnement sonore, l'identification des règles locales et les mesures de bruit réalisées au niveau des zones sensibles situées à proximités des ouvrages, permettent de définir les objectifs de niveau sonore à obtenir au droit des ouvrages. Les précisions méthodologiques sur la définition de ces niveaux sonores sont présentées dans la suite du chapitre.

Un objectif de niveau sonore limite est ainsi défini par application des émergences limites du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage pour chaque ouvrage. Cet objectif sert alors de point de départ pour le dimensionnement des silencieux qui seront mis en place au niveau des systèmes de ventilation/désenfumage.

Mesures relatives au fonctionnement des ouvrages de ventilation/désenfumage

- Mesure d'évitement :
  - implantation des ouvrages de sécurité à plus de 8 mètres des façades avec fenêtres
- Mesures de réduction :
  - installation des ventilateurs sur des amortisseurs de manière à réduire le bruit en phase de fonctionnement
  - mise en place de traitements acoustiques pour réduire les niveaux de bruit : il s'agit principalement de solutions anti-bruit de type silencieux acoustiques à baffles parallèles pour traiter les bruits de ventilation/désenfumage mais aussi de solutions éventuelles au niveau des équipements et locaux techniques (grilles acoustiques, silencieux, capotages, etc.)
- Mesures de suivi : au lancement de l'exploitation, des mesures de bruit pourront être réalisées pour évaluer in situ les niveaux de bruit au droit des ouvrages de ventilation/désenfumage dans les secteurs les plus sensibles.



Exemple de silencieux intégré dans un rameau de ventilation
(source : puits de ventilation ligne métro 4 - *http://www.rendezvousavecla4.fr*)

Conclusion :
Le projet intègre la mise en œuvre de dispositifs antibruit de type silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation/désenfumage permettant de limiter l'émission de bruit au niveau des grilles de ventilation. Dans la mesure où les objectifs de niveaux de bruit visés après mis en œuvre de ces dispositifs sont établis par application des émergences limites fixées par le décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.
L'impact sonore relatif au fonctionnement des ouvrages de ventilation/désenfumage est considéré comme négligeable à faible.

1.23.8 Impacts et mesures liés à l'exploitation des sites de maintenance

La Ligne 15 Sud accueillera 2 sites de maintenance :

- Le site de maintenance et de remisage (SMR) des trains de Champigny, assurant le poste de commandement centralisé (PCC) et permettant la maintenance et le remisage des trains de la Ligne 15 Sud,
- Le site de maintenance des infrastructures (SMI) de Vitry, qui assure la maintenance des voies et des équipements fixes du système de transport (signalisations, équipements électromécaniques, …)

Ces sites industriels sont composés de différents ensembles fonctionnels susceptibles de générés des nuisances sonores dans l'environnement. Les ateliers de maintenance et les locaux et équipements techniques sont les sources sonores les plus bruyantes :

- A titre d'exemple, un atelier de maintenance peut accueillir un Tour en Fosses (matériel de maintenance des roues) présentant des niveaux sonores estimés autour de 95 dB(A) à 1m, une station de nettoyage et/ou une station de lavage (77 à 90 dB(A) à 1m), une ou plusieurs cabine(s) de peinture (87 à 100 dB(A) à 1m),
- Les équipements de ventilation, également à l'origine d'émissions sonores dans l'environnement, seront équipés de dispositifs anti-bruit de type silencieux ou grilles acoustiques.

Les 2 sites de maintenance de la Ligne 15 Sud sont localisés sur des secteurs industriels :

- Le SMR de Champigny est situé au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, sur un secteur actuellement occupé par des activités bordées par des terrains en friche,
- Le SMI de Vitry est situés dans le secteur des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

La localisation des sites de maintenance, qui s'intègrent dans des secteurs industriels, permet de limiter de manière significative les nuisances sonores liées au fonctionnement de ces infrastructures.

Pour assurer le bon fonctionnement du réseau, les activités se dérouleront en continu (jour et nuit). Les principales activités seront cependant réalisées à l'intérieur des bâtiments, ce qui limite ainsi les émissions sonores vers l'extérieur.

Le SMR de Champigny est soumis à autorisation au titre des ICPE. Il fera donc l'objet d'une étude d'impact spécifique avec modélisation acoustique dans un dossier réalisé en parallèle de la présente étude.

Pour rappel, les impacts et les objectifs de niveaux sonores spécifiques sont déclinés sur pour les 2 sites de maintenance dans la suite du chapitre.

Mesures relatives à l'exploitation des sites de maintenance

- Mesure d'évitement : sites d'implantation éloignés des habitations, sur des secteurs à caractère industriel
- Mesure de réduction :
  - confinement du bruit à l'intérieur des ateliers à l'aide de panneaux absorbants pour respecter le confort des employés et réduire la transmission du bruit vers l'extérieur ;
  - construction d'un bâtiment insonorisé pour assurer les activités de maintenance à l'intérieur sans que ces dernières génèrent des nuisances sonores pour les riverains
  - mise en place de filtres pour réduire les niveaux de bruit : il s'agit de solutions anti-bruit de type silencieux acoustiques pour les groupes de ventilation, les extracteurs ou la ventilation naturelle des bureaux, ateliers et locaux techniques.

1.23.9 Conclusion sur les impacts sonores en phase exploitation

Dans le cadre de l'aménagement du réseau de la Ligne 15 Sud, qui s'inscrit dans un territoire très urbanisé, la sensibilité du projet vis-à-vis des nuisances sonores est forte. Les impacts sonores liés à l'exploitation du réseau sont principalement induits par le fonctionnement des équipements techniques et des systèmes de ventilation. Ces éléments bénéficieront de dispositifs anti-bruit

performants, dimensionnés de manière spécifique afin de limiter au maximum les nuisances sur l'environnement sonore existant à proximité des ouvrages.

Ainsi, les impacts directs, localisés au niveau des ouvrages émergents, sont faibles voire négligeables lorsque les ouvrages s'intègrent dans un environnement sonore préexistant déjà impacté, masquant ainsi le bruit induit par le fonctionnement des ouvrages du réseau.

Les impacts indirects liés à l'exploitation du réseau par les usagers, restent localisés au niveau des quartiers situés aux alentours des gares. Ils sont principalement induits par l'augmentation potentielle du trafic routier. Les concertations menées avec les acteurs locaux et les sociétés de transports permettent d'adapter la définition du projet au contexte local rencontré dans chaque secteur d'aménagement dans le but de limiter ces augmentations de trafic.

Ainsi, les impacts sonores indirects sont considérés comme faibles à modérés, en fonction des conditions de trafic existantes dans les différents secteurs d'aménagement des gares.

1.23.10 Méthodologie d'évaluation des impacts spécifiques et définition des objectifs de niveaux sonores

Le présent chapitre s'attache à décliner les impacts et mesures associés à chaque ouvrage, de manière à prendre en compte les spécificités techniques et le contexte local rencontré dans chaque secteur d'aménagement.

1.23.10.1 Méthodologie d'évaluation des impacts sonores en phase chantier

Dans le cadre de la définition des impacts sonores en phase chantier, l'analyse s'appuie sur :

- La localisation de l'emprise chantier par rapport aux riverains et/ou aux bâtiments sensibles les plus proches,
- La comparaison des niveaux de bruit prévisibles pour les différentes phases du chantier par rapport à l'environnement sonore préexistant. Ces « niveaux de bruit prévisibles » sont définis par application des valeurs de références présentées dans le chapitre relatif aux impacts et mesures généraux en phase chantier. A noter qu'il s'agit de niveaux sonores observables durant la phase d'activité du chantier uniquement, et non d'un niveau de bruit moyen sur la période de jour complète,
- L'impact du « charroi chantier » sur les accès au site. Cet impact est étudié par analyse du mode de transport utilisé (fluvial, ferré ou routier) et du type de voie d'accès au site (largeur, état, densité du trafic existant),
- Les impacts indirects éventuels, comme les déviations de voiries.

1.23.10.2 Méthodologie de définition des objectifs de niveaux sonores pour l'exploitation des gares

Les **objectifs de niveaux sonores** au droit des ouvrages sont définis par application des valeurs d'émergences limites définies par le décret du 31 août 2006 pour un fonctionnement continu en régime de ventilation usuel (hors désenfumage) :

- + 5 dB(A) en période de jour,
- +3 dB(A) en période de nuit.

a. <u>Définition du niveau de bruit limite au droit des riverains / bâtiments sensibles les plus proches</u>

Dans le cadre de la détermination des niveaux de bruit visés au droit des riverains et des bâtiments sensibles les plus proches, ces émergences limites sont additionnées au niveau sonore préexistant, défini dans le cadre des mesures de bruit réalisées. Le niveau de bruit de fond pris comme référence est l'indice LA90.

A partir de ce niveau de bruit de fond, le niveau de bruit maximal est calculé en ajoutant de manière arithmétique l'émergence fixée par le décret :

$$\mathbf{L_{tot} = L_{Bdf} + E_{limite}}\ \textit{(formule A)}$$

L_{tot} : niveau de bruit maximal au droit des riverains et bâtiments sensibles les plus proches

L_{Bdf} : niveau de bruit de fond (LA90) mesuré dans le secteur d'implantation de l'ouvrage
E_{limite} : émergence limite fixée par le décret

b. Définition des objectifs de niveau de bruit particulier au droit des riverains / bâtiments sensibles les plus proches

Le niveau de bruit particulier correspond à la part seule de la source de bruit considérée, en dehors du niveau de bruit de fond préexistant, soit dans le cas présent le bruit lié à la ventilation des gares car il est considéré que les locaux techniques sont suffisamment insonorisés pour ne pas générer de bruit à l'extérieur hormis en ce qui concerne la ventilation de ces locaux.

Le niveau de bruit particulier objectif se calcule par différence logarithmique entre le niveau Ltot fixé ci-dessus et le niveau de bruit de fond déterminé par les mesures. Soit la formule suivante :

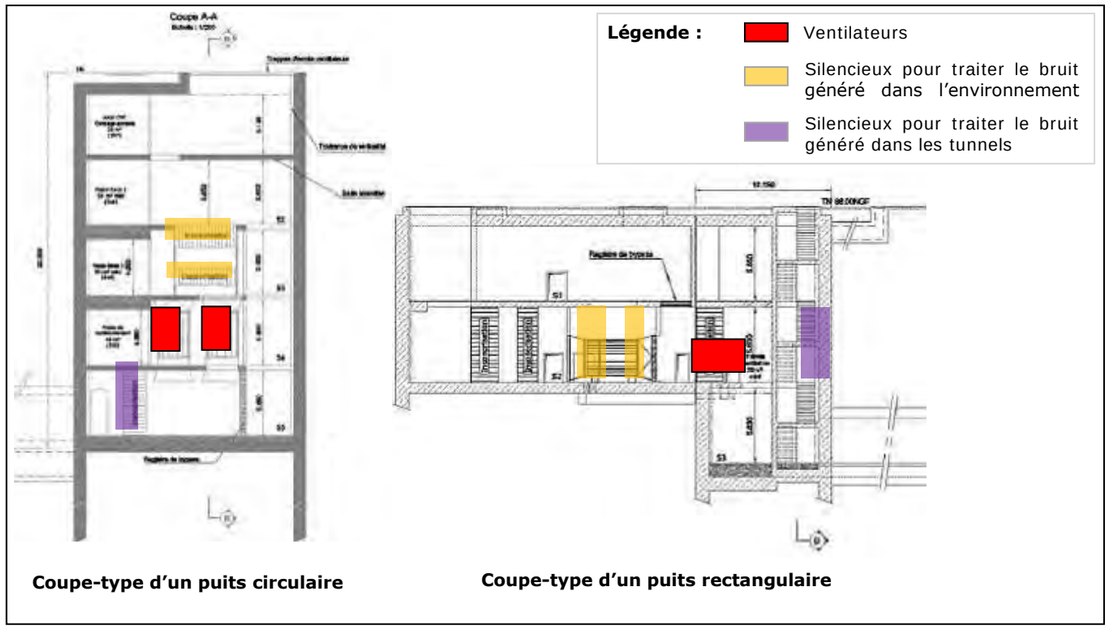
$$L_{part} = 10 \times \log (10^{(Ltot/10)} - 10^{(LBdf/10)}) \quad \textit{(formule B)}$$

Avec :
L_{tot} : Niveau de bruit maximal autorisé AVEC ventilateurs et équipements en fonctionnement
L_{Bdf} : Niveau de bruit de fond (LA90) mesuré dans le secteur d'implantation de l'ouvrage

1.23.10.3 Méthodologie de définition des objectifs de niveaux sonores pour le fonctionnement des ouvrages annexes

Afin de limiter l'émission de bruit dans l'environnement liée au fonctionnement des systèmes de ventilation présents au niveau des ouvrages annexes, des systèmes antibruit de type silencieux seront mis en œuvre. Ces équipements ont pour objectif de traiter le bruit lié à la ventilation de l'infrastructure et également de limiter le bruit potentiel induit par le passage des métros à proximité des ouvrages (« effet piston », voir chapitre s'y référant).

A titre d'exemple, les figures ci-après reprennent les schémas de principe d'implantation de ces silencieux pour 2 types d'ouvrages de sécurité/ventilation de la Ligne 15 Sud.



Coupe-type d'un puits circulaire **Coupe-type d'un puits rectangulaire**

Schémas de principe d'implantation des silencieux pour 2 types d'ouvrages de sécurité/ventilation (source : notice descriptive des ouvrages annexes de l'AVP-B)

Le dimensionnement de ces dispositifs n'étant pas encore réalisé de manière précise à ce stade des études, la suite du chapitre s'attache à présenter le calcul des objectifs de niveaux de bruit visés au droit de ces ouvrages, qui serviront de point de départ pour le dimensionnement des silencieux.

c. Définition des objectifs de niveaux de bruit maximal et particuliers au droit des riverains / bâtiments sensibles les plus proches

Ces niveaux de bruit (**L_{tot}** et **L_{part}**) sont définis par application de la méthodologie présentée dans le chapitre précédent, relatif aux objectifs de niveaux de bruit pour l'exploitation des gares.

Dans le cadre de la fonction de désenfumage des ouvrages, les tests de désenfumage auront lieu uniquement en période de jour (7-22h), en semaine, et bénéficient d'un terme de correction de 3 dB(A) supplémentaire lié à la durée réduite d'intervention (≤2h), soit une émergence limite de 8 dB(A) en période de jour.

d. Définition des objectifs des niveaux de bruit particuliers à 1m des grilles de ventilation

Les objectifs de niveaux de bruit visés pour le fonctionnement des ouvrages de ventilation permettront de dimensionner les silencieux acoustiques à mettre en œuvre.

Ces objectifs de niveaux sonores sont définis par application d'une courbe d'atténuation par la distance d'une source de bruit de type surfacique assimilable à une grille d'un puits de ventilation.

Les sources surfaciques ont été modélisées à l'aide du logiciel CadnaA. Les hypothèses de calculs considérées dans le modèle sont les suivantes :

- Pas de prise en compte de la topographie ou d'obstacle éventuel,
- Cartes de bruit réalisées en coupe à partir d'une surface rayonnante au sol de 52m², ce qui correspond à la taille moyenne des grilles de ventilation constatées au niveau des ouvrages annexes, et pour un cas d'insertion en sol réverbérant (surface principalement bitumée),
- Maillage 1 x 1m, soit un point de calcul tous les 1m,
- Aucun effet météorologique.

Les résultats issus de cette modélisation sont les suivants :

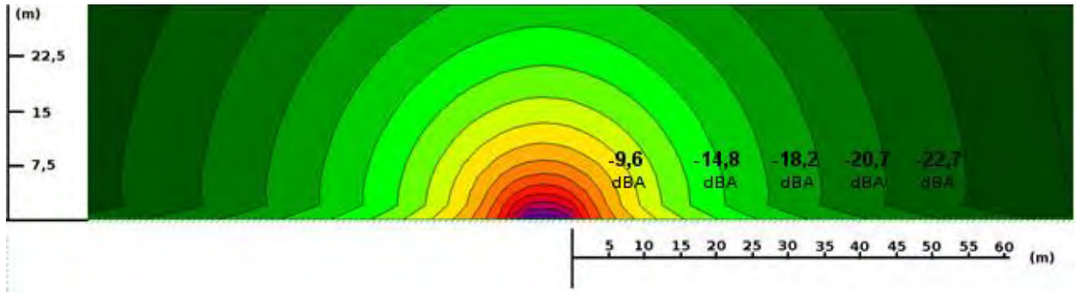


Illustration de la décroissance sonore du bruit d'un puits de ventilation – sol réverbérant

Les résultats de profil d'atténuation en dB (coupe) en fonction de la distance pour une propagation du bruit d'une grille de ventilation en terrain plat, en champs libre et une hauteur de récepteur à 2 mètres au-dessus du sol sont présentés dans le tableau suivant :

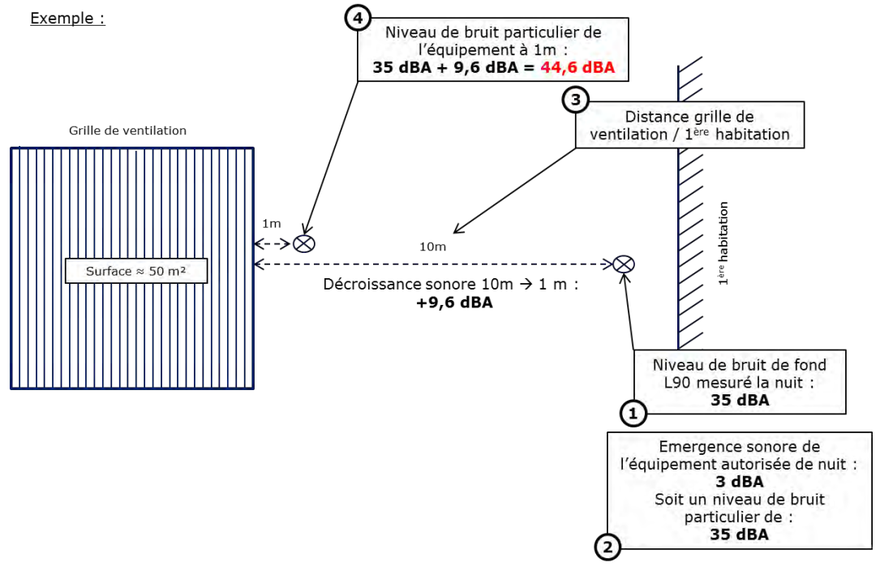
Atténuation calculée par la distance d'une source surfacique jusqu'à 52m² par rapport à une distance de 1m et pour un sol réverbérant

Distance (à 1m de la source)	**2m**	**3m**	**4m**	**5m**	**6m**	**7m**	**8m**	**9m**	**10m**	**12m**	**14m**
Atténuation (dB)	-1,6	-3,0	-4,3	-5,4	-6,4	-7,3	-8,2	-8,9	-9,6	-11,0	-12,1
Distance (à 1m de la source)	**16m**	**18m**	**20m**	**25m**	**30m**	**35m**	**40m**	**45m**	**≥50 m**		
Atténuation (dB)	-13,1	-14,0	-14,8	-16,6	-18,2	-19,5	-20,7	-21,7	-22,7		

L'application de ces valeurs d'atténuation permet de déterminer, en fonction du niveau de bruit particulier défini et de la distance entre l'ouvrage et les riverains/bâtiments sensibles les plus proches, l'objectif de niveau de bruit à atteindre à 1m de la grille.

La plupart des grilles de ventilation étant situées dans des zones accessibles aux piétons, les objectifs de niveaux sonores à 1m des grilles de ventilation seront limités à 65 dB(A) en période de jour et 60 dB(A) la nuit (valeurs de référence pour une zone d'ambiance sonore modérée), dans le cadre où les niveaux sonores calculés dépasseraient ces valeurs.

A titre d'exemple, le schéma présenté ci-après, illustre la méthodologie appliquée pour la définition des objectifs de niveaux de bruit :



1- Le niveau de bruit de fond LA90 est défini au droit du riverain le plus proche de l'ouvrage considéré (mesures de bruit réalisées).

2- Le niveau de bruit particulier au droit du riverain le plus proche est défini par application des formules A puis B :

$$L_{tot} = 35 + 3 = 38 \text{ dB(A)}$$ *(formule A)*

$$L_{part} = 10 \times \log (10^{(38/10)} - 10^{(35/10)}) = 35 \text{ dB(A)}$$ *(formule B)*

3- La distance entre la source et la première habitation est définie, ce qui permet de déterminer le terme correctif associé grâce au tableau d'atténuation par la distance d'une source surfacique.

4- L'objectif de niveau de bruit à 1m est ensuite fixé en ajoutant ce terme correctif au niveau de bruit particulier calculé au droit des riverains les plus proches.

1.23.11 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des gares et des sites de maintenance

L'analyse des impacts spécifiques réalisée à l'échelle des gares et des sites de maintenance est proposée ci-dessous sous forme d'une fiche par ouvrage déclinant les impacts et mesures en phase chantier et en phase exploitation.

Gare Pont de Sèvres



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Emprise chantier

Ligne 15 Sud

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	60,5	39,1	5	3	63,8	39,1
2	56,9	41,6	5	3	60,2	41,6
3	61,7	51,3	5	3	65,0	51,3
4	56,5	42,7	5	3	59,8	42,7

Contexte :

La gare de Pont de Sèvres est située au sud de la commune de Boulogne-Billancourt en limite de la commune de Sèvres. Le secteur est en développement avec les projets du quartier du Trapèze à l'Est, ceux de la passerelle et de la cité musicale de l'Ile Seguin à l'Ouest ainsi que la rénovation des Tours General Electric au Nord.

L'environnement sonore est marqué par trafic routier très important sur le secteur.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impact indirect
Démolition	-		Pas d'impact indirect identifié
Terrassement - Fondation	Tranchée couverte		
Gros œuvre	Tranchée couverte		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	Via la Seine et la RD1		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **utilisation du transport fluvial pour l'approvisionnement chantier et l'évacuation des déblais**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont négligeables dans la mesure où la gare est bien desservie par les transports en commun (gare routière, M9 et T2) et l'augmentation éventuelle de trafic n'aura pas d'impact significatif sur les grands axes routiers du secteur.

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare Pont de Sèvres, un impact cumulé peut être induit par le développement du quartier : la cité musicale de l'Ile Seguin et sa passerelle de connexion à Boulogne-Billancourt ainsi que l'urbanisation importante du quartier du Trapèze (immeubles mixtes : commerces, bureaux et habitations) et le réaménagement de la gare routière. Cela peut induire une augmentation de la fréquentation du quartier à la fois piétonne et routière, avec une augmentation potentielle des bruits routiers et des bruits de voisinage associés. Cependant, le bruit routier est important sur la zone et l'impact cumulé éventuel sera faible.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Pont de Sèvres			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Issy RER



1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	54,9	43,3	5	3	58,2	43,3
2	56,3	44,6	5	3	59,6	44,6
3	54,3	45,6	5	3	57,6	45,6
4	55,3	47,5	5	3	58,6	47,5

Contexte :

La gare d'Issy RER est située sur la commune d'Issy-les-Moulineaux et implantée au croisement de 3 axes routiers au niveau de la place Léon Blum. Le projet de gare intègre une connexion avec le RER C. Dans le cadre du projet du Grand Paris Express, un projet connexe de nouveaux logements est envisagé au-dessus de la gare. Le secteur intègre également le projet d'aménagement de la ZAC Léon Blum.

L'environnement sonore est bruyant, impacté par le bruit issu du trafic routier, certains secteurs bénéficiant de nuisances sonores plus modérées.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		La circulation est maintenue au niveau de la place Léon Blum mais coupée au niveau de la rue Aristide Briand avec mise en place d'un itinéraire de déviation.
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert puis sous dalle partielle		
Gros œuvre	sous dalle partielle		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	rue A.Briand, rue de Verdun		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects générés par le projet sont induits par la création d'une nouvelle voie d'accès à la gare du RER C associée à une augmentation potentielle du trafic routier sur la rue Aristide Briand, l'avenue de Verdun ainsi que la place Léon Blum. L'impact résultant est faible, l'environnement existant étant impacté par le trafic routier.

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare d'Issy RER, un impact cumulé peut être induit par le développement de plusieurs projets. L'aménagement de la ZAC Léon Blum peut avoir pour effet d'augmenter la fréquentation du quartier, induisant une plus grande exposition des usagers au bruit. Le projet d'aménagement de bâtiments de logements surplombants la gare (en cours d'étude) peut induire une augmentation des impacts en matière de bruit considérée comme modérée.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Issy RER			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart



1 Points de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	52,4	32,7	5	3	55,7	32,7
2	48,9	42,1	5	3	52,2	42,1
3	39,1	42,0	5	3	42,4	42,0
4	47,9	39,8	5	3	51,2	39,8
5	43,9	38,9	5	3	47,2	38,9

Contexte :

La gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart est localisée en centre-ville, au droit de la gare Transilien de Clamart, à proximité d'une zone pavillonnaire calme. Un projet immobilier, porté par la ville de Clamart, est localisé au sud de la gare.

L'environnement sonore est marqué par le bruit ferroviaire ponctuel et, sur la partie sud du secteur, par le bruit du trafic routier.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		fermeture temporaire de la rue du Clos Montholon et sur certains tronçons du Bd Vigouroux – déviation de lignes de bus
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert		
Gros œuvre	mixte ciel ouvert / en souterrain		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	bd des Frères Vigouroux/plateforme ferroviaire		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**
- **favoriser un plan de circulation des poids lourds via le Bd des Frères Vigouroux**
- **utilisation du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais (objectif de 50%)**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable à faible dans la mesure où la zone est calme, le bruit de la ventilation pourrait être légèrement perceptible pour les piétons et les riverains au niveau des points (4) et (5).

Les impacts sonores indirects induits par une augmentation potentielle de trafic sont limités par le réaménagement de la Place de la Gare qui impose l'accès au site via le Bd des Frères Vigouroux (voirie déjà largement empruntée).

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart, un impact cumulé peut être induit par le projet de nouveau quartier porté par la ville sur les secteurs limitrophes de la gare, qui prévoit un programme mixte logements/équipements, soit une augmentation potentielle des bruits de voisinages et le renforcement des enjeux en matière de bruit. Néanmoins, avec le réaménagement de la place de la Gare, la pression du trafic routier devrait diminuer, avec un impact local positif attendu.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Fort d'Issy			

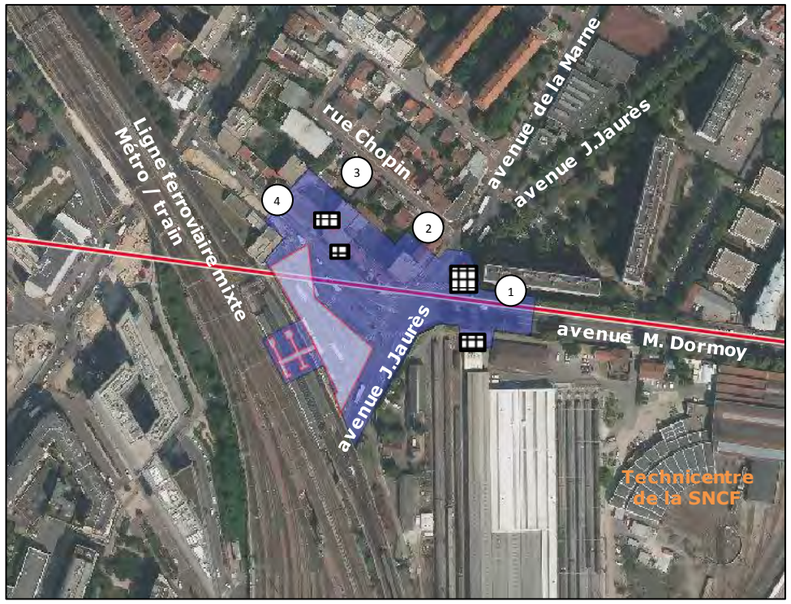
Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)
- **restructuration et adaptation du réseau de bus de manière à limiter l'augmentation du trafic routier**

L15 SUD

Gare Châtillon-Montrouge



1 Points de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	59,4	43,4	5	3	62,7	43,4
2	55,6	36,8	5	3	58,9	36,8
3	47,9	38,4	5	3	51,2	38,4
4	61,8	41,9	5	3	65,1	41,9

Contexte :

La gare de Châtillon-Montrouge est située dans un quartier présentant des activités diverses en termes de bâti et d'infrastructures, avec au Nord-Ouest des pavillons, au Nord-Est des immeubles de grande hauteur et au Sud-Ouest les infrastructures du T6 et du M13. Un projet connexe de bâtiment de bureaux, est envisagé en surplomb de la gare.

La gare de Châtillon exemple au Nord infrastructures T6 et M13. Un projet connexe bâtiment de bureaux, est envisagé en surplomb de la gare.

L'environnement sonore préexistant est marqué par le bruit routier des avenue Marx Dormoy et Jean Jaurès.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impact indirect identifié
Terrassement - Fondation	tranchée couverte		
Gros œuvre	tranchée couverte		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via la D62 / D63		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **localisation des équipements techniques et de la zone d'approvisionnement chantier le plus éloigné possible des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation routière des avenues Marx Dormoy et Jean Jaurès et à une fréquentation accrue de la gare. Néanmoins, l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun (correspondances M13, T6, lignes de bus etc.).

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Châtillon-Montrouge, un impact cumulé peut être induit par la construction d'un bâtiment de bureaux surplombant l'accès de la gare (projet connexe en cours d'étude). Ce projet connexe est susceptible d'engendrer un impact sonore dans la mesure où il peut influencer la fréquentation du secteur et accueillir des équipements techniques, soit une élévation potentielle du bruit routier et des bruits de voisinage. La réalisation d'un troisième quai sur le métro M13 et d'une correspondance aérienne entre la gare existante et la future gare GPE font également partis des projets pouvant entrainer un effet cumulé sur l'émission de bruit dans l'environnement

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Châtillon-Montrouge			

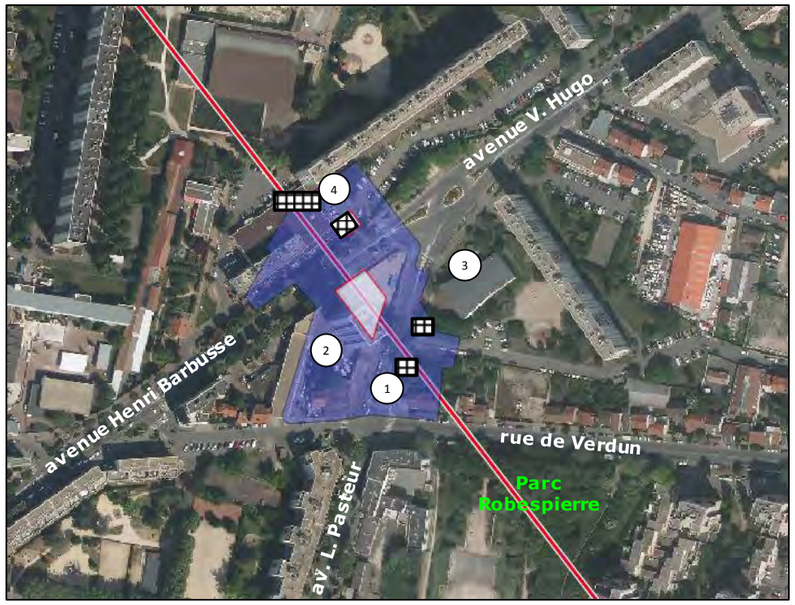
Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare de Bagneux



1 Points de mesures

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	56,4	50,2	5	3	59,7	50,2
2	48,8	44,6	5	3	52,1	44,6
3	51,5	46,6	5	3	54,8	46,6
4	49,0	47,1	5	3	52,3	47,1

Contexte et enjeux :

La gare de Bagneux est implantée dans un contexte urbain dense, en présence d'artères urbaines telles que l'avenue Louis Pasteur et l'avenue Henri Barbusse. Des mutations futures aux alentours sont engagées dans le cadre du projet de la ZAC Victor Hugo portée par la SEMABA et du projet de correspondance avec le métro 4.

L'environnement sonore est marqué par le bruit routier des avenues présentes sur le secteur, avec des niveaux de bruit moins marqués en intérieur d'ilot.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Arrêt temporaire du trafic de l'avenue Louis Pasteur et Henri Barbusse => réduction du bruit routier
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert puis en tranchée couverte		
Gros œuvre	en tranchée couverte		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	av. L.Pasteur, H.Barbusse et rue de Verdun		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte « couverture première »**
- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact faible sur l'environnement déjà marqué par le trafic routier. L'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le réaménagement des transports en commun (bus et métro 4).

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Bagneux, un impact cumulé peut être induit par la connexion de la gare avec la ligne de métro 4 ainsi que par le projet d'éco-quartier de la ZAC Victor Hugo, à l'origine d'une augmentation de fréquentation du quartier associée à des nuisances sonores potentielles. Ces impacts resteront cependant faibles.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare de Bagneux			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Arcueil-Cachan



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	45,7	35,3	5	3	49,0	35,3
2	55,2	40,3	5	3	58,5	40,3
3	51,9	38,2	5	3	55,2	38,2
4	44,3	33,7	5	3	47,6	33,7

Contexte :

La gare d'Arcueil-Cachan est située sur la commune de Cachan, au niveau d'une zone résidentielle. Son implantation est conditionnée par diverses contraintes incluant les aménagements futurs portés par la ville de Cachan.

L'environnement sonore est marqué par la présence du RER B ainsi que par le trafic routier de l'avenue Carnot.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impacts indirects identifiés
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert puis en tranchées couvertes		
Gros œuvre	tranchées couvertes		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	av Carnot et rue Marcel Bonnet		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchées couvertes (à partir d'un puits central)**
- **localisation des équipements techniques au Sud de l'emprise de l'ancien marché Carnot**
- **favoriser un plan de circulation des poids lourds via la rue Marcel Bonnet pour limiter l'impact en partie Nord**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit résiduel généré par le projet.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation routière, avec un réseau viaire (hormis l'avenue Carnot) peu adapté, soit un impact potentiel modéré qui sera néanmoins réduit par une bonne gestion des flux .

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare d'Arcueil-Cachan, un impact cumulé peut être induit par le projet connexe de valorisation immobilière de la gare (projet connexe en cours d'étude) au droit du marché Carnot amené à être démoli. L'impact cumulé résultant est considéré comme modéré.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Arcueil-Cachan			

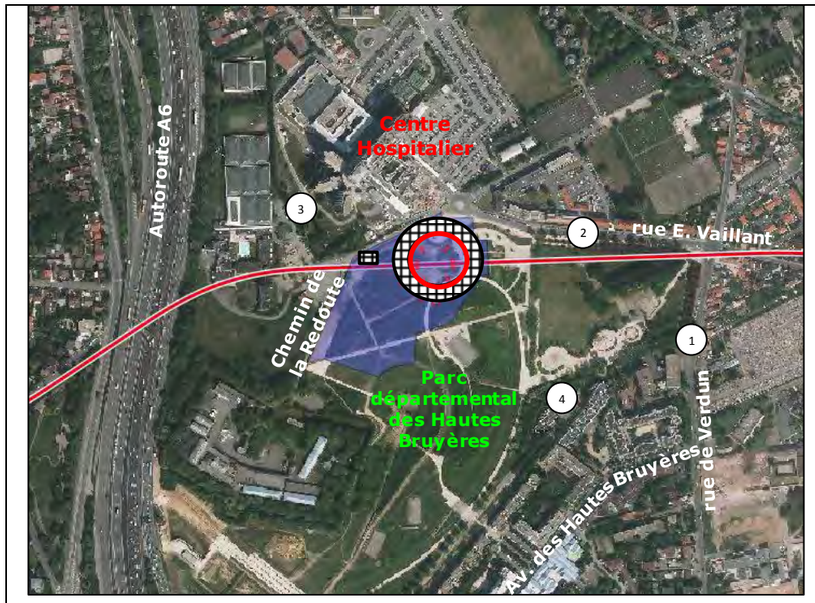
Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Villejuif Institut Gustave Roussy



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	53,8	45,0	5	3	57,1	45,0
2	52,8	50,2	5	3	56,1	50,2
3	54,6	54,8	5	3	57,9	54,8
4	45,3	43,0	5	3	48,6	43,0
5	53,0	53,7	5	3	56,3	53,7

Contexte :

La gare de Villejuif IGR est située dans le parc des Hautes Bruyères avec au Nord l'Institut Gustave Roussy. Un projet de ZAC « Campus Grand Parc » prévoit la création d'îlots de bureaux et de logements autour de la gare.

L'environnement sonore est marqué par la présence de l'autoroute A6 situé à l'ouest de la gare.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	-		Pas d'impacts indirects identifiés
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert puis en souterrain		
Gros œuvre	extrémités de la gare en souterrain		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	A6 via le Chemin de la Redoute		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive partiellement en souterrain à partir d'un grand puits central**
- **localisation des équipements techniques en tranchée au centre de l'emprise**
- **favoriser un plan de circulation des poids lourds via le Chemin de la Redoute sous l'A6**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit des équipements sera masqué par le bruit routier présent sur la zone.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation piétonne dans le parc des Hautes Bruyères et du trafic routier sur les voies existantes. Ils seront réduits grâce à une bonne gestion des flux et le développement/réaménagement des transports en commun sur la future ZAC « Campus Grand Parc ».

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Villejuif IGR, un impact cumulé peut être induit par le développement de la ZAC « Campus Grand Parc » qui prévoit la création d'îlots de bureaux et de logements autour de la gare. Ce projet est susceptible d'avoir un impact sonore et de rapprocher les riverains actuellement peu nombreux et relativement éloignés de la future gare.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Villejuif IGR			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Villejuif Louis Aragon



1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	62,8	52,2	5	3	66,1	52,2
2	60,7	48,6	5	3	64,0	48,6
3	55,0	46,0	5	3	58,3	46,0
4	57,8	46,3	5	3	61,1	46,3

Contexte :

La gare de Villejuif Louis Aragon se situe dans la rue du même nom au sud

~~La gare de Villejuif Louis Aragon se situe au sud de la RATP sur l'ensemble de l'îlot "Aragon" un projet valorisation sur~~

~~Le grand projet Un projet commercial de la RATP sur l'ensemble de l'îlot "Aragon" est également en cours d'étude.~~

Le grand projet Un projet commercial de la RATP sur l'ensemble de l'îlot "Aragon" est également en cours d'étude. Un projet valorisation sur l'ensemble de l'îlot "Aragon" est en cours d'étude.

L'environnement sonore est marqué par un trafic routier important et continu.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impacts indirects identifiés
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert puis en tranchées couvertes		
Gros œuvre	en tranchées couvertes		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via Bd Gorki		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode en tranchée couverte « couverture première »**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit des équipements sera masqué par le bruit routier marqué sur le secteur (partie Ouest).

Une augmentation de trafic sur les voies d'accès à la gare peut être induite mais l'impact sonore résultant sera limité dans la mesure où les voies d'accès sont bien adaptées et les transports en commun sont nombreux sur le secteur (M7, T7 et lignes de bus).

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare Villejuif Louis Aragon, les projets immobiliers de l'îlot "Aragon" (bureaux et logements) peuvent avoir un impact sur l'environnement sonore à travers l'augmentation de fréquentation du quartier (trafic routier et piétons). Les impacts sonores induits seront néanmoins limités dans la mesure où la zone est déjà soumise à un trafic routier important, une augmentation éventuelle de trafic engendrerait donc une augmentation du bruit limitée.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Villejuif VLA			

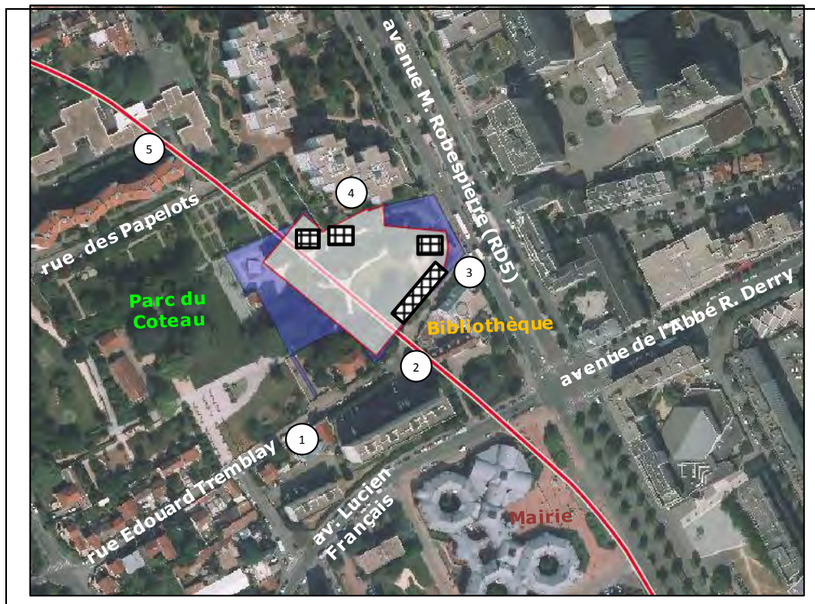
Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Vitry Centre



1 Points de mesures

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	47,4	39,7	5	3	50,7	39,7
2	46,4	38,9	5	3	49,7	38,9
3	57,0	42,8	5	3	60,3	42,8
4	43,1	39,5	5	3	46,4	39,5
5	40,6	36,6	5	3	43,9	36,6

Contexte :

La gare de Vitry Centre est implantée sous le parc du Coteau, en plein centre-ville de la commune de Vitry-sur-Seine. Elle est entourée de logements au Sud et au Nord ainsi que de bâtiments collectifs (bibliothèque, hôtel de ville et école maternelle), ce qui en fait un site contraint.

L'environnement sonore est particulièrement calme, excepté au droit de l'avenue Maximilien Robespierre, soumise au bruit routier.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impacts sonores indirects identifiés
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert, puis en tranchée couverte		
Gros œuvre	partiellement souterrain		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via la RD5		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte et partiellement souterraine**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est faible, les équipements pourraient malgré tout être légèrement perceptibles car la zone est calme avec une circulation piétonne importante.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation piétonne dans le parc du Coteau, soit une augmentation possible des bruits de voisinages. L'impact sonore lié à une augmentation potentielle de trafic est faible dans la mesure où le trafic de la RD5 est déjà important. Il sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun.

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Vitry Centre, un impact cumulé peut être induit par la mise en service du tram T9, soit une augmentation potentielle du bruit pour les riverains de la RD5.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

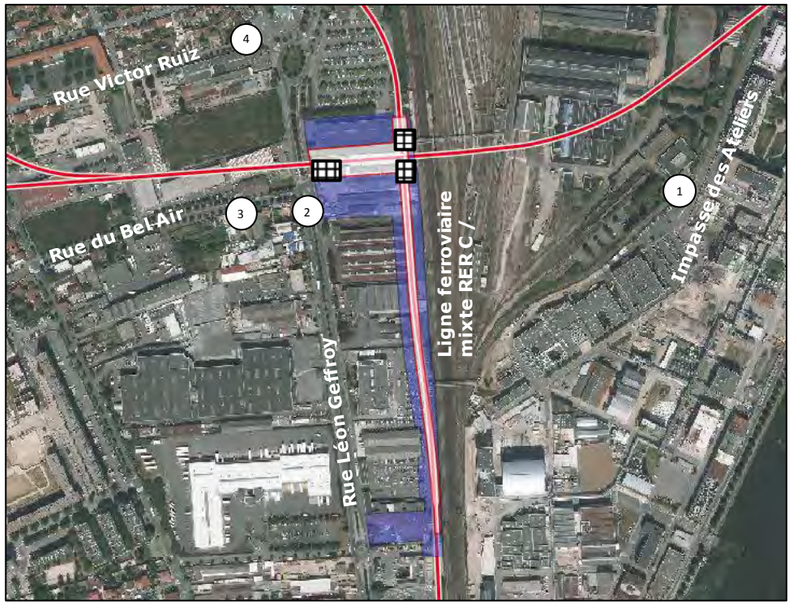
Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Vitry Centre			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Les Ardoines



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	50,0	49,8	-	-	-	-
2	57,0	45,4	5	3	60,3	45,4
3	51,1	45,2	5	3	54,4	42,2
4	53,7	42,0	5	3	57,0	42,0

Contexte :

La gare des Ardoines se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Autour, le tissu urbain est contrasté, industriel à l'Est et pavillonnaire à l'Ouest. Le projet connexe de la ZAC Gare des Ardoines se construira progressivement autour de la nouvelle gare.

La gare des Ardoines se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Autour, le tissu urbain est contrasté, industriel à l'Est et pavillonnaire à l'Ouest. Le projet connexe de la ZAC Gare des Ardoines se construira progressivement autour de la nouvelle gare.

L'environnement sonore est marqué par différentes sources ce bruit : le bruit routier et ferroviaire, ainsi que le bruit des activités industrielles du secteur.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impacts indirects identifiés
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert / souterrain à l'ouest		
Gros œuvre	à ciel ouvert / souterrain à l'ouest		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via la Rue Léon Geffroy		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **localisation de l'ouvrage dans une zone industrielle peu sensible aux nuisances sonores (pas de riverains à proximité)**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet. La grille la plus proche se situe à plus de 100 m (rue du Bel Air).

Une augmentation de trafic sur la rue Léon Geffroy est possible, mais il s'agit d'une artère industrielle peu sensible, l'impact indirect est considéré comme négligeable.

Impacts cumulés :

La gare des Ardoines se situe au centre d'un projet de régénération urbaine qui prévoit la création de nouveaux boulevards urbains et la construction d'îlots bâtis autour de la place de la gare.

Ces projets sont susceptibles d'engendrer un impact sonore significatif et de rapprocher les riverains actuellement peu nombreux et lointains de la nouvelle gare.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

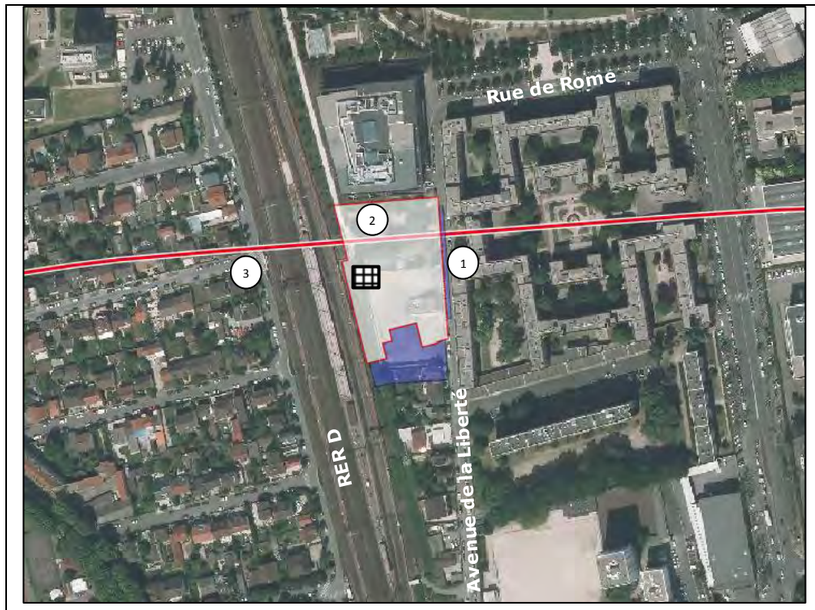
Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Les Ardoines			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Le Vert de Maisons



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	46,5	37,5	5	3	49,8	37,5
2	44,9	36,2	5	3	48,2	36,2
3	48,1	33,9	5	3	51,4	33,9

Contexte :

La future gare de Vert de Maisons se situe en limite des communes d'Alfortville à l'ouest et de Maisons Alfort à l'Est. Elle occupe le parvis de la gare RER D existante, avec laquelle elle assure une correspondance. La gare dessert un tissu urbain mixte et très constitué. Deux projets connexes d'immeubles de bureaux sont envisagés entre la future gare et les voies du RER D.

L'environnement sonore est marqué par la présence du trafic ferroviaire mais reste caractéristique d'une ambiance sonore modérée.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Perturbation du trafic routier de l'avenue de la Liberté
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via l'avenue de la Liberté		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **mise en œuvre d'une méthode constructive en partie souterraine**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est faible dans la mesure où la zone est calme et le bruit des équipements pourrait être légèrement perceptible par les piétons et les riverains.

Des impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle du trafic routier sur l'avenue de la Liberté ainsi qu'une augmentation de la fréquentation piétonne sur le parvis de la gare, soit des impacts faibles à modérés. Néanmoins l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun et des modes de transport actif.

Impacts cumulés :

Des projets d'immeubles de bureaux situés au-dessus et au Sud de la gare de Vert de Maisons sont en cours d'études.
Ces projets sont susceptibles d'avoir un léger impact sonore en influençant la fréquentation de la zone, soit une élévation potentielle du bruit routier et des bruits de voisinage.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

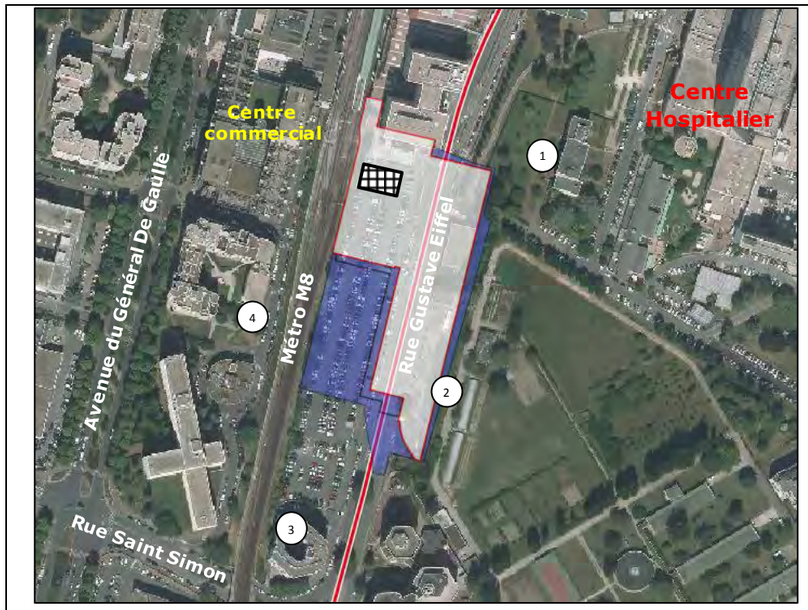
Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Le Vert de Maisons			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Créteil l'Echât



1 Point de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	49,8	44,5	5	3	53,1	44,5
2	50,7	41,5	5	3	54,0	41,5
3	45,5	40,3	5	3	48,8	40,3
4	45,5	40,7	5	3	48,8	40,7

Contexte :

La gare de Créteil l'Echât est implantée sur un terrain nu entre les rues Gustave Eiffel et l'avenue du Général de Gaulle. La composition urbaine autour du terrain est guidée par l'implantation du métro aérien de la ligne 8. Un programme mixte composé de résidences étudiantes, de bureaux et de logements sont identifiés sur le secteur.

L'environnement sonore est marqué par la présence de la ligne 8 du métro, circulant à ciel ouvert.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impacts indirects identifiés
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	-		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **le chantier est localisé relativement loin de l'hôpital et des habitations**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. Par ailleurs, les grilles sont localisées en toiture, ce qui permet de réduire le bruit généré par les systèmes de ventilation. Le trafic routier masquera le bruit généré par le projet. L'impact sonore résultant sera donc négligeable.

Des impacts sonores indirects peuvent être induits par la création d'une nouvelle voie d'accès au métro 8 et une augmentation potentielle du trafic routier sur la rue Gustave Eiffel. Cet impact sera limité grâce à une bonne gestion des flux et un réaménagement des transports en commun, soit un impact résultant faible sur l'environnement sonore.

Impacts cumulés :

Dans le cadre de la gare de Créteil l'Echât, un impact cumulé peut être induit par l'implantation d'un programme mixte accolé au projet, composé de résidences étudiantes, de bureaux et de logements. Un nouveau projet immobilier de l'Echât, situé de l'autre côté de la rue Gustave Eiffel est également identifié.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Créteil l'Echât			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Saint-Maur Créteil



1 Points de référence

Ligne 15 Sud

Gare

Emprise chantier

Localisation des principales zones de ventilation

0 50 m

N E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	52,7	36,0	5	3	56,0	36,0
2	60,6	45,0	5	3	63,9	45,0
3	52,7	39,3	5	3	56,0	39,3
4	53,5	37,5	5	3	56,8	37,5
5	58,2	42,7	5	3	61,5	42,7

Contexte :

La gare de Saint-Maur Créteil est implantée dans un secteur dense et contraint, en plein centre-ville de la commune de Saint-Maur-des-Faussés. Le secteur d'implantation de la gare est proche de logements. De nouveaux logements sont envisagés de part et d'autre de la gare.

L'environnement sonore est marqué par le bruit routier, qui reste prépondérant sur le secteur.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Des impacts sonores indirects positifs sont identifiés, liés à la fermeture de la rue Bobillot au trafic et la suppression du marché sur le parvis, soit une diminution du bruit ambiant pour les riverains de la rue Bobillot
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert en tranchée (Niv -2)		
Gros œuvre	partiellement souterrain		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via la rue Desgenette		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus loin possibles des bâtiments**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation de la circulation piétonne sur le parvis de Saint-Maur. L'impact sonore lié à une augmentation potentielle de trafic routier n'est pas négligeable au niveau des rues entourant le parvis, celles-ci étant à sens unique.

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare Saint-Maur Créteil, un impact cumulé peut être induit par la construction de nouveaux immeubles mixtes de logements/commerces de part et d'autre de la gare, soit une augmentation potentielle des bruits de voisinages (dont équipements techniques nécessaires aux commerces) et le renforcement des enjeux en matière de bruit.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Saint-Maur Créteil			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Champigny Centre



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	54,4	41,6	5	3	57,7	41,6
2	50,9	33,1	5	3	54,2	33,1
3	48,5	35,6	5	3	51,8	35,6
4	54,0	38,1	5	3	57,3	38,1
5	44,4	37,6	5	3	47,7	37,6

Contexte :

La gare 10CHC se situe avenue Roger Salengro à Champigny sur Marne sur un terrain jusqu'alors dédié aux services techniques de la ville. Le projet de la gare comprend aussi la construction d'une tour de logements étudiants ainsi que des commerces sur le Parvis. Deux autres projets immobiliers sont connexes au sites.

La gare de Champigny Centre se situe au niveau de l'avenue Roger Salengro à Champigny sur Marne, sur un terrain jusqu'alors dédié aux services techniques de la ville. Le projet de gare s'accompagne de deux projets connexes : une tour de logements posée à l'intersection de l'avenue Salengro et du pont-rail et une résidence étudiante de 4 étages superposée en bordure Nord.

L'environnement sonore du secteur est marqué par le bruit du trafic routier.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impact indirect identifié
Terrassement - Fondation	ciel ouvert puis en tranchée couverte		
Gros œuvre	en tranchée couverte		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via av. Salengro (D4)		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **choix d'une méthode constructive en tranchée couverte "couverture première"**
- **favoriser la circulation des poids lourds via la RD4**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont caractérisés par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes ainsi qu'une augmentation de la fréquentation piétonne sur le Parvis, soit des impacts faibles sur l'environnement sonore dans la mesure où la RD4 est un axe majeur et qu'une légère augmentation de son trafic n'induira qu'une élévation négligeable à faible du niveau sonore.

Impacts cumulés :

Outre la construction d'une tour et de logements d'étudiants au-dessus de la gare (projets connexes en cours d'étude), deux autres projets sont identifiés à ce stade : un projet de construction de logements rue du Cimetière et le projet de l'Eglise réformée, située de l'autre côté de la voie ferrée et qui comprend un nouveau temple ainsi que des logements. Ces projets sont susceptibles d'induire un impact sur l'environnement sonore à travers l'augmentation de fréquentation du quartier et le rapprochement des futurs riverains de la gare.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Champigny Centre			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Bry Villiers Champigny



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	43,7	37,3	5	3	47,0	37,3
2	44,9	39,3	5	3	48,2	39,3
3	42,9	37,0	5	3	46,2	37,0
4	39,5	31,1	5	3	42,8	31,1

Contexte :

La gare de Bry Villiers Champigny est implantée en limite de zone d'activité économique, sur un terrain vague situé au sud de l'A4 et à l'Ouest du viaduc de la RD10. La gare s'inscrit dans un grand projet de réaménagement du secteur avec la création de la ZAC « Simonettes Nord », du futur quartier « Marne-Europe » et du site de maintenance et de remisage (SMR) de Champigny.

Un projet connexe de nouveaux logements est envisagé au-dessus de la gare ainsi qu'une correspondance avec le RER E.

L'environnement sonore est marqué par le bruit ferroviaire (RER E) et routier (RD10).

.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impact indirect identifié
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	Via la RD10 puis l'A4 / voie ferroviaire (étude)		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**
- **mise en œuvre d'une logistique d'évacuation partielle des déblais par voie ferroviaire en cours d'étude**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont caractérisés par la création d'une nouvelle voie d'accès à la gare et une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact significatif sur l'environnement actuellement peu impacté par le trafic routier.

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Bry-Villiers Champigny, un impact cumulé peut être induit par l'élargissement des voies ferrées au sud des voies existantes avec une élévation du bruit ferroviaire pour les riverains situés au Sud de la gare. Les projets liés à l'urbanisation de la zone, dont un programme mixte de projets connexes (bureaux, résidence étudiante, espaces commerciaux) prévus au-dessus de la gare, sont amenés à renforcer les enjeux en matière de bruit.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Bry-Villiers-Champigny			

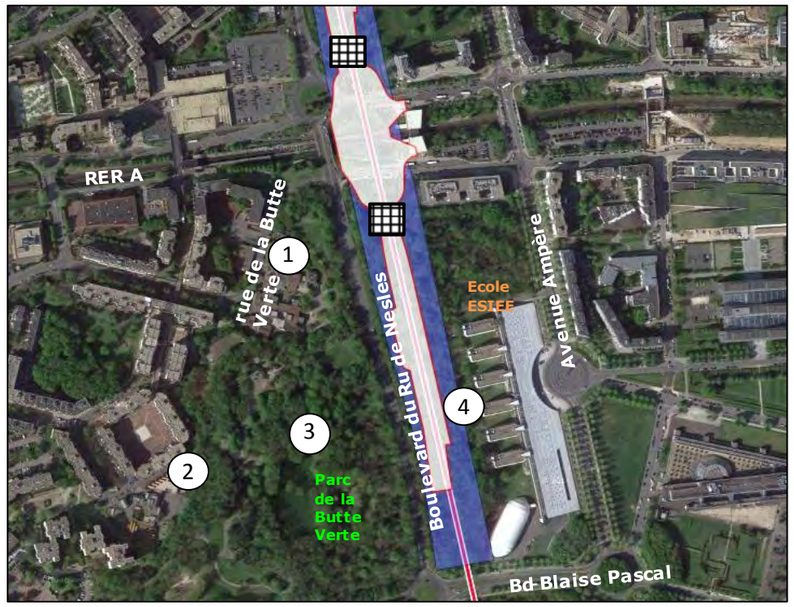
Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

L15 SUD

Gare Noisy-Champs (partie Sud)



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	49,8	43,8	5	3	53,1	43,8
2	40,5	41,4	5	3	43,8	41,4
3	49,1	48,4	5	3	52,4	48,4
4	51,7	49,7	5	3	55,0	49,7

Contexte :

La gare de Noisy-Champs est située entre les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne. Située au croisement de la ligne du RER A et du boulevard du Ru de Nesle, la nouvelle gare accueillera les terminus de trois nouvelles lignes de métro (L15, L16 et L11). Les projets urbains de l'EPAMARNE et de la Cité Descartes s'articuleront autour de la future gare.

L'environnement sonore, relativement calme, est marqué par le bruit de l'A4 situé au Sud du secteur. L'absence de riverains à proximité du secteur, en fait un site peu sensible au bruit.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	-		Déviation du trafic sur le pont routier au-dessus des voies ferrées + arrêts ponctuels du RER A, soit des impacts sonores temporaires positifs liés à une diminution du bruit routier et ferroviaire
Terrassement - Fondation	ciel ouvert/tranchée couverte		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	Via Bd. Du Ru de Nesles (N370)		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **favoriser la circulation des poids lourds via la N370**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet. La grille la plus proche se situe à plus de 50m des riverains.

Les impacts sonores peuvent être induits par une augmentation potentielle de la circulation routière des boulevards et à une fréquentation accrue de la zone. Néanmoins l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun (correspondance M11, RER A, lignes de bus etc.).

Impacts cumulés :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Noisy-Champs, un impact cumulé peut être induit par la connexion des voies ferrées existantes du RER A ainsi qu'aux futures lignes de métro L11 et L16, avec une augmentation de la fréquentation du quartier où un fort développement urbain est par ailleurs attendu (cluster Descartes : projet scientifique, urbain et économique, un quartier "zéro carbone").

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Noisy-Champs			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

Gare Noisy-Champs (partie Nord)



1 Point de référence

Gare

Localisation des principales zones de ventilation

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	44,9	40,4	5	3	48,2	40,4
2	45,5	41,0	5	3	48,8	41,0
3	55,3	49,6	5	3	58,6	49,6
4	49,3	45,5	5	3	52,6	45,5

Contexte :

La gare de Noisy-Champs est située entre les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne. Située au croisement de la ligne du RER A et du boulevard du Ru de Nesle, la nouvelle gare accueillera les terminus de trois nouvelles lignes de métro (L15, L16 et L11). Les projets urbains de l'EPAMARNE et de la Cité Descartes s'articuleront autour de la future gare.

L'environnement sonore est fortement marqué par le bruit des 2 boulevards et le bruit lointain de l'A4 situé au Sud du secteur.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	-		Déviation du trafic sur le pont routier au-dessus des voies ferrées + arrêts ponctuels du RER A, soit des impacts sonores temporaires positifs liés à une diminution du bruit routier et ferroviaire
Terrassement - Fondation	ciel ouvert/tranchée couverte		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	Via Bd. Du Ru de Nesles (N370)		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **favoriser la localisation des équipements de chantier bruyants le plus éloigné possible des habitations**
- **favoriser la circulation des poids lourds via la N370**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts sonores seront principalement engendrés par le bruit des équipements techniques de la gare. Les impacts seront réduits par la mise en place de locaux techniques insonorisés. Les systèmes de ventilation de la gare et des locaux techniques seront équipés de silencieux adaptés. L'impact sonore résultant est négligeable dans la mesure où le bruit routier masquera le bruit généré par le projet. La grille la plus proche se situe à plus de 50m des riverains.

Les impacts sonores indirects induits par le projet sont liés à une augmentation potentielle de la circulation routière des boulevards et à une fréquentation accrue de la zone. Néanmoins l'impact sonore sera limité grâce à une bonne gestion des flux et le développement des transports en commun (correspondance M11, RER A, lignes de bus etc.).

Impacts cumulés avec les projets connexes et projets limitrophes :

Dans le cadre de l'aménagement de la gare de Noisy-Champs, un impact cumulé peut être induit par la connexion des voies ferrées existantes du RER A ainsi qu'aux futures lignes de métro L11 et L16, avec une augmentation de la fréquentation du quartier où un fort développement urbain est par ailleurs prévu (cluster Descartes : projet scientifique, urbain et économique, un quartier "zéro carbone").

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
Gare Noisy-Champs			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des grilles de ventilation** (objectif de dimensionnement : émergences limites définies dans le cadre du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage)

SMR de Champigny



1 Point de référence

Ligne 15 Sud

SMR de Champigny

Emprise chantier

0 50 m

N O E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit particuliers en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	53,4	34,0	5	4	56,7	35,8
2	43,6	33,9	6	4	48,3	35,7
3	51,3	36,5	5	4	54,6	38,3
4	40,7	37,8	6	4	45,4	39,6
5	53,4	37,4	5	4	56,7	39,2
6	49,9	39,7	5	4	53,2	41,5

Contexte et enjeux :

Le SMR/PCC de Champigny est situé sur la commune de Champigny-sur-Marne, entre la rue de Bernaü et la rue Benoît Frachon prolongée. Il permettra l'entretien et la maintenance des trains et regroupera aussi le poste de commandement de la ligne. Il est prévu ultérieurement la construction d'immeubles d'habitations de chaque côté du site.

L'environnement sonore est marqué par le bruit routier et les bruits des activités industrielles.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impact indirect identifié
Terrassement - Fondation	à ciel ouvert		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	via la D10		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **site industriel éloigné des habitations**
- **localisation des équipements techniques côté industries (côté ouest rue Ambroise Croizat)**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**
- **mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances**
- **engagement dans une démarche de certification HQE**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts induits par le fonctionnement du SMR peuvent être générés par le bruit des équipements techniques et des ateliers de maintenance. Les locaux techniques seront, dans la mesure du possible, traités en absorption acoustique par la mise en œuvre de matériaux absorbants et les systèmes de ventilation seront traités à l'aide de silencieux acoustiques. Le bruit des ateliers de maintenance sera confiné dans l'enveloppe du bâtiment, avec un objectif d'isolement de façade de la zone d'atelier ≥30 dB, de manière à maintenir le bruit ambiant actuel en période diurne. Un traitement absorbant dans les halles de maintenance sera réalisé pour limiter l'amplification du bruit par réverbération. Ce traitement a été étudié afin de réduire l'émission de bruit par les ouvrants des sheds en cas de ventilation naturelle. L'impact sonore résultant est donc négligeable.

Les impacts sonores indirects induits par le projet peuvent être générés par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact faible dans la mesure où les voiries sont déjà fortement empruntées.

Impacts cumulés avec les projets connexes et projets limitrophes :

Dans le cadre du SMR de Champigny, un impact cumulé potentiel peut être induit le par développement du quartier, avec des projets de construction d'immeubles d'habitations de part et d'autre du site, soit une augmentation de fréquentation du quartier à la fois piétonne et routière. L'impact cumulé restera faible en raison du bruit routier prégnant sur la zone.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

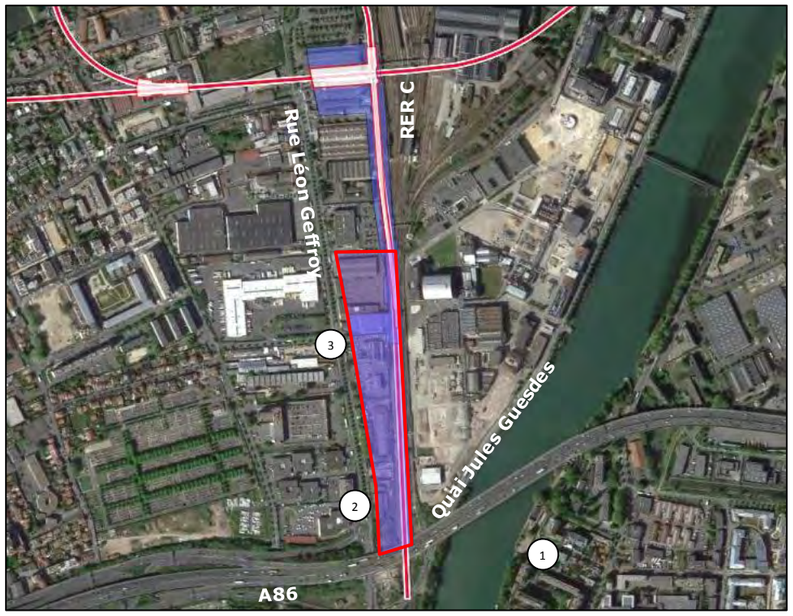
Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
SMR de Champigny			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **engagement dans une démarche de certification HQE**
- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation**
- **locaux techniques insonorisés**
- **traitement absorbant dans les halles de maintenances**

SMI de Vitry



1 Point de référence

SMI de Vitry

Ligne 15 Sud

Emprise chantier

0 100 m

N E S

Définition des objectifs de niveaux de bruit en dB(A) :

Réf.	Niveau mesuré LA90		Emergence limite		Bruit particulier	
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit
1	53,9	45,1	5	3	57,2	45,1
2	59,1	55,9	5	3	57,2	55,9
3	57,5	54,5	5	3	60,8	54,5

Contexte et enjeux :

Le SMI de Vitry est situé sur la commune de Vitry-sur-Seine, localisé sur une zone industrielle, à proximité du RER C.

L'environnement sonore est marqué par le bruit ferroviaire et le bruit routier en provenance de la rue Léon Geoffroy et de l'A86. Le caractère industriel de la zone, en fait un secteur peu sensible au bruit.

Impacts directs et indirects en phase chantier :

Phase de travaux	Méthode constructive	Niveau d'impact direct	Impacts indirects
Démolition	oui		Pas d'impact indirect identifié
Terrassement - Fondation	tranchée couverte/ à ciel ouvert		
Gros œuvre	à ciel ouvert		
Second œuvre	en bâtiment		
Charroi chantier	rue L. Geffroy		

Mesures en phase chantier :

Mesures d'évitement :

- **site industriel éloigné des habitations**
- **localisation des équipements techniques côté industries**
- **choix de mode constructif en tranchée couverte**

Mesures de réduction/suivi :

- **mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet**
- **mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances**
- **engagement dans une démarche de certification HQE**

Impacts directs et indirects en phase exploitation :

Les impacts liés au fonctionnement du SMI peuvent être engendrés par : le bruit des équipements techniques et des ateliers de maintenance ainsi que le bruit lié au faisceau ferroviaire avec des manœuvres de trains pour constituer les convois et les entrées/sorties des trains de maintenance en provenance/vers la ligne. Le bruit des installations techniques sera réduit car celles-ci sont placées en locaux techniques insonorisés et les gaines /grilles de ventilation sont traitées à l'aide de silencieux acoustiques. Le bruit dans les ateliers sera quant à lui atténué grâce à des compositions de parois présentant une bonne absorption mais aussi un haut degré d'isolation au bruit.

Les impacts sonores indirects peuvent être induits par une augmentation potentielle du trafic routier sur les voies existantes, soit un impact négligeable car les voiries sont déjà fortement empruntées et la zone est industrielle.

Impacts cumulés avec les projets connexes et projets limitrophes :

Dans le cas du SMI de Vitry, l'impact cumulé potentiel est lié au projet de régénération urbaine prévoyant la création de nouveaux boulevard urbains et la construction d'ilots d'habitations et de bureaux. Ces projets sont susceptibles d'augmenter les impacts sonores du projet car les riverains seront plus nombreux et rapprochés du SMI. Cependant l'impact cumulé restera faible en raison du bruit routier qui est important sur la zone et qui masquera en partie le bruit généré par le SMI.

Synthèse des impacts en phase exploitation :

Ouvrage	Niveau d'impact		
	direct	indirect	cumulé
SMI de Vitry			

Mesures en phase exploitation :

Mesures d'évitement / de réduction :

- **engagement dans une démarche de certification HQE**
- **mise en œuvre de silencieux acoustiques au niveau des systèmes de ventilation**
- **locaux techniques insonorisés**

1.23.12 Impacts et mesures spécifiques à l'échelle des ouvrages annexes

1.23.12.1 Impacts et mesures liés à la construction des ouvrages annexes

Dans le cadre des chantiers relatifs à la construction des ouvrages annexes, la typologie d'impacts attendus est présentée dans le chapitre relatif à la construction des ouvrages émergents. Le niveau d'impact est caractérisé à travers l'analyse de l'environnement sonore préexistant et de la sensibilité du site vis-à-vis des nuisances sonores (présence de riverains à proximité, de bâtiments sensibles).

Les nuisances sonores attendues dans le cadre de la construction des ouvrages annexes sont plus modérés que celles liées à la construction des gares ou des sites de maintenance : en effet, les bases chantier sont plus réduites et la durée de chantier plus limitée (hors puits d'entrée de tunnelier).

Les mesures générales mises en œuvre sur les chantiers du projet doivent permettre de limiter de manière significative les nuisances sonores induites lors de la construction de ces ouvrages. Une attention particulière est apportée à la communication menée auprès des riverains relative aux nuisances chantier.

1.23.12.2 Impacts et mesures liés au fonctionnement des ouvrages annexes

En phase exploitation, les impacts relatifs au fonctionnement des ouvrages annexes sont liés principalement au fonctionnement des systèmes de ventilation susceptibles de générés du bruit dans l'environnement au niveau des grilles de ventilation présentes en surface.

Afin de limiter ces nuisances potentielles, des silencieux acoustiques seront mis en œuvre au niveau des systèmes de ventilation. La réduction de niveaux de bruit associée dépend directement du niveau de performance des équipements mis en place. Le dimensionnement de ces dispositifs sera ainsi réalisé sur la base des objectifs de niveaux sonores calculé par application des émergences limites du décret relatif à la lutte contre les bruits de voisinage selon la méthodologie présentée précédemment. Ces objectifs de niveaux de bruit à 1m des grilles de ventilation sont présentés dans le tableau suivant.

Secteur d'aménagement	Niveau d'enjeu	Phase chantier		Phase exploitation	
		Impacts sonores	Mesures	Objectifs de niveau sonore maximal[26]	Impacts sonores
OA 2301P – Ile de Monsieur	Faible à modéré	Modéré	Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet	jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 2203P – ZAC SAEM	Modéré	Fort		jour : 53,7 dB(A) nuit : 50 dB(A)	Pas d'impact
OA 2201P – Place de la Résistance	Faible	Modéré		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 2101P – Parc Henri Barbusse	Modéré	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 55,9 dB(A)	Négligeable
OA 2002P – Square Malleret Joinville	Faible à modéré	Fort	Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet	jour : 65 dB(A) nuit : 50 dB(A)	Négligeable
OA 2001P – Fort de Vanves	Modéré à fort	Fort		jour : 61,4 dB(A) nuit : 49,9 dB(A)	Faible
OA 1902P – Cimetière Parisien	Faible à modéré	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Faible
OA 1901P – Pierre Plate	Modéré	Fort		jour : 63,3 dB(A) nuit : 50,3 dB(A)	Faible
OA 1801P – Parc Robespierre	Fort	Fort		jour : 56 dB(A) nuit : 50 dB(A)	Faible
OA 1702P – Square du G^{ral} de Gaulle	Modéré	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 1701P – Jardin Panoramique	Modéré	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Faible
OA 1601P – rue Jules Joffrin	Faible à modéré	Fort		jour : 58,1 dB(A) nuit : 50 dB(A)	Faible
OA 1501P – rue du Génie	Fort	Fort		jour : 53,3 dB(A) nuit : 47,7 dB(A)	Faible
OA 1404P – rue Gabriel Péri	Faible	Fort		jour : 55,5 dB(A) nuit : 51,9 dB(A)	Faible
OA 1402P – rue L.Marchandise	Fort	Fort		jour : 63,4 dB(A) nuit : 50,9 dB(A)	Faible
OA 1401P – CTM Vitry/rue Bel Air	Faible	Modéré		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 1302P – Friche Arrighi	Faible	Faible		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 1301P – rue de Rome	Fort	Fort		jour : 57,9 dB(A) nuit : 45,1 dB(A)	Faible
OA 1201P – Université de Créteil	Fort	Fort		jour : 61,2 dB(A) nuit : 50,2 dB(A)	Faible
OA 1103P – Stade F.Desmont	Faible à modéré	Modéré		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 1102P – avenue Ceinture	Fort	Fort		jour : 51,5 dB(A) nuit : 37,7 dB(A)	Faible
OA 1101P – rue du Port	Fort	Fort		jour : 54 dB(A) nuit : 44,2 dB(A)	Faible
OA 1003P – Impasse de l'Abbaye	Fort	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 58,8 dB(A)	Pas d'impact

[26] *Objectifs de niveaux sonores à 1m des grilles de ventilation*

Secteur d'aménagement	Niveau d'enjeu	Phase chantier		Phase exploitation	
		Impacts sonores	Mesures	Objectifs de niveau sonore maximal[26]	Impacts sonores
OA 1002P – av Charles Floquet	Fort	Fort	Mise en œuvre des mesures générales retenues pour les chantiers du projet	jour : 56,4 dB(A) nuit : 46,7 dB(A)	Faible
OA 1001P – av Roger Salengro	Modéré	Modéré		jour : 65 dB(A) nuit : 48,8 dB(A)	Pas d'impact
OA 0902P – RP du Colonel Grancey	Modéré	Modéré		jour : 65 dB(A) nuit : 57,7 dB(A)	Pas d'impact
OA 0901P – Clos du Pré de l'Etang	Fort	Fort		jour : 57,2 dB(A) nuit : 44,4 dB(A)	Faible
OA 0811P – av M.Thorez	Fort	Fort		jour : 54 dB(A) nuit : 50,9 dB(A)	Faible
OA 0810P – rue du Général Leclerc	Fort	Fort		jour : 63,7 dB(A) nuit : 43,6 dB(A)	Faible
OA 0808P – av Henri Dunant	Fort	Fort		jour : 54,1 dB(A) nuit : 39,8 dB(A)	Faible
OA 0807P – Sentier des Marins (grille nord)	Fort	Fort		jour : 55,2 dB(A) nuit : 41,6 dB(A)	Faible
OA 0807P – Sentier des Marins (grille sud)	Fort	Fort		jour : 58 dB(A) nuit : 43,7 dB(A)	Faible
OA 0806P – rue Mozart	Fort	Fort		jour : 57,2 dB(A) nuit : 38,8 dB(A)	Faible
OA 0805P – av Médéric	Fort	Fort		jour : 63,9 dB(A) nuit : 42,9 dB(A)	Faible
OA 0804P – Place des Yvris	Modéré à fort	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 52,7 dB(A)	Faible
OA 0803P – rue du Ballon	Fort	Fort		jour : 63,5 dB(A) nuit : 51,1 dB(A)	Faible
OA 0802P – Bd de Champy Nesle	Modéré	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact
OA 0801P – Bd de Champy Nesle	Modéré	Fort		jour : 65 dB(A) nuit : 60 dB(A)	Pas d'impact

1.23.13 Synthèse des impacts et mesures associées relative à l'environnement sonore

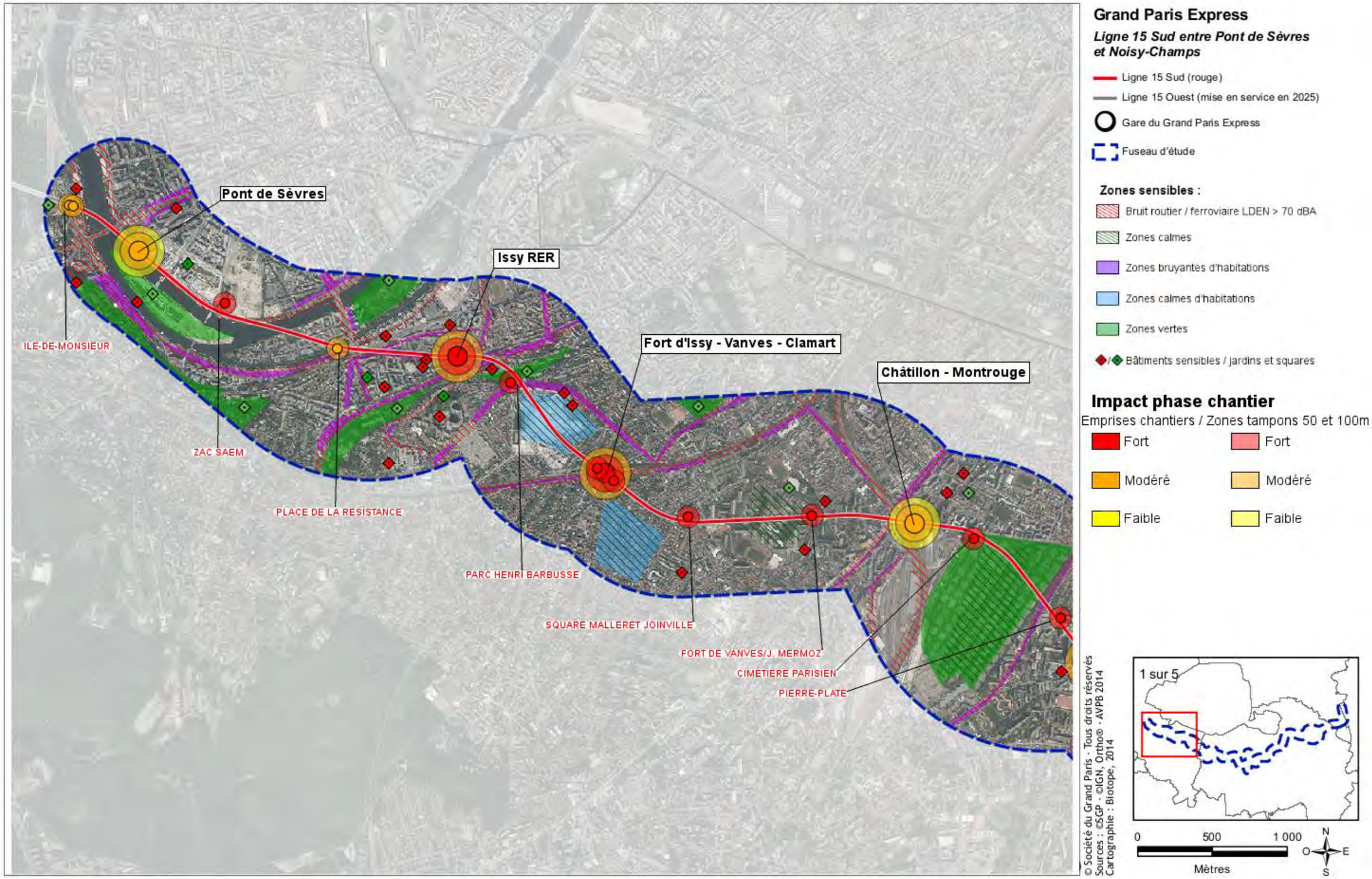
La Ligne 15 Sud s'inscrit dans un environnement urbain dense, particulièrement exposé au bruit routier et ferroviaire, mais qui présente en contrepartie une sensibilité particulière liée à une densité de population relativement forte à proximité des secteurs d'aménagement des ouvrages.

En phase chantier, le creusement du tunnel, réalisé quasi-exclusivement en souterrain par tunnelier, ne présente pas d'impact significatif sur l'environnement sonore. Les impacts restent ainsi ponctuels, localisés au niveau des bases chantiers relatives à la réalisation des ouvrages émergents et des puits d'entrée de tunnelier. Le fonctionnement de ces bases chantier présente des impacts significatifs sur l'environnement sonore de proximité ; ces impacts sont néanmoins provisoires et les dispositions mises en œuvre sur les chantiers du projet ont pour objectif de limiter au maximum les nuisances pour les riverains.

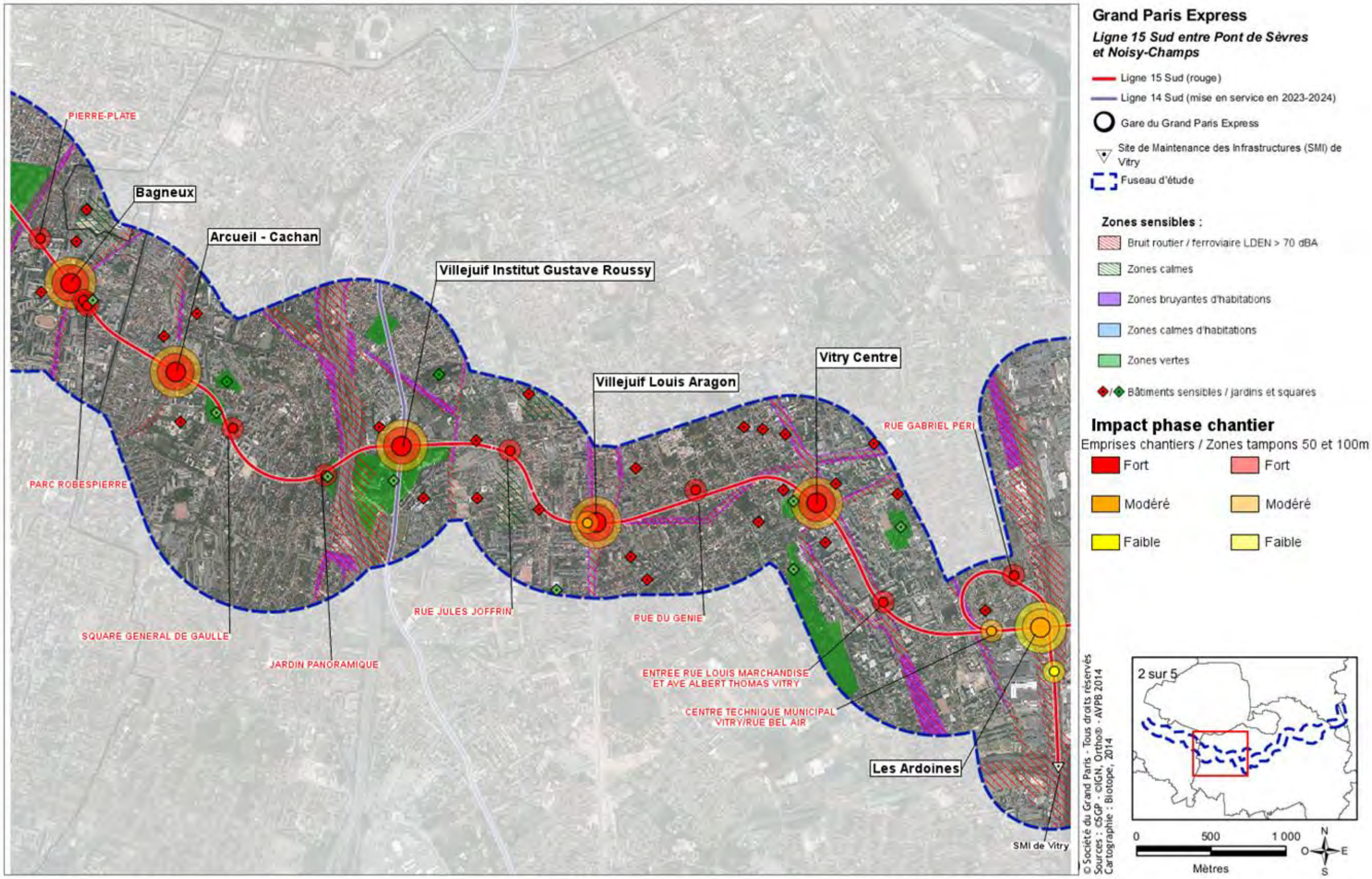
En phase exploitation, les systèmes de ventilations présents au niveau des ouvrages peuvent être à l'origine de l'émission d'un bruit en surface, localisé au droit des grilles de ventilation. Le projet intègre la mise en place de silencieux acoustiques de manière à viser des objectifs de niveaux sonores respectant les émergences limites définies dans le décret du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage.

Les cartes établies en pages suivantes présentent une synthèse des impacts caractérisés à l'échelle de la Ligne 15 Sud pour les différentes phases du projet (phase chantier et phase exploitation).

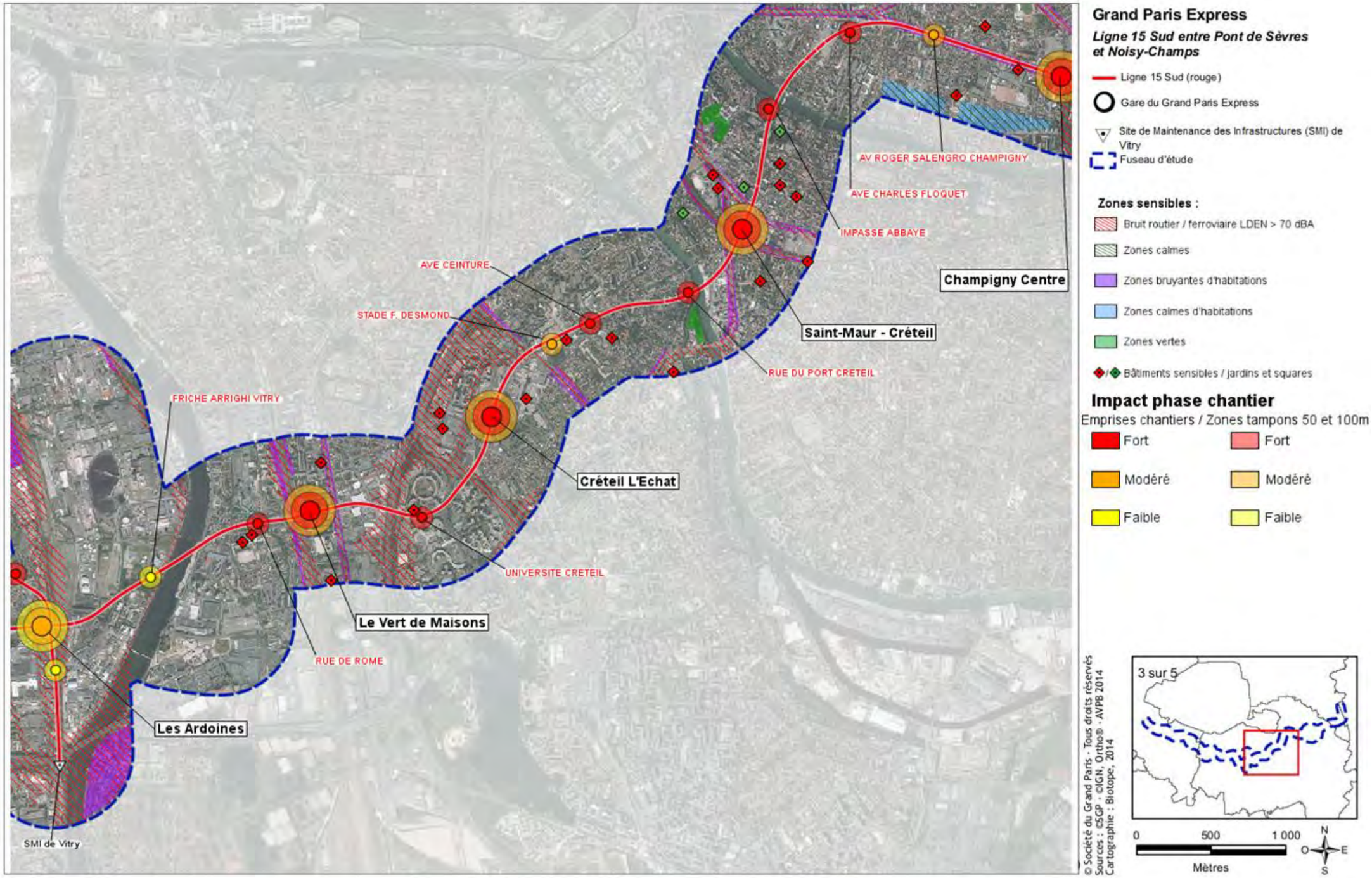
Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Pont de Sèvres – Châtillon-Montrouge



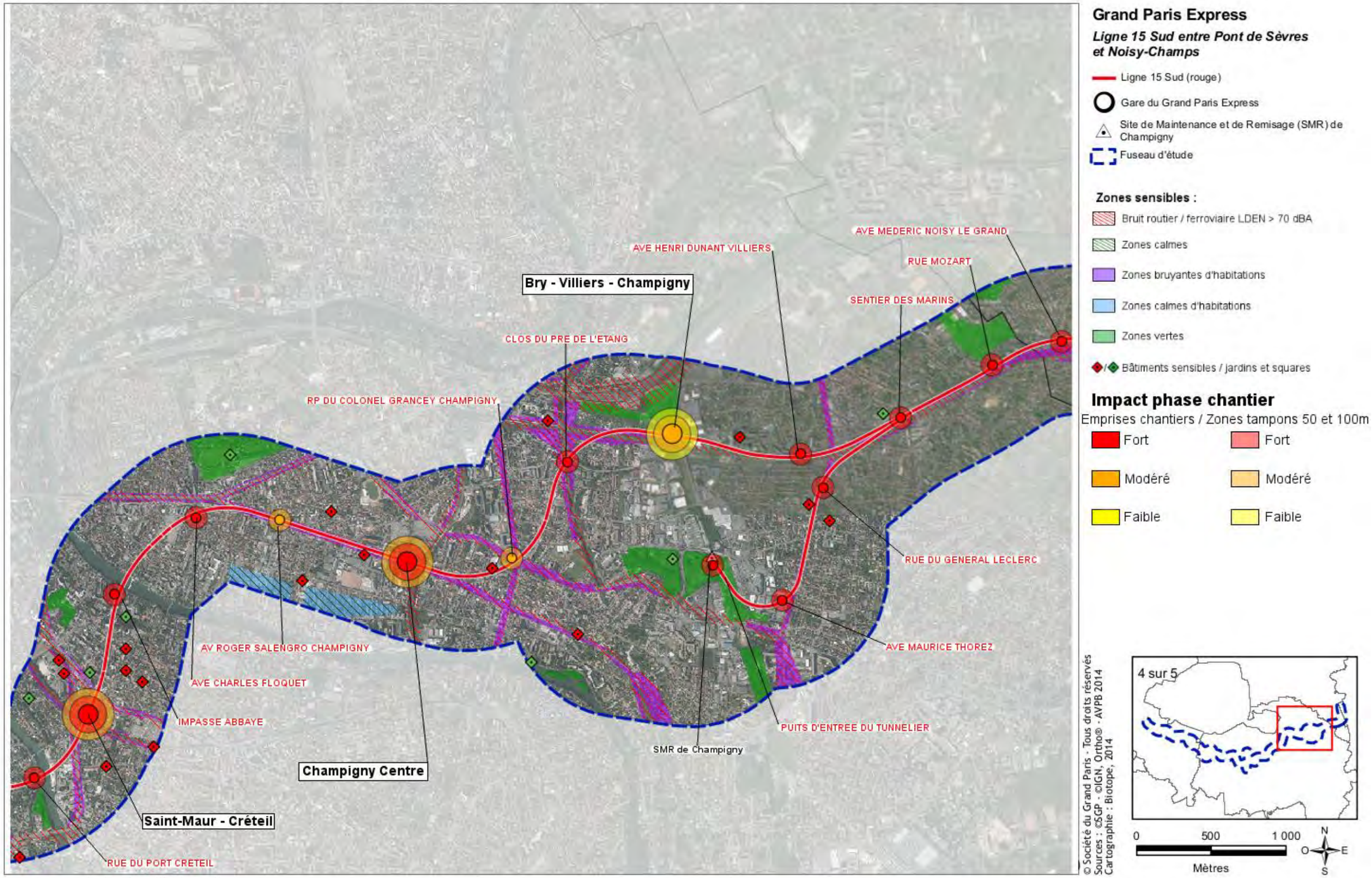
Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Bagneux – Les Ardoines



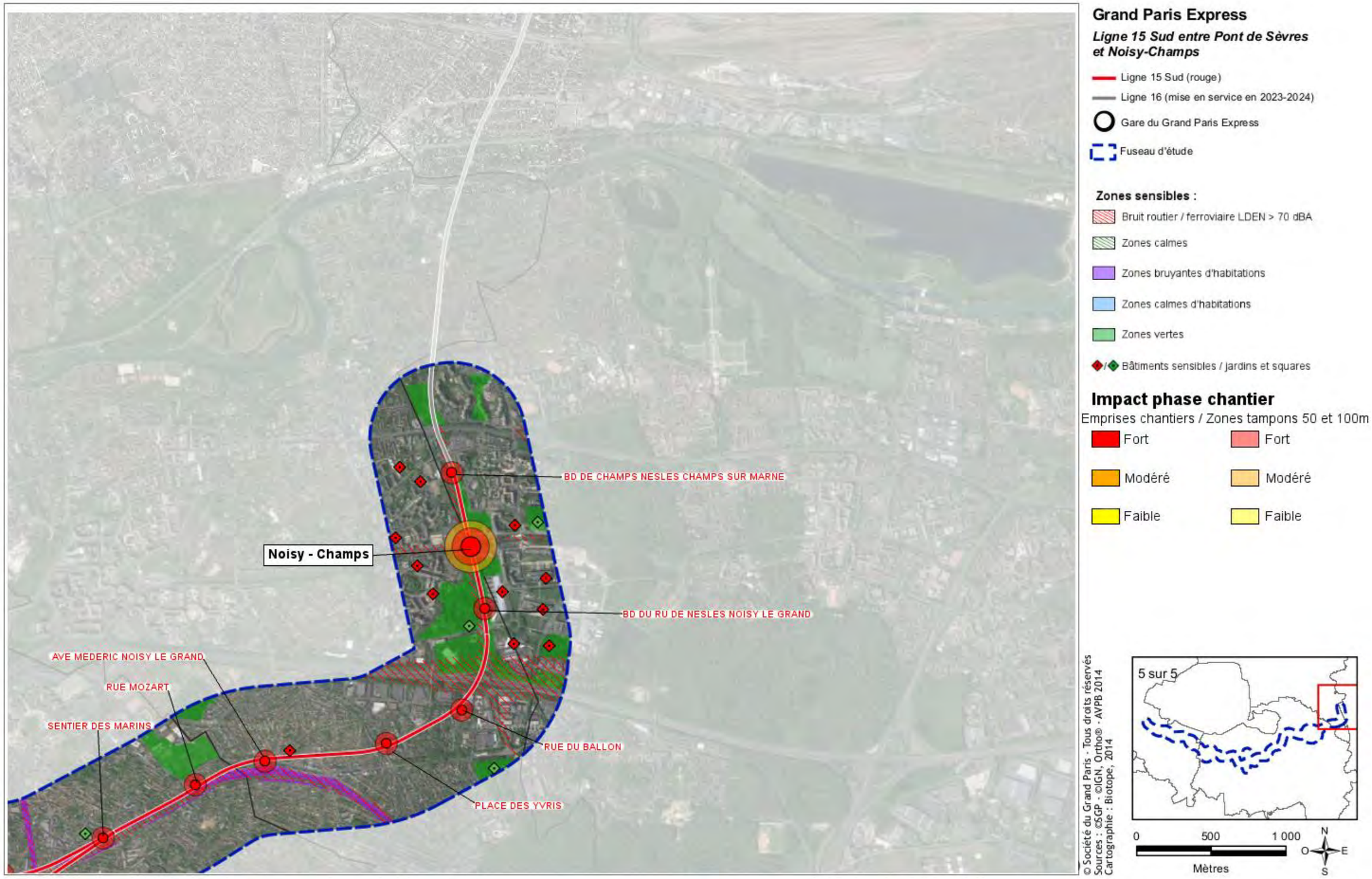
Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Les Ardoines – Champigny Centre



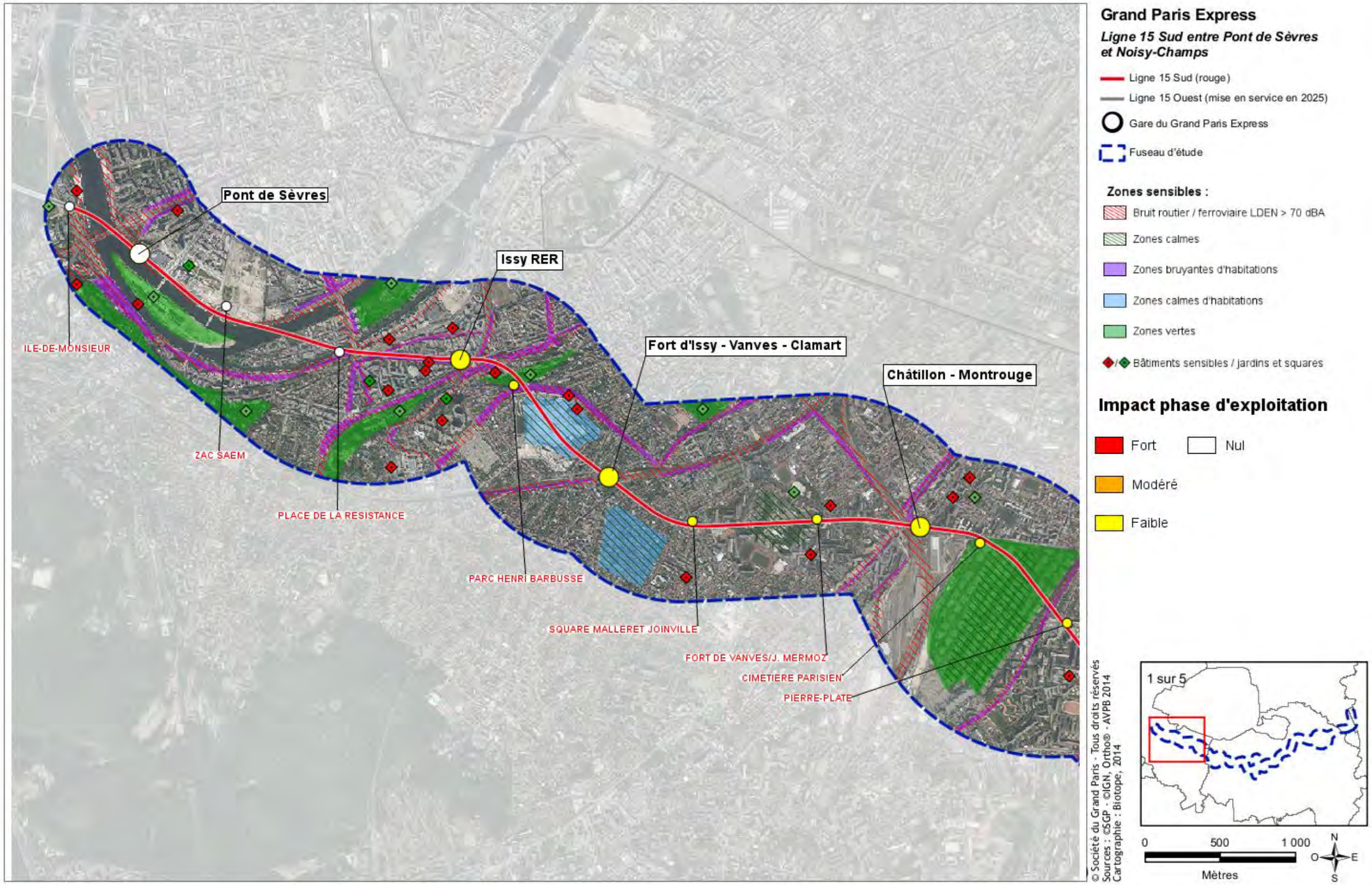
Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Saint-Maur-Créteil – Bry-Villiers-Champigny



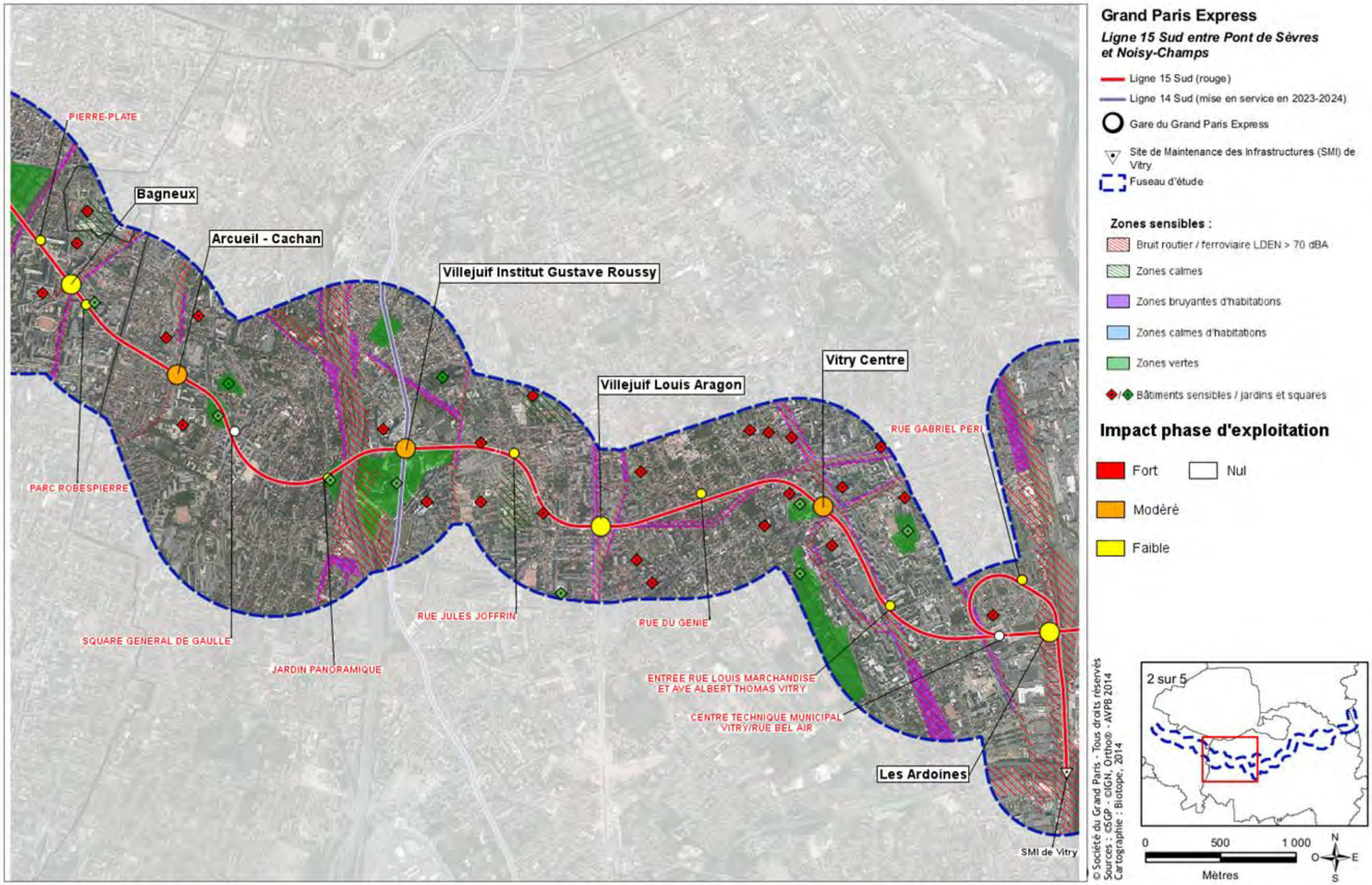
Synthèse des impacts sonores en phase chantier – Ligne 15 Sud – secteur Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs



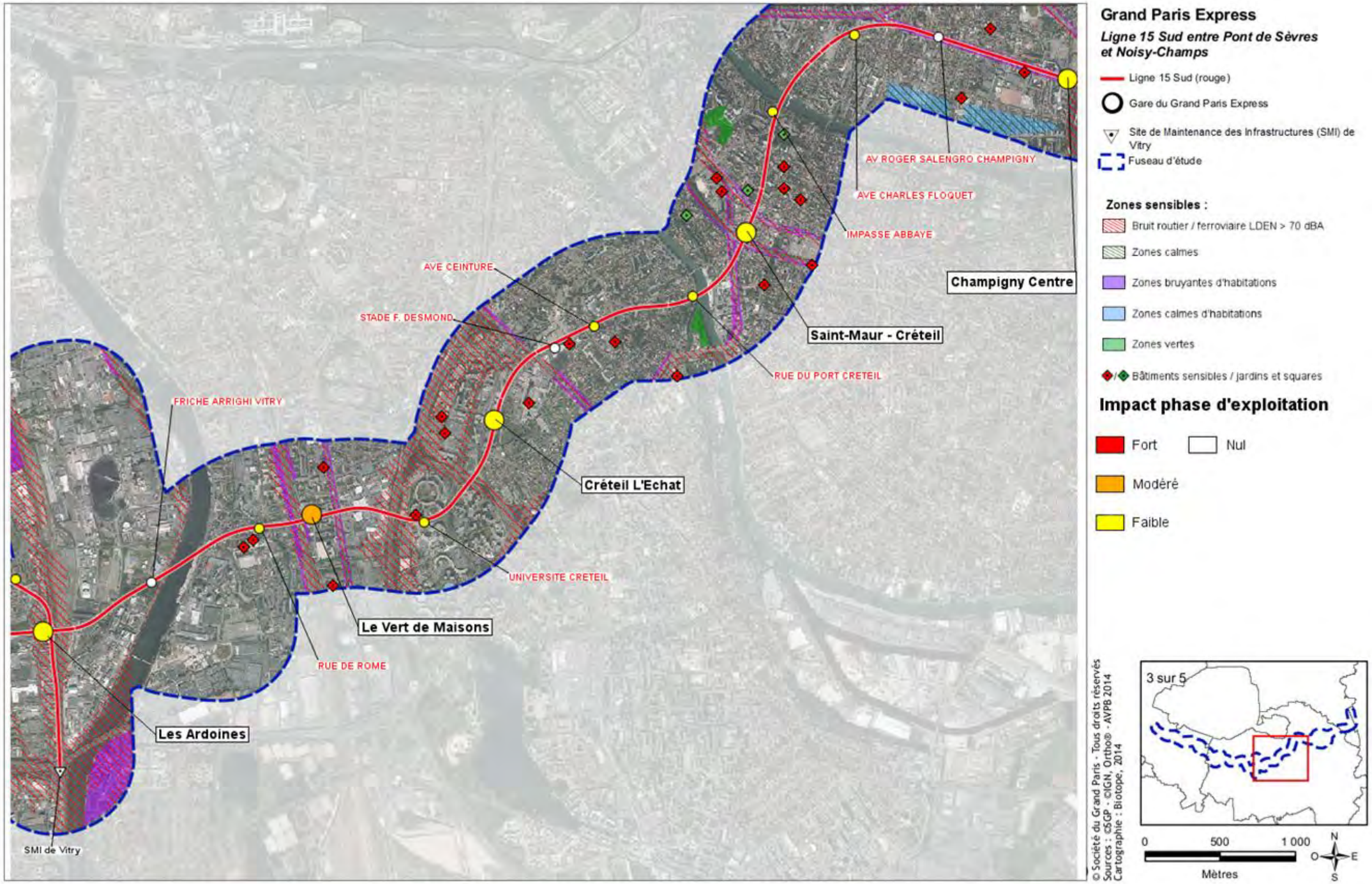
Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Pont de Sèvre – Châtillon-Montrouge



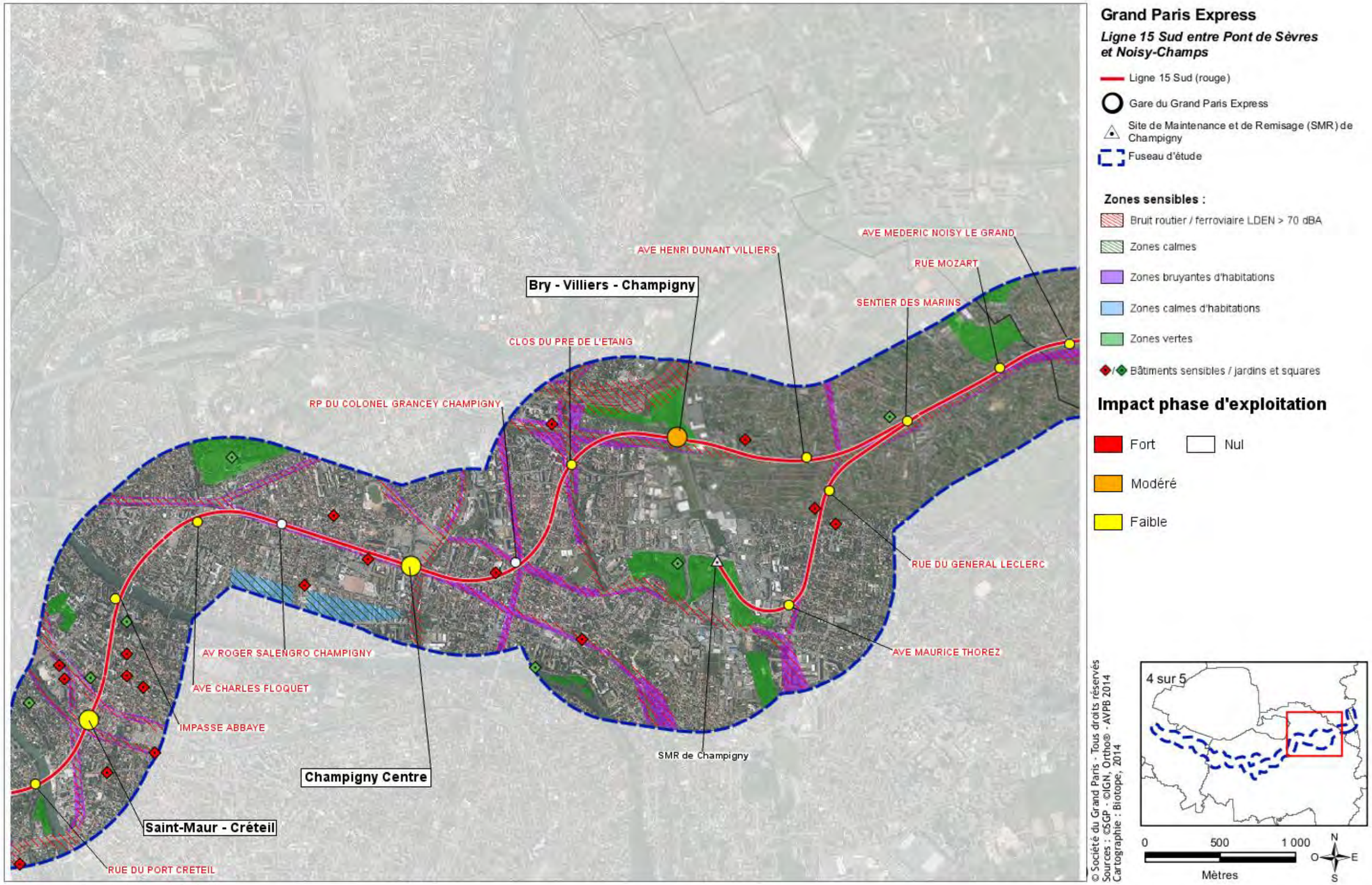
Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Bagneux – Les Ardoines



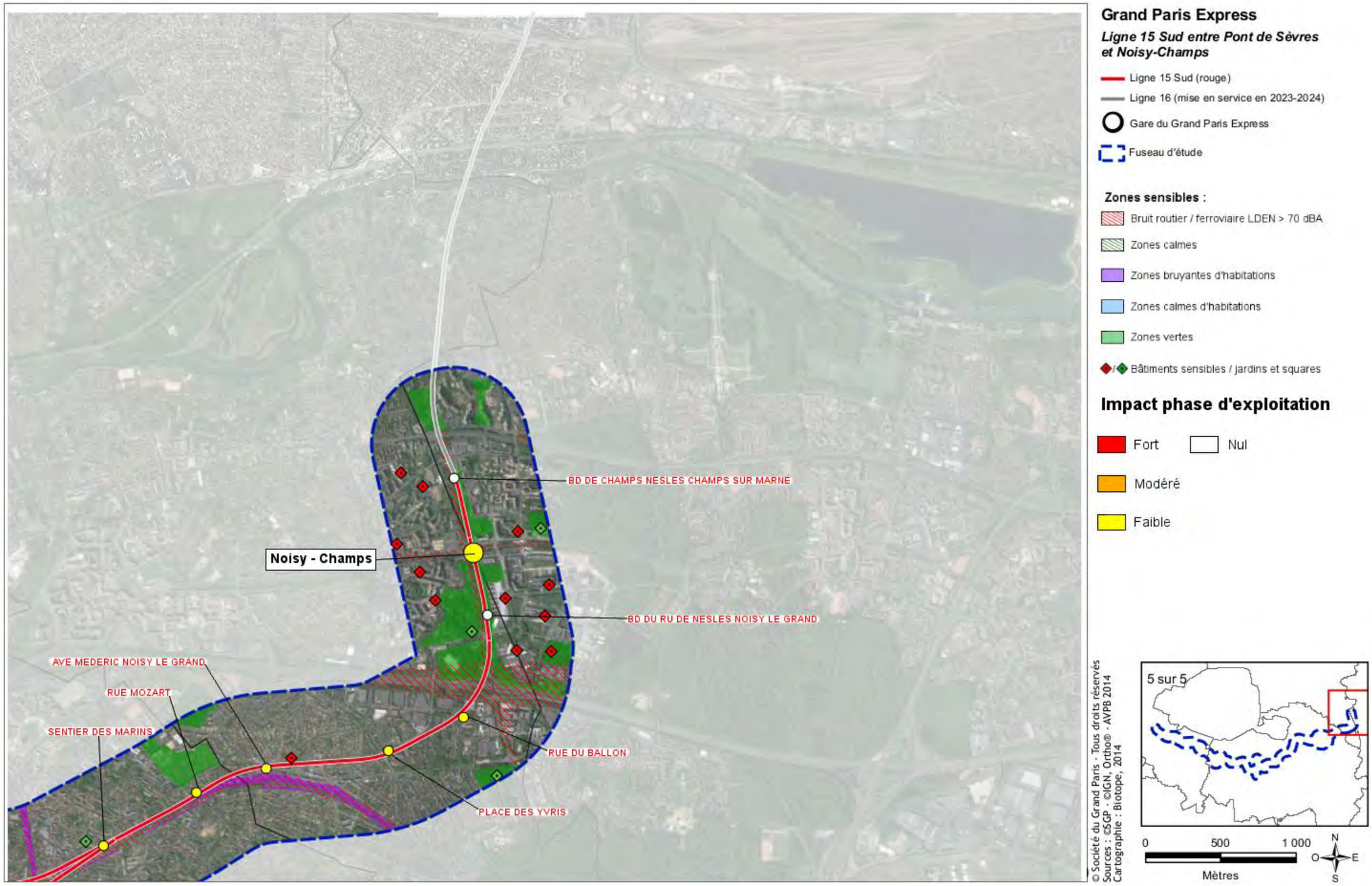
Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Les Ardoines – Champigny Centre



Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – secteur Saint-Maur-Créteil – Bry-Villiers-Champigny



Synthèse des impacts sonores en phase exploitation – Ligne 15 Sud – secteur Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs



Synthèse des impacts et mesures liés à l'environnement sonore

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*
Pas d'impact	*Impact faible*	*Impact modéré*	*Impact fort*

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	**PHASE CHANTIER :** **Mesures d'évitement et de réduction :** • Méthodes constructives : réalisation de parois moulées • Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux • Adaptation de l'organisation des zones de chantier de manière à limiter autant que possible des nuisances sonores **Mesure de suivi :** • Présence d'agents de proximité sur les chantiers • Développement d'une communication privilégiée auprès des riverains **Mesures spécifiques :** • Travaux réalisés en tranchée couverte « couverture première » pour la majorité des gares • Utilisation du transport fluvial pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier pour les sites de l'Ile de Monsieur et Pont de Sèvres • Développement du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais sur la base chantier de Fort d'Issy/Vanves/Clamart **PHASE EXPLOITATION :** **Mesures d'évitement et de réduction** • Conception de la structure des locaux étudiée de manière à contenir les nuisances sonores • Isolation des équipements techniques • Implantation des ouvrages annexes à plus de 8 mètres des façades avec fenêtre • Installation des ventilateurs sur des amortisseurs • Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation • Elaboration d'une charte architecturale • Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte • Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF **Mesures spécifiques** • Dimensionnement spécifique des silencieux acoustiques selon le niveau sonore préexistant mesuré et le contexte urbain dans lequel est situé l'ouvrage considéré
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier, en particulier à proximité des quais de Seine	**Phase chantier** : impact modéré, le bruit routier existant masquera partiellement les bruits issus du chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	
		Phase exploitation : impact faible lié à l'environnement sonore préexistant et à la proximité des riverains, enjeu faible à modéré en fonction des impacts indirects potentiels au niveau des gares	
	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit	**Phase chantier** : impact fort au niveau du Parc Henri Barbusse et du Square Malleret-Joinville dans lesquels sont implantés les ouvrages	
		Phase exploitation : impact négligeable, l'environnement sonore préexistant du Parc Henri Barbusse et du Square Malleret Joinville étant impacté par le bruit routier qui masquera les bruits résiduels	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères dans le secteur d'aménagement de la gare Villejuif IGR	**Phase chantier** : impact modéré à fort lié à la proximité de l'Institut Gustave Roussy et à l'implantation de la base chantier dans le parc des Hautes Bruyères	
		Phase exploitation : impact faible à modéré localisé au niveau du parc des Hautes Bruyères en fonction des effets indirects et des effets cumulés potentiels associés au réaménagement du secteur	
	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit, dont le parc du Coteau à Vitry	**Phase chantier** : impact fort, la base chantier de la gare de Vitry étant localisée dans le parc du Coteau	
		Phase exploitation : impact faible à modéré, lié à l'implantation de la gare dans le parc du Coteau	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles et très impactées par le bruit routier et ferroviaire	**Phase chantier** : impact faible à modéré, lié à l'absence de riverain à proximité des chantiers et à un environnement bruyant qui masquera en partie les bruits de chantier	**PHASE CHANTIER :** **Mesures d'évitement et de réduction :** • Méthodes constructives : réalisation de parois moulées • Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux • Adaptation de l'organisation des zones de chantier de manière à limiter autant que possible des nuisances sonores **Mesure de suivi :** • Présence d'agents de proximité sur les chantiers • Développement d'une communication privilégiée auprès des riverains **Mesures spécifiques :** • Travaux réalisés en tranchée et partiellement souterrains sur plusieurs gares • Utilisation du transport fluvial pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier pour le site de la Friche Arrighi • Développement du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais au niveau de la gare de Bry Villiers Champigny • Localisation des sites de maintenance au niveau de secteurs industriels peu sensibles au bruit • Mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances pour les 2 sites de maintenance • Engagement dans une démarche de certification HQE pour les 2 sites de maintenance **PHASE EXPLOITATION :** **Mesures d'évitement et de réduction** • Conception de la structure des locaux étudiée de manière à contenir les nuisances sonores • Isolation des équipements techniques • Implantation des ouvrages annexes à plus de 8 mètres des façades avec fenêtre • Installation des ventilateurs sur des amortisseurs • Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation • Elaboration d'une charte architecturale • Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte • Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF **Mesures spécifiques** • Dimensionnement spécifique des silencieux acoustiques selon le niveau sonore préexistant mesuré et le contexte urbain dans lequel est situé l'ouvrage considéré • Engagement dans une démarche de certification HQE pour les 2 sites de maintenance
	Présence d'habitat dense sur le reste de la section	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier ou ferroviaire	**Phase chantier** : impact modéré, le bruit généré par le trafic routier et ferroviaire masquera partiellement les bruits issus du chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant	
	Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées, dont le parc du Plateau à Champigny-sur-Marne et un centre hospitalier dans le secteur d'aménagement de la gare de Créteil l'Echât	**Phase chantier** : impact modéré à l'implantation d'une base chantier dans le parc du Plateau. Le centre hospitalier de Créteil reste relativement éloigné du chantier de la gare	
		Phase exploitation : impact faible, le SMR n'est pas directement implanté dans le parc cet bénéficiera de mesures d'insonorisation spécifique	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section excepté à proximité de l'autoroute A4	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Secteurs présentant des niveaux sonores élevés, impacté, par le bruit routier, en particulier au niveau de Noisy-Le-Grand, et localement par le bruit ferroviaire le long du RER E	**Phase chantier** : impact modéré, le bruit généré par le trafic routier et ferroviaire masquera partiellement les bruits issus du chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant	
	Présence de plusieurs zones vertes identifiées, dont le parc de la Butte Verte	**Phase chantier** : impact modéré à fort, lié à la proximité du chantier avec des zones vertes	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Présence de l'école d'ingénieur ESIEE à proximité directe du secteur d'aménagement de l'avant-gare de Noisy-Champs	**Phase chantier** : impact fort, le puits d'entrée de tunnelier est localisé à proximité de l'école d'ingénieur	
		Phase exploitation : impact négligeable, le bruit routier préexistant marquera le bruit induit par le projet	

1.24 Ondes électromagnétiques

Des ondes électromagnétiques artificielles sont émises lors du fonctionnement d'appareils utilisant de l'électricité pour divers usages : téléphonie, radio, déplacement, etc.

Elles sont caractérisées par une fréquence (ou une gamme de fréquence) et une puissance associée. Elles produisent un champ électrique et un champ magnétique.

Ces ondes sont déjà très présentes dans les zones fortement urbanisées à cause de la forte densité d'appareils émetteurs.

1.24.1 Impacts et mesures en phase chantier concernant les ondes électromagnétiques

1.24.1.1 Impacts directs

Les impacts de la phase chantier sont très difficiles à évaluer et à quantifier. Ils dépendent étroitement des matériels utilisés pour la construction de l'infrastructure, de leur mode d'alimentation en énergie et de leur mode d'utilisation de cette énergie.

Les matériels fonctionnant à l'électricité sont les premiers concernés. Les matériels fonctionnant avec des carburants liquides de type essence ou fuel ne doivent pas être négligés car des éléments électriques y sont intégrés (batterie, alternateur, etc).

a. *Matériels mobiles*

Les matériels mobiles sont **les tunneliers et les matériels associés**. Les tunneliers, et le train « usine » qui suit chacun d'eux, fonctionnent à partir de moteurs électriques de 350 kW de puissance dont le nombre est adapté aux caractéristiques du tunnel à creuser et à la géologie locale.

Le tunnelier qui sera mis en œuvre pour la Ligne 15 Sud sera alimenté par 8 moteurs de ce type. Le train suiveur présentera lui aussi des moteurs électriques, de moindre puissance : le convoyeur à bande (pour les terres excavées sans boue) sera alimenté par un moteur de 55 kW de puissance.

En termes d'ondes électromagnétiques, les émissions de ces moteurs restent compatibles avec les valeurs de référence indiquées dans l'état initial de l'étude d'impact, en particulier celles relatives à la santé humaine. Les champs électriques et magnétiques ont une faible portée : ils sont fortement atténués à une faible distance. Ils restent donc confinés dans le tunnel.

En pratique, dès l'extérieur du tunnel, ces champs sont réduits. De plus, le ferraillage du béton des voussoirs joue le rôle de cage de Faraday et donc limite très fortement l'existence de ces champs.

Pour les personnels faisant fonctionner ces machines, les impacts sont faibles. Les constructeurs ont pris les dispositions nécessaires. Les simulations ci-dessous, transposables aux machines de type tunnelier, montrent que les postes de conduite ne sont pas atteints par des ondes dépassant les valeurs de référence.

b. *Matériels fixes*

Les matériels fixes sont situés sur la base chantier, quelque soit la nature de l'ouvrage à construire.

La typologie exacte de ces matériels dépend de choix techniques de l'entreprise de travaux et ne peut donc être précisée ici.

Cependant, les types de matériels suivants seront présents :

- **Les grues** : ces matériels fonctionnent à l'électricité principalement. La puissance des moteurs, donc l'intensité des champs électriques et magnétiques émis, dépend directement de la puissance de la grue. Les constructeurs de ces engins ont pris les dispositions nécessaires pour limiter la portée de ces champs en dehors du confinement moteur.

- **Les engins mobiles de chargement/déchargement** : ces engins fonctionnent principalement avec des carburants liquides. Ils disposent néanmoins en leur sein de dispositifs électriques émetteurs de champs électromagnétiques. Par construction, ces champs sont confinés à l'échelle de l'engin.

- **Les câbles d'alimentation d'installations fixes :** ces câbles, assurant la liaison entre le réseau électrique général et diverses installations fixes, émettent des champs électromagnétiques. L'isolant qui constitue la gaine et, pour ceux qui sont enterrés, la terre qui les recouvre fortement la puissance et la portée des champs électromagnétiques.

En pratique, les matériels émetteurs de champs électromagnétiques présents sur la base chantier présentent tous des dispositions permettant d'en réduire la portée.

Les impacts directs liés à ces champs et aux ondes électromagnétiques associées sont donc très faibles à nuls.

1.24.1.2 Impacts indirects

Aucun impact indirect n'est identifié pour la phase chantier.

1.24.1.3 Mesures d'accompagnement

a. *Mesures d'évitement*

Le chantier nécessitant l'emploi de matériels électriques générateurs d'ondes électromagnétiques (tunnelier, installations et engins de chantiers), les mesures d'évitement ne peuvent être envisagées.

b. *Mesures de réduction*

Ces mesures ont pour objectif de limiter les émissions d'ondes électromagnétiques dues au chantier.

- **Choisir des matériels performants sur ce critère**

Il s'agit d'optimiser les matériels entre leur efficacité sur le chantier et les doses d'ondes électromagnétiques émises. Le respect des valeurs de référence est l'un des critères de mesure, donc de choix des matériels concernés.

- **Mise en place de cages de Faraday ou équivalent**

En cas d'utilisation de matériel fortement émetteur d'ondes électromagnétiques, il existe des moyens « d'isolement » de ces matériels pour en limiter spatialement les effets sur le principe de la cage de Faraday.

Ce type de mesure est d'autant plus important dans les zones où des matériels sensibles à ces ondes existent (hôpitaux, aéroport,…).

c. *Effets résiduels*

Les ondes électromagnétiques émises par les chantiers devraient rester en dessous des valeurs de référence en dehors du tunnel et en dehors des emprises chantier.

Elles le sont aussi dans la quasi-totalité des emprises chantier, les matériels électriques utilisés étant localisés et équipés de systèmes limitant.

d. Mesures de compensations

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

e. Mesures de suivi dans le temps

Aucune mesure de suivi n'est nécessaire.

1.24.2 Impacts et mesures en phase d'exploitation concernant les ondes électromagnétiques

Le matériel roulant du Grand Paris Express fonctionne à l'électricité. Il est alimenté selon deux principes généraux :

- Une caténaire comme les RER actuels,
- Un troisième rail au sol comme la plupart des métros.

Pour la ligne 15, donc pour la Ligne 15 Sud, l'alimentation électrique se fera par caténaire sur le principe des RER actuels.

1.24.2.1 Données générales

Les sources d'ondes électromagnétiques présentes dans le tunnel et dans les gares de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- La caténaire alimentée en courant continu 1500 Volts / 800 Ampères,
- Les antennes permettant la communication entre la rame et divers points (poste de commandement, poste en station, poste technique) : les antennes simulées sont des antennes UHF de type TETRA et de type GSM-R,
- Des transformateurs (le nombre par gare varie) permettant de convertir le courant basse tension fourni par EDF en courant adapté aux divers usages : ces transformateurs étant situé dans des locaux adaptés à la limitation des champs électromagnétiques, ils ne feront pas l'objet de simulation,
- Divers appareils électriques permettant le fonctionnement des installations annexes, en particulier les escaliers mécaniques. La diversité de ces appareils, le confinement de la partie électrique dans des parties adaptées et les dispositions prises par les constructeurs ne permettent pas une analyse précise de ces appareils. Le choix des appareils réellement installés relève de la responsabilité de l'entreprise de travaux.
- Les appareils électriques portés par les usagers de la Ligne 15 Sud : le fort développement des technologies mobiles de l'informations (téléphonie – smartphones, ordinateurs portables, etc) conduit à ce que les usagers transportent de plus en plus de sources d'ondes électromagnétiques et à ce que la densité de ces sources devienne extrême. Il est réaliste d'envisager sur chaque usager la présence d'au moins une source.

La Ligne 15 Sud est une ligne souterraine, à l'exception des sites de maintenance. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact électromagnétique de l'extension de cette ligne par simulation. Il sera observé le niveau du champ électromagnétique à l'intérieur de la rame, afin de savoir si les passagers ne sont pas exposés à des valeurs de champs supérieurs aux niveaux recommandés. Il sera également observé le niveau de champ électromagnétique à l'extérieur du tunnel. Dans un premier temps, ce rapport va s'attacher à l'évaluation de la valeur des champs électrique et magnétique émis par l'alimentation de la rame effectuée par caténaire (DC, 1500 V, 800 A). Dans un second temps, le rayonnement des antennes UHF (TETRA, GSM-R) sera analysé.

Seules la caténaires et les antennes feront l'objet d'une étude plus fine reposant sur la modélisation du matériel roulant et des simulations.

L'objectif de cette modélisation a été d'analyser l'impact électromagnétique de l'extension de cette Ligne 15 Sud par simulation :

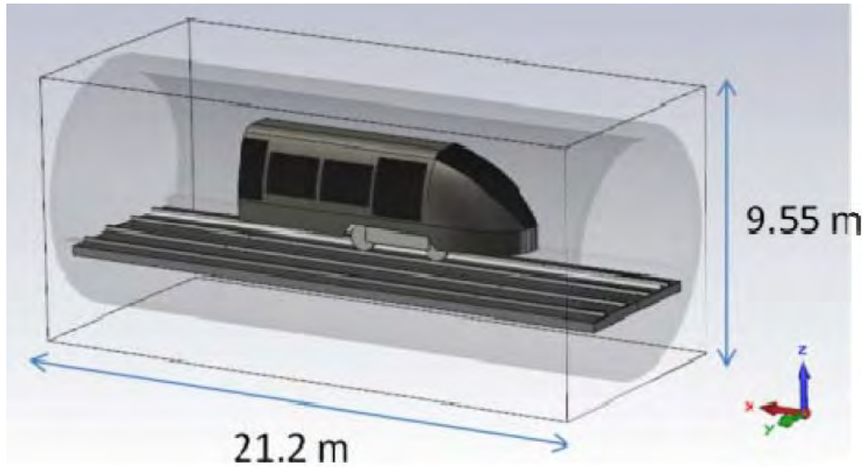
- Le niveau du champ électromagnétique a été calculé à l'intérieur de la rame, afin de savoir si les passagers ne seraient pas exposés à des valeurs de champs supérieurs aux niveaux recommandés,
- Le niveau de champ électromagnétique a également été calculé à l'extérieur du tunnel.

L'étude s'est faite en deux temps :

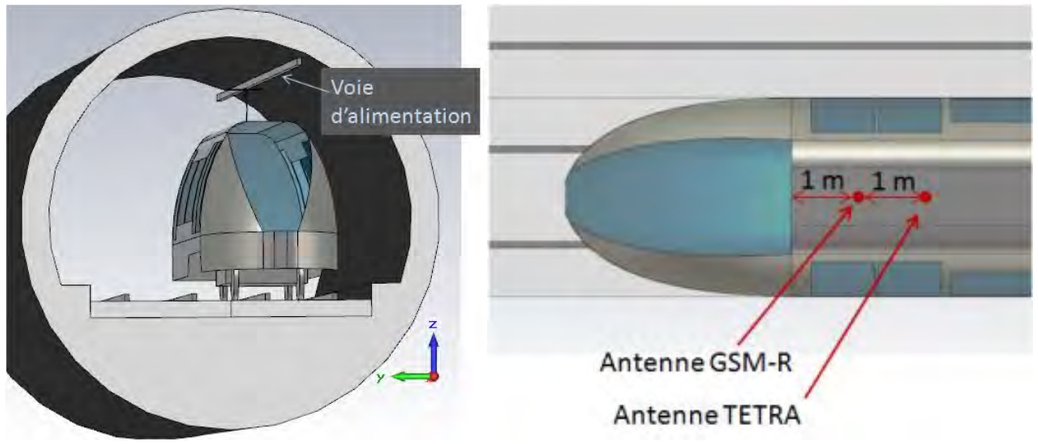
- Dans un premier temps, elle s'est attachée à évaluer la valeur des champs électrique et magnétique émis par l'alimentation de la rame effectuée par une troisième voie (DC, 1500 V, 800 A).
- Dans un second temps, elle a tenté d'évaluer le rayonnement émis par les antennes UHF de communication (TETRA, GSM-R).

1.24.2.2 Principe de simulation

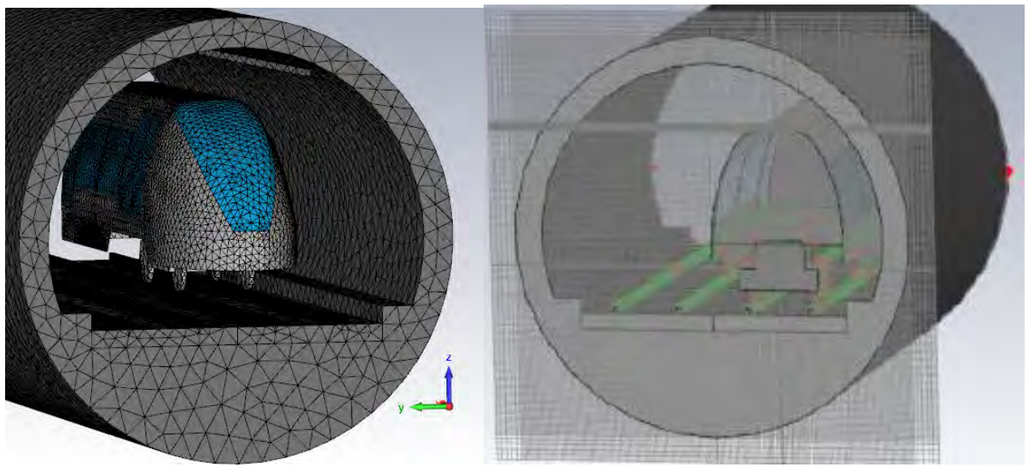
La configuration de simulation est représentée sur la figure ci-dessous.



Représentation du modèle d'une section de tunnel



Alimentation de la rame (à droite) et emplacement des antennes UHF sur le toit de rame (à gauche)



Représentation du maillage dans le cas de la simulation du rayonnement de la voie d'alimentation (à droite) et dans le cas de la simulation du rayonnement des antennes (à droite)

La précédente figure montre l'alimentation de la rame par une caténaire située en partie haute du tunnel. La tension d'alimentation est de 1500 V CC. La puissance continue de traction totale est de 1200 kW, ce qui donne un courant d'alimentation de 800 A.

1.24.2.3 Valeurs de recommandation

Les équipements présents en bord de voie, sur le quai, à proximité de la voie ou proche du tunnel doivent supporter au moins 20 V/m pour les matériels les plus robustes, et 10 V/m pour les autres, aux fréquences de fonctionnement des antennes.

Concernant le champ magnétique, deux limites sont applicables : 30 A/m et 300 A/m à la fréquence du réseau, suivant l'endroit où est installé l'équipement. Les niveaux dépassant ces limites devront faire l'objet d'analyses complémentaires et nécessiteront de prendre des dispositions.

Le tableau ci-dessous indique les niveaux maximums recommandés des champs E/H émis relatif à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE.

Standards / Fréquence		Champ E (V/m)		Champ H (A/m)	
		Efficace	Max.	Efficace	Max.
DC		N/A	N/A	3.2E4	4.52E4
50 Hz		5000	7071	80	113
TETRA	380 MHz	28	39.6	0.073	0.10
	470 MHz	28.8	40.7	0.080	0.11
GSM-R	876 MHz	40.6	57.5	0.109	0.154
	880 MHz	40.7	57.6	0.109	0.154

Niveaux maximums recommandés des champs E/H émis relatif à l'exposition du public, d'après la Recommandation 1999/519/CE

1.24.2.4 Impacts directs et indirects des émissions de champ magnétique émises par le rail d'alimentation électrique

Dans la recommandation 1999/519/CE, il est stipulé que le niveau maximal du champ magnétique perçu doit être en dessous de 45254 A/m.

Le courant étant continu, le champ électrique ne génère pas d'onde spécifique. Seul le champ magnétique génère une onde faisant l'objet d'une recommandation.

Les figures ci-contre illustrent les résultats de simulation du champ magnétique émis par la voie d'alimentation.

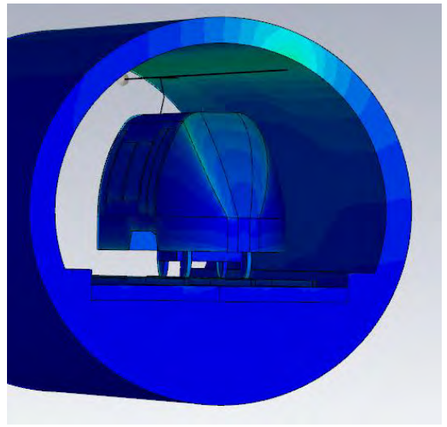
L'échelle colorée permet de constater que le niveau de champ magnétique est très largement inférieur au niveau recommandé pour l'exposition du public. Dans cette configuration souterraine, le niveau maximal est toujours situé autour de la voie d'alimentation, c'est-à-dire autour de la caténaire.

La valeur du champ magnétique émis par la voie d'alimentation est de l'ordre de 3 000A/m dans une zone assez proche de la voie d'alimentation.

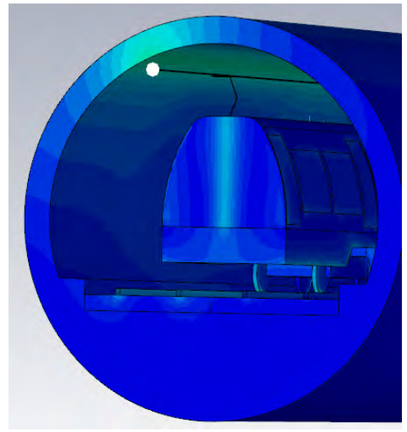
Au delà d'une distance de 10 cm de la caténaire, la valeur du champ magnétique passe en dessous de 1000 A/m. La baisse est donc très rapide.

En dehors des emprises des rails, la valeur du champ magnétique est globalement inférieure à 100 A/m.

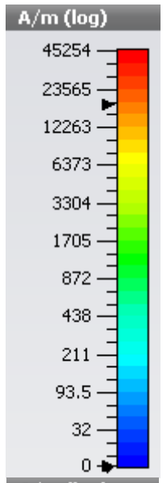
La figure du bas permet de constater qu'à l'intérieur de la rame le champ magnétique est très faible, inférieur à 50 A/m.

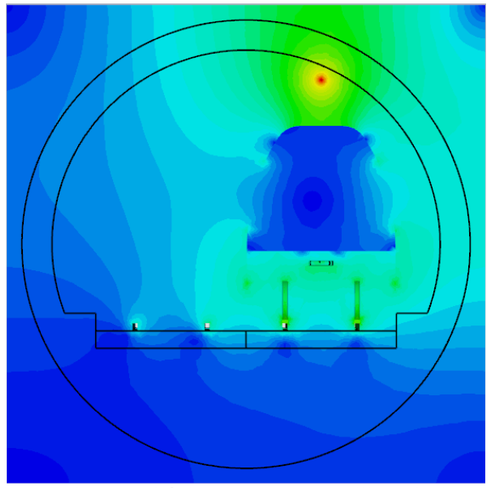


Vue « 3D face avant »

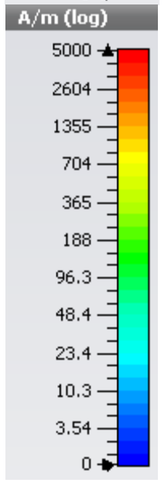


Vue « 3D face arrière »





« Plan orthogonal à la rame » au milieu de la rame



Champ magnétique émis par la voie d'alimentation au sein du tunnel (en haut : en 3D face avant et arrière ; en bas : Orthogonalement à la voie)

Conclusion concernant les émissions magnétiques engendrées par la caténaire

Dans les différentes configurations modélisées, les niveaux d'ondes perçus par les usagers au sein de la rame ou sur les quais est très faible, largement en dessous des seuils de la recommandation 1999/519/CE. **L'impact sanitaire est donc négligeable à nul**.

Par ailleurs, la décroissance du champ magnétique est telle qu'au-delà de 10m de distance par rapport à l'émission, les niveaux de champ chute en dessous de la valeur limite des 3A/m, considérée comme commençant à être impactante pour les équipements électroniques.

De ce fait, l'impact sur les équipements en dehors du projet, et particulièrement ceux des établissements sensibles de soin sera négligeable, voire inexistant, en raison de la distance et du milieu de dispersion de l'onde.

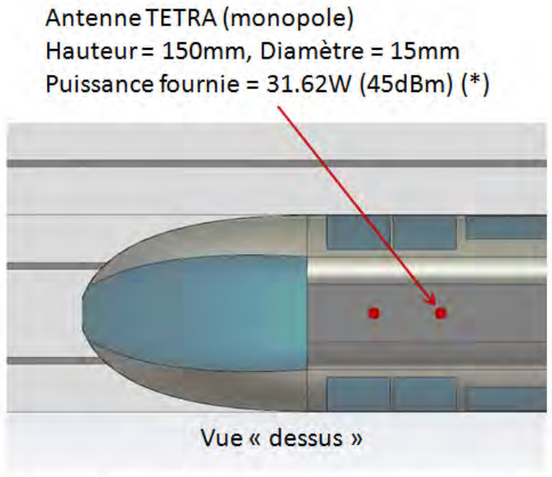
1.24.2.5 Impacts directs et indirects des émissions de champ électrique et magnétique émises par les antennes

Le rayonnement électromagnétique produit par les antennes TETRA et GSM-R, présentes sur le toit de la rame est à présent étudié.

Le modèle de simulation est à nouveau constitué de la structure du tunnel, des rails, et de la rame de métro.

a. Champs électrique et magnétique générés par l'antenne TETRA

Le système TETRA (TErrestrial Trunked Radio) est un système de radiocommunication numérique mobile bidirectionnel. Pour cette application, les fréquences de fonctionnement du système TETRA sont situées dans la gamme de fréquence 380 MHz - 470 MHz. L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 15 mm et de hauteur 150 mm.



* : ETS 300 392-2 Radio Equipment and Systems (RES); TETRA

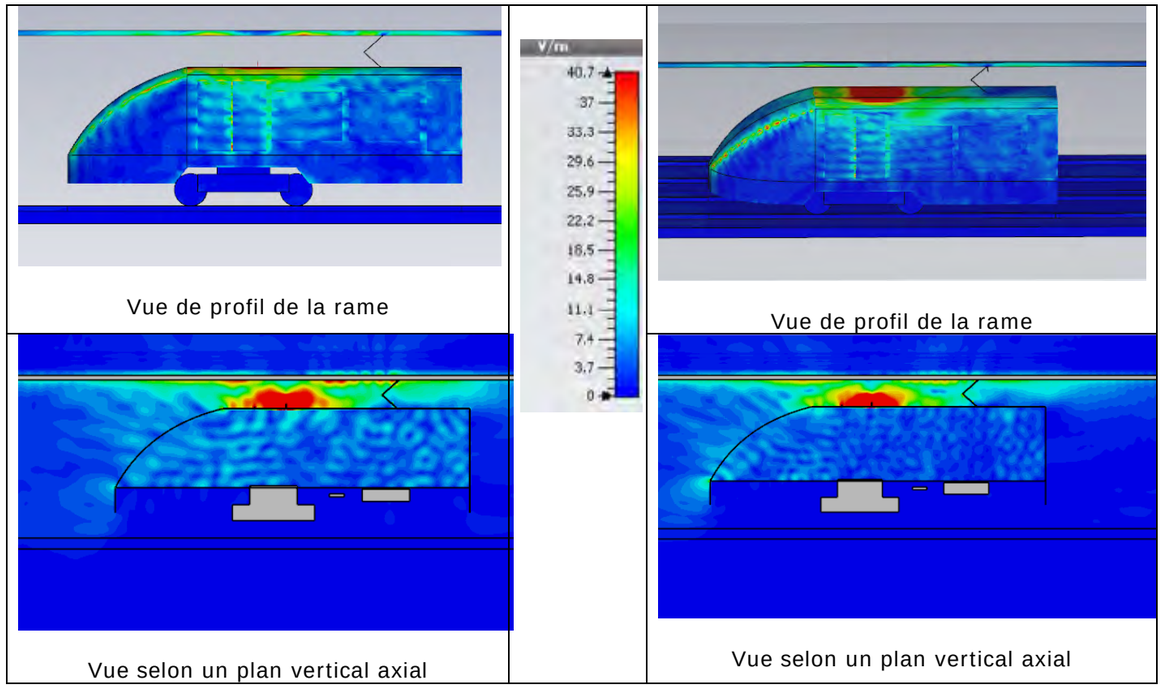
Dimensions et puissance fournie de l'antenne TETRA

Champ électrique

Concernant le champ électriques, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 39.6V/m pour f = 380MHz,
- Le niveau maximal du champ électrique recommandé de l'exposition du public est de 40.7V/m pour f = 470MHz.

Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ électrique pour l'antenne TETRA à 380MHz et 470MHz.



Champ électrique rayonné par l'antenne TETRA, à la fréquence de f = 380MHz (à gauche) et f = 470Mhz (à droite)

Le champs électrique sur le toit de la rame dépasse respectivement 39.6V/m et 40.7V/m (deux cas modélisés) au niveau de la source d'émission. Il se dissipe ensuite très rapidement avec la distance en surface de la rame.

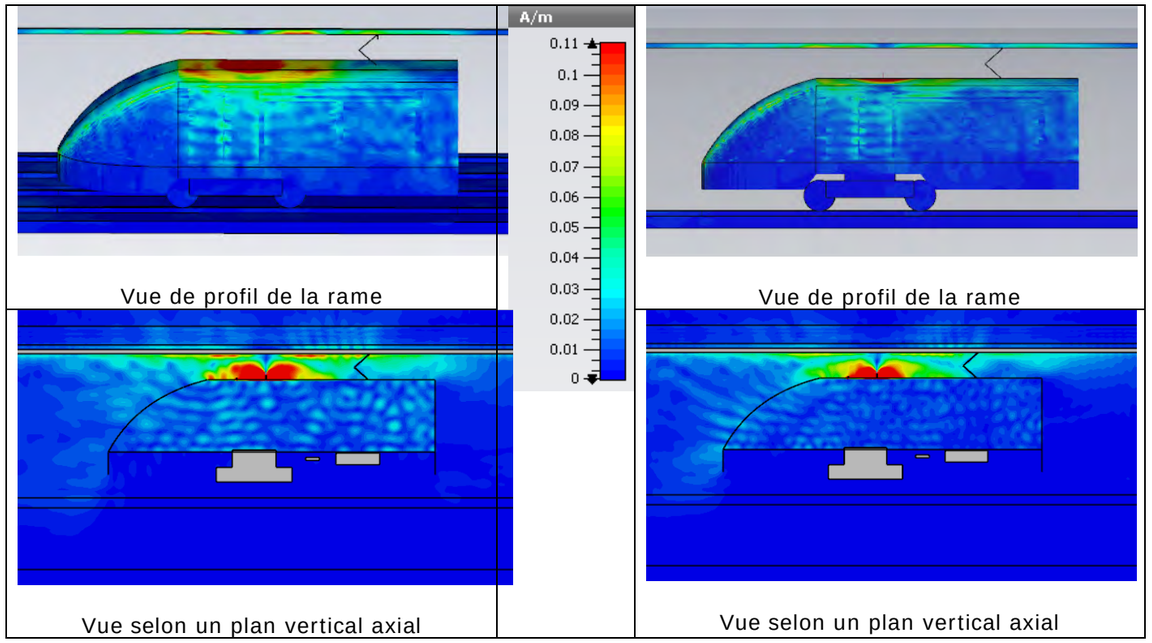
Toutefois, dans la rame, le champ électrique est largement inférieur aux valeurs de la recommandation 1999/519/CE.

Champ magnétique

Concernant le champ magnétique, les seuils réglementaires pris en compte d'après la Recommandation 1999/519/CE sont :

- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0.10A/m pour f = 380 MHz,
- Le niveau maximal du champ magnétique recommandé de l'exposition du public est de 0.11A/m pour f = 470 MHz,

Ci-dessous sont présentés les résultats du modèle d'émissions de champ magnétique pour l'antenne TETRA à 380MHz et 470MHz.



Champ magnétique rayonné par l'antenne TETRA, à la fréquence de f = 380MHz (à gauche) et f = 470Mhz (à droite)

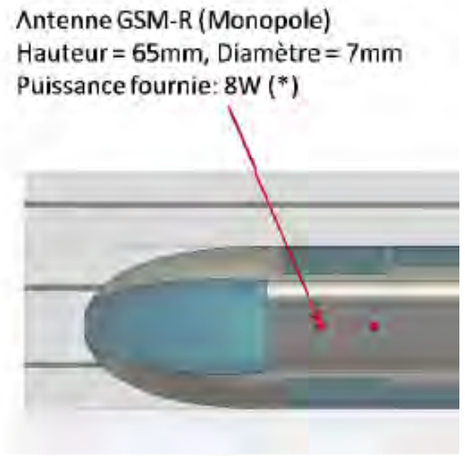
Le champs magnétique sur le toit de la rame dépasse respectivement 0.10A/m et 0.11A/m (deux cas modélisés) au niveau de la source d'émission. Il se dissipe ensuite très rapidement avec la distance en surface de la rame.

Toutefois, dans la rame, le champ magnétique perçu est largement inférieur aux valeurs de la recommandation 1999/519/CE.

b. Champs électrique et magnétique générés par l'antenne GSM-R

De manière analogue aux modèles entrepris ci-dessous, une analyse a été faite sur la base d'une antenne GSM-R positionnée sur le toit de rame.

Le système GSM-R (Global System for Mobile communications - Railways) est un standard de communication sans fil basé sur le GSM, et développé spécifiquement pour les communications ferroviaires. Pour cette application, les fréquences de fonctionnement du système GSM-R sont situées dans la gamme de fréquence 876 MHz - 880 MHz. L'antenne associée à ce système est un monopôle, de diamètre 7 mm et de hauteur 65 mm.



Dimensions et puissance fournie de l'antenne GSM-R

Les modèles ne sont pas présentés comme pour le cas de l'antenne TETRA, mais les résultats des analyses sont similaires.

En proximité immédiate de l'émetteur, les niveaux de champs sont supérieurs à la Recommandation 1999/519/CE, pour le champ électrique ainsi que pour le champ magnétique.

Par contre, les valeurs de ces derniers sont largement inférieurs aux seuils de la Recommandation 1999/519/CE au niveau des rames ainsi que sur les quais en station.

L'impact sanitaire est donc non négligeable à nul.

1.24.2.6 Conclusions générales de l'étude les impacts directs et indirects

L'impact électromagnétique produit par le matériel roulant de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation a été évalué par l'intermédiaire des modélisations présentées ci-dessus. Les conclusions suivantes peuvent être avancées :

- En ce qui concerne l'exposition du public aux champs électromagnétiques, la Recommandation 1999/519/CE préconise un niveau maximal de champ magnétique de 45254A/m à la fréquence du réseau. Les niveaux constatés à l'intérieur et à l'extérieur de la rame, dans les deux configurations envisagées (souterrain et aérien) sont inférieurs à ceux préconisés par la Recommandation 1999/519/CE. En effet, le niveau maximal de champ magnétique est évalué seulement à proximité de la vois d'alimentation électrique, pour une valeur avoisinant 3 000A/m.

- Concernant l'exposition des équipements situés dans une zone proche de la rame, un champ magnétique supérieure à 30 A/m dans la zone entourant la rame est identifié. Il est donc

important de connaitre les équipements électriques présents dans cette zone afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur fonctionnement.

Par ailleurs, le champ magnétique présent à l'extérieur du tunnel est inférieur à 100A/m. En considérant la décroissance du champ magnétique dans la section aérienne qui est telle qu'au-delà de 10 m les niveaux de champ chute en dessous de la valeur limite des 3A/m, l'impact sur les équipements électriques divers ou sensibles.

- Lorsque les antennes sont alimentées à leur puissance maximale, les rayonnements des champs électromagnétiques sont inférieurs aux limites maximales recommandées de l'exposition au public, à l'intérieur de la rame, dans la partie inférieure du tunnel ainsi qu'à l'extérieur. Seule une zone proche de l'antenne sur le toit de la rame présente un niveau supérieur à celui préconisé par la Recommandation 1999/519/CE. Les niveaux constatés dans cette zone sont supérieurs à 10 V/m. Il apparait donc essentiel de connaitre les équipements présents au niveau du toit de la rame afin de prendre des dispositions permettant d'assurer leur bon fonctionnement.

- Enfin, une onde électromagnétique est principalement caractérisée par son amplitude, sa fréquence, son sens et sa direction de propagation, sa polarisation ainsi que sa phase. Sans connaitre ces paramètres, il est difficile de connaitre le résultat de la superposition de deux ondes.

  Si deux ondes électromagnétiques sont émises à la même fréquence et suivant un même sens de propagation, l'amplitude de l'onde résultant de cette superposition varie fortement suivant la valeur du déphasage entre ces deux ondes. Dans le cas où les ondes électromagnétiques sont en opposition de phase, leurs amplitudes sont donc soustraites.

  Dans le cas extrême où les deux ondes sont en phase, leurs amplitudes sont additionnées. Or, en procédant à la somme des valeurs de champs électromagnétiques mesurées in-situ et celles issues des modélisations, le niveau résultant reste inférieur aux limites sanitaires concernant l'exposition du public présent fixées par la Recommandation 1999/519/CE.

1.24.2.7 Mesures d'accompagnement

Les impacts définis à l'issu des modélisations entreprises correspondent à une éventuelle interaction électrique entre les équipements de fonctionnement et les ondes émises par le troisième rail d'alimentation et les antennes TETRA et GRM-R.

Aucun impact sanitaire n'a été identifié.

a. Mesures d'évitement

Choisir des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques.

Lors des phases d'études à venir, et notamment lors de la définition du matériel roulant, les équipements électriques permettant le fonctionnement du système devront être rendu compatibles à un fonctionnement sous un champ électrique donné.

Pour cela, ils devront être :

- Protégés des ondes générées par le matériel roulant,
- Si possible éloignés suffisamment de l'axe des rails ou du toit du tunnel pour fonctionner dans un environnement où le champ électromagnétique est absent, ou du moins peu perturbant.

b. Mesures de réduction

Aucune mesure de réduction n'est nécessaire.

c. Effets résiduels

Aucun effet résiduel n'est pressenti.

d. Mesures de compensations

Aucune mesure de compensation n'est nécessaire.

e. Mesures de suivi dans le temps

Entretien des équipements électriques

Le matériel sera entretenu par le gestionnaire de l'infrastructure afin de s'assurer de son bon fonctionnement.

Mesure des champs électriques et electromagnétiques en phase travaux et en phase exploitation

Des mesures sur site seront effectuées lors de la mise en place des appareils électriques dans chaque ouvrage et dans le tunnel pour vérifier les champs réels auxquels sont exposés les personnels de chantier. Ces mesures concerneront l'emprise chantier et son périmètre. Elles permettront aussi de vérifier les champs en limite des installations.

Ce type de mesure sera également réalisé sur une durée à définir au début de la phase d'exploitation de manière à vérifier les résultats des simulations présentées dans l'étude d'impact.

1.24.2.8 Coûts liés aux mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques

Les mesures proposées reposent sur des choix techniques de matériels ou par la mise en place de dispositions d'organisation du chantier.

Le coût de ces mesures est donc :

- intégré au coût du projet, la conception, en particulier du matériel roulant et des installations électriques, prenant en compte cette problématique,
- intégré au coût de l'organisation du chantier, le choix des matériels de chantier étant un élément important,
- intégré au coût de fonctionnement de la Ligne 15 Sud.

1.24.3 Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement concernant les ondes électromagnétiques

Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase chantier

Eléments concernés	Niveau d'enjeu	Zones impactées si spécifiquement localisées	Eléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Champ émis par le tunnelier	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité de l'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul	*Réduction* Choix des matériels performants sur ce critère Mise en place de cages de Faraday ou équivalent	néant	néant
Champ émis par les installations de chantiers (non connues actuellement)	Ensemble des sections	Bases chantier des émergences	Emergences	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité de l'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Non quantifiable			

Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase exploitation

Eléments concernés	Niveau d'enjeu	Zones impactées si spécifiquement localisées	Eléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Champs émis par la caténaire	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul	*Evitement* Choix des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques *Suivi* Entretien des équipements électriques	néant	néant
Champs émis par les antennes de communication	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel (matériel roulant)	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul			

1.25 Santé et sécurité

La santé des franciliens sera influencée de diverses manières par le projet de la Ligne 15 Sud, la plupart en lien avec la diminution de trafic routier induite par le projet.

L'analyse porte donc dans un premier de temps sur la qualité de l'air qui sera influencée par le trafic routier mais représente également un enjeu à l'intérieur des gares et du métro.

La thématique du bruit est traitée dans un chapitre dédié auquel le lecteur intéressé se référera. Par contre le chapitre évaluera également les impacts du projet sur la sécurité routière.

1.25.1 Qualité de l'air

1.25.1.1 Rappel des enjeux

L'impact du projet sur la qualité de l'air est principalement lié à son impact sur le transport routier et sur les émissions de polluants atmosphériques qui en découlent. Le trafic routier étant responsable d'une part importante des émissions de certains polluants atmosphériques (notamment les oxydes d'azote et les particules fines), le métro pourrait influencer de manière sensible les concentrations de ces polluants. Cette influence représente un enjeu important du projet puisque les seuils de pollutions de certains polluants pouvant causer des impacts sur l'environnement et la santé sont encore fréquemment dépassés en Ile-de-France.

La réduction des émissions passe également par un développement de la ville autour de centres névralgiques de transport en commun. La concentration des activités et la densification des logements autour des futures gares ainsi que l'aménagement de la desserte de ces gares par les modes doux représente donc aussi un enjeu pour permettre d'éviter l'émission de polluants dus au trafic dit du « dernier kilomètre », c'est-à-dire depuis le point de départ/arrivée et la gare.

Le métro lui-même n'émet que des quantités très limitées de polluants atmosphériques. Ces émissions peuvent cependant mener à des concentrations en polluants relativement élevées dans les gares et à proximité des puits de ventilation.

A l'intérieur des espaces confinés du métro, l'enjeu consistera à étudier les possibilités de limiter les concentrations de particules fines et à sélectionner un matériel roulant le moins émissif possible. La localisation des puits de ventilations devra également être définie de manière stratégique afin de limiter l'exposition prolongée des personnes.

Les travaux de construction de l'infrastructure pourraient, par ailleurs, induire des émissions de polluants atmosphériques, notamment par la mise en suspension de poussières et par le charroi nécessaire à l'acheminement des matériaux et à l'évacuation des déblais. L'enjeu au cours de cette phase sera donc de choisir les méthodes de travail les moins émissives possibles et de mettre en place des mesures afin de limiter les émissions de polluants atmosphériques.

1.25.1.2 Impacts et mesures en phase chantier

a. Impacts directs et indirects

Les sorties d'engins et de camions du chantier provoquent des dépôts de terre et de boue sur la voie publique, en particulier lors des phases de terrassement ou de démolition. Outre les nuisances visuelles, ces dépôts sont source d'insécurité car ils rendent la chaussée glissante.

Les émissions de poussière peuvent également survenir lors du déchargement des matériaux de construction, lors du remplissage des bennes avec les déblais ou lors des remplissages des silos à ciment. De même, lors de certaines phases d'abattage, les chantiers de démolition provoquent des nuages de poussière.

L'utilisation d'engins de chantier à moteur thermique est également une source de nuisance supplémentaire de pollution de l'air.

Les gares de la Ligne 15 Sud se situant toutes au cœur de milieux très urbanisés, l'altération de la qualité de l'air local, le salissement des parcelles et des façades ainsi que les nuisances induites par les engins de chantier représentent des problématiques majeures à prendre en compte lors de la phase chantier du projet.

b. Mesures en phase de chantier

Limitation de l'émission de poussières

Les zones de chantier étant situées principalement en zones urbaines, il sera également important de limiter au maximum les émissions de polluants atmosphériques afin de limiter les impacts sur les zones proches. Ces émissions concernent principalement les émissions de particules fines.

Afin de limiter l'émission de poussières, les mesures suivantes seront appliquées autant que possible :

- stocker les produits pulvérulents tels que le ciment, en silos avec un filtre à manches ;
- utiliser la technique d'humidification pour réduire la production et la diffusion des grosses poussières lors des travaux de terrassement. En effet, un temps sec et venteux accroîtra le développement des poussières et la diffusion de celles-ci. Si ce n'est possible, dans la mesure du possible, différer les activités ;
- entreposer le sable fin à l'abri du vent et/ou l'humidifier ;
- humidifier les routes par temps sec et, sur le chantier, humidifier superficiellement les voies d'accès afin de diminuer les nuages de poussières soulevées par les camions ;
- nettoyer la route à la sortie du chantier ;
- nettoyer les roues des camions à la sortie du site ;
- bâcher les camions qui transportent des terres ou des matériaux poussiéreux ;
- mouiller les matériaux lors des découpes produisant de la poussière.

Rationnaliser et optimiser le transport de matériaux et de déblais

Concernant le transport de matériaux ou de déblais, le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Or le transport routier émet beaucoup plus de polluants atmosphériques que le transport fluvial ou le fret ferroviaire.

Les quantités de déblais à évacuer et de matériaux à acheminer étant très importantes, il est donc fondamental d'en organiser l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les distances parcourues et les impacts induits sur la qualité de l'air.

Cette rationalisation et optimisation passera, tout d'abord, par la réduction des quantités de déblais à évacuer. Pour ce faire, il sera envisagé autant que possible la réutilisation des terres excavées à proximité du chantier (y compris pour le comblement de carrières).

Les distances parcourues par les camions seront également limitées au maximum en privilégiant les sites de stockage ou de traitement situés à proximité du chantier.

Le transport routier constitue actuellement le mode d'acheminement le plus courant vers les installations de traitement, de stockage ou vers les carrières en Ile-de-France. Depuis son apparition en 2007, le Grenelle de l'Environnement incite fortement à orienter les activités vers des politiques de gestion plus rationnelles pour la ressource en matériaux et vers le développement de transport alternatif à la route afin de limiter les impacts dus à l'émission de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre.

Dans ce sens, les transports fluvial et ferroviaire seront privilégiés pour les distances importantes. Les travaux d'extension de la ligne 12 du métro vers Aubervilliers, ont montré la capacité à évacuer des déblais majoritairement par la voie fluviale et constitue un retour d'expérience intéressant. Ainsi, 75% des 530 000 tonnes de déblais générés par les travaux ont été acheminées vers leur exutoire par la voie d'eau. La situation de la Ligne 15 Sud est d'ailleurs favorable à ce mode de transport de par sa proximité avec la Seine, en particulier à hauteur des gares de Pont de Sèvres et des Ardoines, ainsi qu'aux abords de la Marne concernant la gare de Saint-Maur Créteil. Concrètement, cette mesure sera mise en œuvre via la mise en place des installations permettant l'utilisation des modes de transports alternatifs : Appontements pour l'évacuation fluviale à Ile Monsieur et Pont de Sèvres, voie ferrée de chargement à Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Ces mesures sont concrétisées via le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED).

Plans locaux de circulation temporaires

L'impact des camions sur le trafic et les émissions de polluants pourra être minimisé :

- en définissant un plan de circulation tenant compte des particularités locales pour permettre de réduire les incidences. Ce plan sera spatial et temporel afin d'éviter les axes congestionnés et les pics de pollutions.
- en prévoyant un phasage des chantiers. Les chantiers conduits simultanément génèrent des effets qui se cumulent, voire s'amplifient en fonction de la localisation géographique.

c. Coûts associés aux mesures

Les coûts liés aux bonnes pratiques de chantier sont très faibles et intégrés dans les coûts généraux des chantiers. En ce qui concerne le charroi de chantier, les coûts liés à l'élaboration et au suivi du SDED seront largement rentabilisés par les gains réalisés grâce à l'optimisation des itinéraires et à l'utilisation de modes de transports moins consommateurs en énergie.

1.25.1.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation

Le calcul des émissions de polluants en phase d'exploitation a été basé sur la méthodologie européenne COPERT IV (Computer Program to calculate Emissions from Road Transport) et à un modèle de dispersion des polluants. De manière synthétique, cette méthodologie permet le calcul des émissions de polluants du transport routier à partir des hypothèses de constitution du parc automobile et des conditions de trafic. Pour ce faire, le calcul des émissions se base sur les flux de trafic annuels et les vitesses moyennes des véhicules. Ces données ont été obtenues à partir des résultats du modèle de transport. L'analyse a ainsi permis de quantifier et de cartographier les émissions et concentrations en situation de référence et en situation de projet sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France.

Les polluants considérés sont les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO_2), les particules fines (PM), le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures non méthanique (COVNM), le benzène, le nickel (Ni) et le cadmium (Cd), car ils constituent de bons indicateurs des émissions du trafic routier. Par ailleurs, ces polluants représentent un enjeu important pour le projet car les concentrations de certains d'entre eux (en particulier le NO_2 et les PM_{10}) dépassent régulièrement les valeurs limites annuelles à proximité des grands axes routiers.

Outre l'application des mesures réglementaires nationales sur les concentrations des principaux polluants, des plans spécifiques pour l'air sont prévus à l'échelle de l'Ile-de-France depuis la LAURE : en l'occurrence le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) et le Plan Régional de la Qualité de l'Air (PRQA) . Ces deux documents fixent des objectifs chiffrés en termes de concentrations de polluants visant à améliorer la qualité de l'air.

Comme pour la mobilité, l'énergie et les émissions de gaz à effet de serre, l'impact de la Ligne 15 Sud est fortement lié au réseau du Grand Paris dans son ensemble. Ainsi, l'analyse sera réalisée à deux horizons : le premier horizon permet d'isoler les impacts de la Ligne 15 Sud à l'horizon de sa mise en service (2020) ; le deuxième horizon permet de remettre le tronçon dans le contexte global du réseau dans sa quasi-totalité (2030).

a. Impacts de la Ligne 15 Sud à l'horizon 2020

En situation de référence, la pollution est globalement en forte diminution à l'horizon 2020 grâce, principalement, à l'amélioration du parc automobile.

Entre la situation initiale (2005) et la situation de référence, les émissions de NO_x diminuent, par exemple, de 79%. Cette diminution s'explique par le renouvellement du parc automobile et l'introduction progressive des véhicules catalysés. En ce qui concerne l'évolution des émissions de particules fines, qui sont majoritairement émises par les véhicules diesel, une diminution de 78% est également constatée. Cela est dû à la généralisation récente des filtres à particules.

Le CO, les COVNM et le benzène réagissent de la même façon, avec 83% d'émissions en moins entre 2005 et 2020.

Les émissions de nickel et de cadmium diminuent également, mais dans une moindre mesure. Ces émissions sont, en effet, essentiellement dues à l'usure des véhicules (parties métalliques, plaquettes de freins, moteurs…) et sont donc moins influencées par les normes en vigueur.

Enfin, les émissions de SO_2 sont considérées comme nulles, le carburant (source du soufre) se voyant pratiquement entièrement désulfuré.

On distingue donc entre la situation initiale et la situation de référence trois profils d'évolution différents :

- pour les PM, les NO_x, le CO, les COVNM et le benzène, les émissions entre 2005 et 2020 sont fortement diminuées grâce à l'évolution du parc roulant (objectifs réglementaires, volonté des constructeurs…) (catégorie 1) ;
- pour le SO_2, cas particulier, les émissions seront nulles en 2020 grâce à la volonté de désulfurer au maximum le carburant lors de la production (catégorie 2) ;
- enfin, pour les métaux lourds (nickel et cadmium), les émissions diminuent légèrement d'ici 2020, celles-ci résultant essentiellement de l'usure des véhicules des frottements (catégorie 3) .

Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2020 pour les PM_{10}, NO_x, CO, COVNM, benzène, SO_2, Nickel et Cadmium.

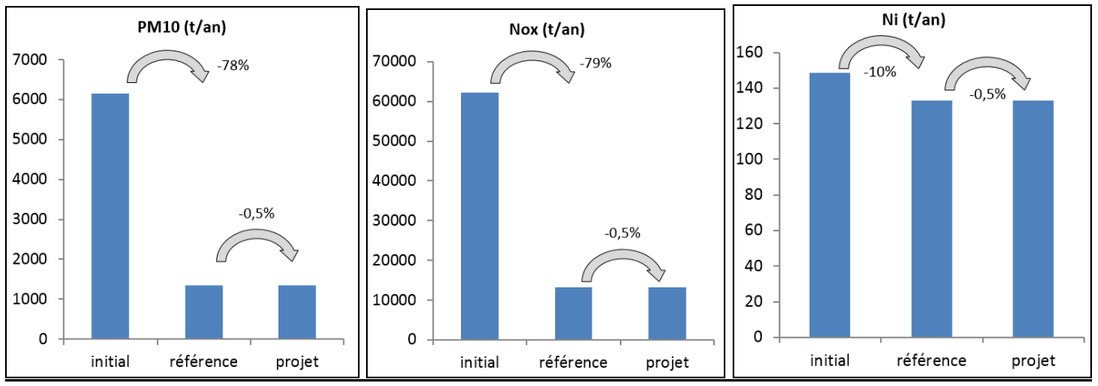
		PM_{10}	NO_x	CO	COVNM	benzène	SO_2	Ni	Cd
		t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	kg/an	kg/an
Situation initiale (2005)		6 158	62 248	123 406	22 441	1 320	0	149	48
Horizon 2020	**Sans Ligne 15 Sud**	1 363	13 329	21 105	3 828	217	0	135	46
	Avec Ligne 15 Sud	1 357	13 259	21 018	3 808	216	0	134	46
	Réduction des émissions référence – sit. init. (%)	-78%	-79%	-83%	-83%	-84%	0%	-10%	-4%
	projet - référence	-6	-70	-88	-20	-1	0	-1	0
	réduction des émissions projet – référence (%)	-0,5%	-0,5%	-0,4%	-0,5%	-0,5%	0%	-0,5%	-0,5%
		1					2	3	

La comparaison entre la situation avec projet et la situation initiale (2005) montre des évolutions similaires à celles observées entre la situation de référence et la situation initiale. Le projet ne permet généralement que d'amplifier de manière très marginale les réductions réalisées grâce à l'amélioration du parc automobile.

Ainsi, la Ligne 15 Sud permet, en 2020, d'engendrer une diminution supplémentaire de la plupart des polluants étudiés (PM_{10}, NO_x, CO, COVNM, benzène) de 0,5% par rapport à la situation de référence. La réduction de trafic que crée l'arrivée de la Ligne 15 Sud en 2020 a donc des conséquences globalement positives en termes d'émissions de polluants atmosphériques, mais faibles par rapports aux diminutions réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

En termes de quantités, la Ligne 15 Sud permet de réduire les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier de 6 tonnes par an à l'horizon 2020. Les émissions de NO_x diminuent quant à elles de 70 tonnes par an.

Ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapports aux évolutions prévues entre la situation initiale 2005 et les situations avec ou sans projet à l'horizon 2020, comme le montre la figure ci-dessous pour chacune des trois catégories de polluants identifiées précédemment.



Comparaison des émissions annuelles 2005, 2020 en situation de référence et 2020 avec Ligne 15 Sud, pour les PM_{10}, le NO_x et le Nickel.

b. <u>Impacts du réseau de transport du Grand Paris à proximité du projet à l'horizon 2030</u>

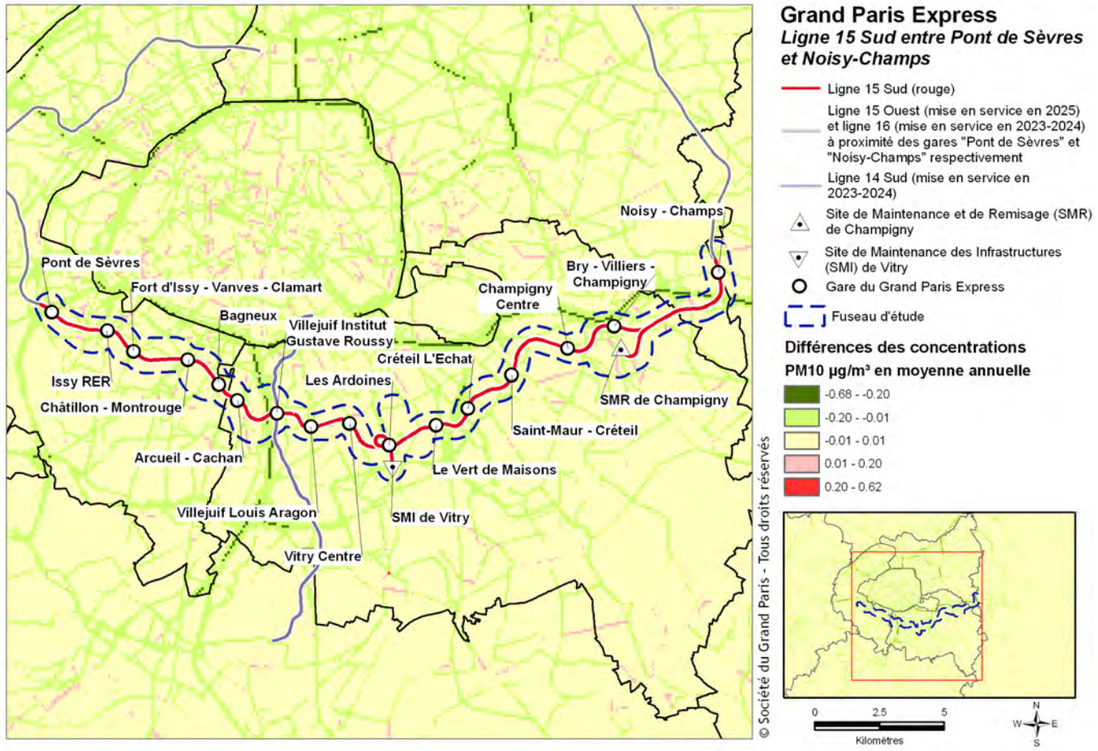
De manière similaire à ce qui a été constaté à l'horizon 2020 pour la Ligne 15 Sud, il y a une forte diminution de la plupart des polluants entre la situation initiale (2005) et la situation de référence (2030). Les émissions de NO_x diminuent notamment de 85% entre la situation initiale et la situation de référence et celles de particules fines diminuent de 78%.

Comme dans le cas de la Ligne 15 Sud, la comparaison entre la situation avec réseau et la situation initiale montre des évolutions similaires à celles observées entre la situation de référence et la situation initiale. La situation avec Réseau de Transport du Grand Paris en 2030 engendre une diminution de 2% à 3% des émissions des divers polluants par rapport à la situation de référence, d'où un effet bénéfique du réseau sur les émissions de polluants atmosphériques évitées. Avec Réseau de Transport du Grand Paris en 2030, les émissions de particules fines <10µm issues du trafic routier sont réduites de 38 tonnes par an. Les émissions de NO_x diminuent quant à elles de 254 tonnes par an.

A l'image de la conclusion faite pour la Ligne 15 Sud, ces variations sont non négligeables mais relativement faibles par rapports aux évolutions prévues entre la situation initiale et les situations avec ou sans réseau en 2030

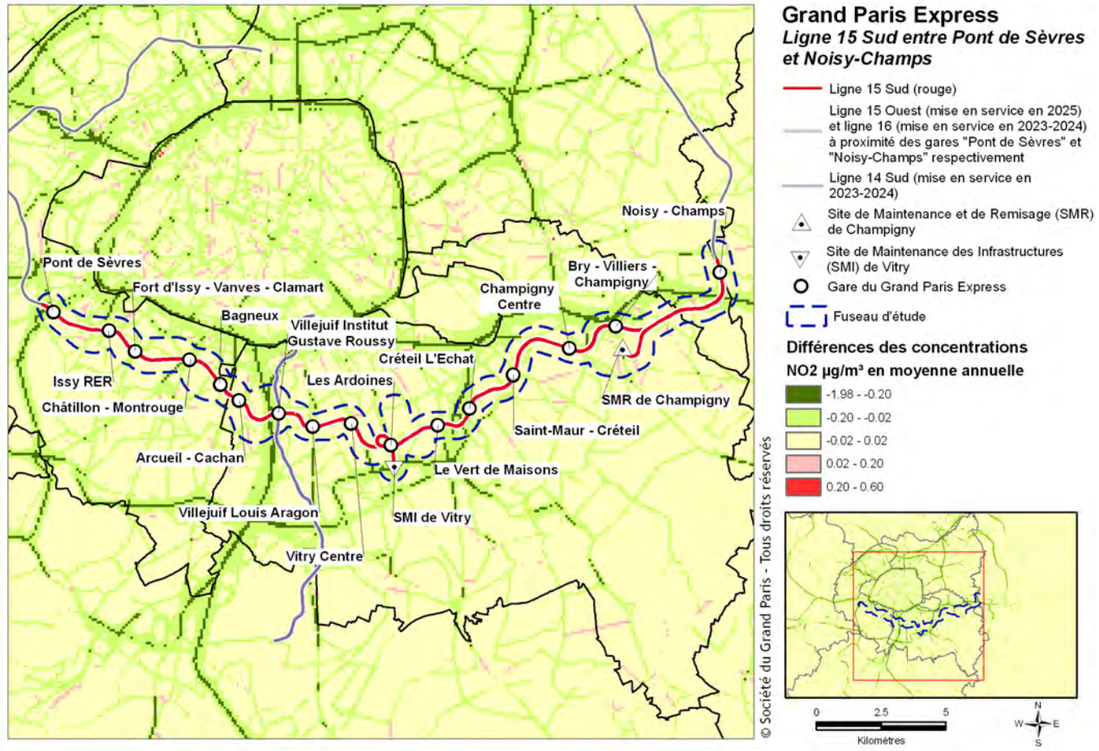
Concernant la répartition spatiale des émissions et leur impact sur les concentrations, celles-ci sont, de manière générale, fortement liées aux flux de trafic. Ainsi, sur la plupart des axes routiers subissant une réduction des flux de trafic suite à l'arrivée du projet, une diminution des émissions est généralement observée. Au contraire, lorsque les flux sont plus élevés dans la situation de projet que dans la situation de référence, un accroissement des émissions est constaté.

Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de PM_{10} et NO_2 entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 à proximité de la Ligne 15 Sud. La couleur verte, correspondant à une amélioration de la qualité de l'air grâce au projet est largement dominante. Seules quelques zones très localisées subissent une légère dégradation de la qualité de l'air suite à une augmentation du trafic sur certaines routes.



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour les PM_{10}

Comme illustré par cette figure, l'impact du réseau du Grand Paris sur les concentrations en PM_{10} à proximité de la Ligne 15 Sud est globalement positif avec une réduction des concentrations de l'ordre de -0,01 à 0,2 µg/m³ le long de nombreux axes routiers. Ces diminutions restent relativement faibles vis-à-vis de la valeur limite des PM_{10} (40 µg/m³).



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour le NO_2

Les concentrations de NO_2 subissent également une diminution le long de la plupart des axes routiers. Ces diminutions sont de l'ordre de -0,02 à -0,2 µg/m³, mais peuvent même baisser en-dessous de -0,2 µg/m³ aux abords des axes du réseau primaire où le trafic routier est très important. Celles-ci sont toutefois relativement faibles par rapport à la valeur limite des concentrations en NO_2 de 40µg/m³ (pour rappel, le NO_2 représente environ ¼ des NO_x).

Du point de vue des enjeux liés à la qualité de l'air, la localisation des nouvelles gares du projet représente un paramètre relativement important de l'analyse. En effet, les usagers transitant par les gares seront exposés aux concentrations ambiantes de polluants atmosphériques. Les usagers accédant ou sortant du réseau de transport en commun au niveau de ces gares seront également des sources potentielles d'émissions de polluants s'ils décident d'utiliser un véhicule motorisé pour se rendre ou repartir de ces gares.

Les gares du projet ont donc été étudiées afin d'évaluer leur susceptibilité à subir des concentrations élevées de pollutions atmosphériques. Deux paramètres ont été utilisés afin d'identifier les gares les plus sensibles :

- la quantité de trafic en HPM à proximité de la gare (buffer 500m) qui renseigne sur la pollution de base ;
- le nombre de personnes entrant et sortant de la gare qui renseigne sur l'influence potentielle supplémentaire de l'implantation de la gare.

Le tableau ci-dessous reprend les résultats en classant les gares selon l'importance des enjeux vis-à-vis de la qualité de l'air :

Identification des gares à enjeu du projet.

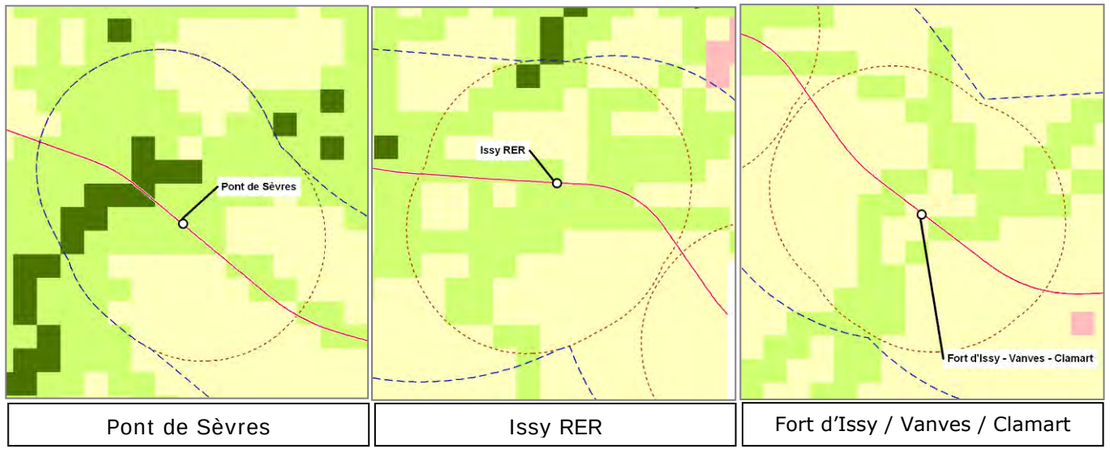
	Importance du trafic routier dans la zone d'influence à l'HPM	Importance des flux des voyageurs entrant et sortant de la gare à l'HPM	Enjeu global
Arcueil-Cachan	très faible	intermédiaire	faible
Bagneux M4	faible	faible	faible
Bry - Villiers - Champigny	intermédiaire	très faible	faible
Champigny Centre	très faible	très faible	très faible
Chatillon-Montrouge	faible	faible	faible
Créteil L'Echat	intermédiaire	très faible	faible
Fort d'Issy / Vanves / Clamart	faible	fort	fort
Issy RER	faible	intermédiaire	intermédiaire
Le Vert de Maisons	très faible	intermédiaire	faible
Les Ardoines	très faible	faible	très faible
Noisy-Champs	intermédiaire	faible	intermédiaire
Pont de Sèvres	intermédiaire	intermédiaire	fort
Saint-Maur - Créteil	très faible	très faible	très faible
Villejuif Louis Aragon	très faible	faible	très faible
Villejuif-IGR	fort	faible	fort
Vitry Centre	très faible	très faible	très faible

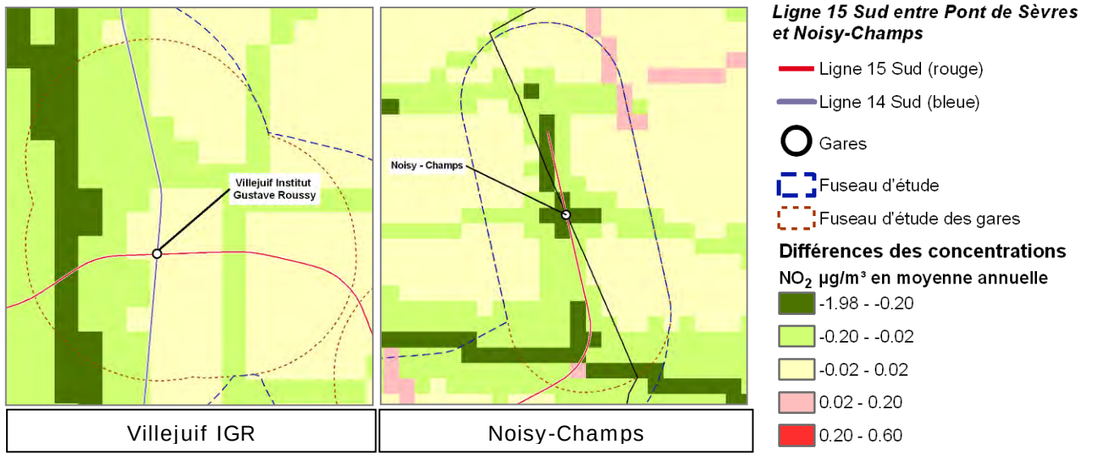
Les gares à enjeu intermédiaire à fort seront analysées plus en détails ci-dessous. Il s'agit des gares de Fort d'Ivry / Vanves/ Clamart, Villejuif IGR, Pont de Sèvres, Noisy-Champs et Issy RER.

Les différences de concentrations en PM_{10} et en NO_2 entre la situation de référence et la situation avec projet sont représentées à proximité des gares précédemment identifiées dans la figure ci-dessous.



Différences de concentrations entre situation de référence et situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 au sein des périmètres d'influence des cinq gares de la Ligne 15 Sud identifiées comme potentiellement à risque, cas du PM_{10}.





Différences de concentrations entre situation de référence et situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 au sein des périmètres d'influence des cinq gares de la Ligne 15 Sud identifiées comme potentiellement à risque, cas du NO_2.

Les figures révèlent que le Grand Paris permet globalement de réduire les concentrations en PM_{10} et en NO_2 dans les zones proches gares à enjeux. Quelques points de vigilance sont tout de même à signaler aux abords de la gare Noisy-Champs, notamment de par la présence d'axes routiers particulièrement fréquentés (Avenue des Pyramides et Voie Primaire N au Nord-Est).

De manière générale, il faudra limiter au maximum l'augmentation du trafic à proximité des gares à enjeu fort en mettant en place des mesures visant à favoriser l'utilisation des modes doux pour accéder aux gares au détriment de la voiture particulière.

En **conclusion**, la mise en service de la Ligne 15 Sud permettra à l'horizon 2020 une réduction globale des émissions de particules fines (<10µm), NO_x, COVNM, benzène, nickel et cadmium issues du trafic routier de l'ordre de -0,5%. Plus globalement, le réseau de transport du Grand Paris permettra une réduction d'environ 2 à 3% de ces mêmes polluants à l'horizon 2030. Le projet de la Ligne 15 Sud et le Réseau de Transport du Grand Paris dans son ensemble contribuent ainsi à l'amélioration de la qualité de l'air à proximité de la Ligne 15 Sud, et plus généralement en Ile-de-France. Cette amélioration est toutefois minime par rapport aux 80% de polluants émis en moins constatés entre la situation initiale (2005) et l'horizon 2030, grâce principalement au renouvellement du parc automobile.

c. *Qualité de l'air dans les gares et le métro*

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs représente un enjeu important, au vu du temps significatif passé quotidiennement dans des espaces fermés (habitation, bureau, voiture, etc.). De nombreuses études ont donc été menées afin de déterminer les concentrations moyennes dans différents environnements confinés en particulier dans les habitations et les bureaux. Les gares étant des lieux de transit où les usagers ne restent généralement que pour des durées limitées, elles n'ont pas joui de la même attention et seule quelques études ont été réalisées afin d'évaluer les concentrations moyennes en différents polluants dans les gares souterraines.

Dans son rapport sur la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France[27], la Direction Générale de la Santé récapitule notamment les données concernant différents polluants dont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), les oxydes d'azote (NO et NO_2), l'ozone (O_3), le dioxyde de soufre (SO_2), les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et les particules en suspension. Les résultats montrent que les concentrations, monoxyde de carbone, ozone, dioxyde de soufre, HAM, etc. sont équivalentes ou inférieures à celles observées à l'extérieur. Les concentrations en dioxyde d'azote sont, par ailleurs, généralement inférieures aux valeurs des stations de proximité automobile. Par contre, les concentrations en particules fines sont toujours très supérieures dans les enceintes ferroviaires souterraines qu'à l'extérieur.

Les **sources** de ces concentrations élevées en particules fines sont multiples :

- L'exploitation ferroviaire notamment par l'exploitation du le matériel roulant (système de freinage, usure des roues, frottements roues/rails etc.) ;
- Les travaux d'entretiens et de maintenance ;
- Les voyageurs : le mouvement des voyageurs génère des poussières et ralentit la sédimentation des particules en suspension ;
- L'air extérieur, pénétrant dans les enceintes souterraines par les ouvertures des stations et le réseau de ventilation : les polluants de l'air extérieur se retrouvent donc également dans les enceintes souterraines.

Il s'agit donc de sources particulièrement diffuses et dont la participation dans les concentrations finales peut être très variable. Certaines sources sont liées à l'infrastructure elle-même (par exemple les particules générées par le système de freinage) mais d'autres sont totalement indépendantes et inhérentes aux espaces publics (notamment celles générées par les utilisateurs de la gare).

---

[27] *Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines d'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, Juillet 2003.*

Les **effets des particules sur la santé** sont issus de leur dépôt dans l'appareil respiratoire, qui dépend de l'ampleur de l'exposition, des conditions physiologiques (fréquence respiratoire, volume inhalé, âge, état de santé, etc.) et des propriétés physico-chimiques des particules (diamètre, charge électrique, etc.). Ainsi, les particules de diamètre plus élevé se déposent principalement dans les parties supérieures (cavité nasale, larynx, trachée) tandis que les particules les plus fines peuvent pénétrer en profondeur dans les poumons (bronchioles et alvéoles). De plus, les constituants à l'origine des effets n'ont pas été clairement identifiés, ni leurs mécanismes d'action.

Néanmoins, le lien entre exposition et pathologies cardiovasculaires est largement admis. Les particules fines peuvent avoir des effets sur les voies respiratoires supérieures et les bronches (inflammations, aggravation de l'état de santé des personnes atteintes de maladies cardiaques et pulmonaires, stress oxydatif agissant directement sur les fonctions respiratoires…). Elles favorisent également la progression de l'athérosclérose ainsi que des perturbations du système de coagulation. Enfin, associées avec des autres composés, les particules peuvent engendrer des allergies chez les malades atteints de pathologies obstructives (asthme, etc.).

Comme détaillé dans la pièce G.1, dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires, les particules fines sont caractérisées par de fortes proportions de particules métalliques (dues au matériel roulant) et sont donc très différentes des particules fines présentes dans l'air extérieur (issues d'un mélange de polluants gazeux et particulaires, influencées par les phénomènes de combustion liées au trafic). Ainsi, il est peu significatif de comparer les effets sanitaires des particules fines dans les enceintes souterraines aux valeurs guides pour les pollutions atmosphériques en milieu extérieur et le risque sanitaire potentiel lié à leur exposition reste ainsi à évaluer spécifiquement.

Quelques études épidémiologiques et toxicologiques ont été menées en France et en Europe, mais restent cependant très parcellaires et ne permettent pas de conclure de manière univoque. Les différents travaux menés ont, de plus, conduit à des résultats parfois discordants ou n'ont pas été mené sur des échantillons représentatifs.

Cependant plusieurs points sont à soulever :

- Une toxicité accrue au niveau cellulaire par rapport aux particules de l'air extérieur (études menées sur des particules obtenues dans les métros de Londres, Paris et Stockholm). Cependant, les concentrations des extraits de particules auxquels ont été exposées les cellules sont bien plus élevées que celles qui peuvent être atteintes dans les régions alvéolaires des poumons des individus fréquentant ces enceintes souterraines (les effets observés apparaissent à une concentration environ 40 000 fois supérieure). De plus, les effets inflammatoires observés in vivo (test chez le rongeur) restent transitoires, ils disparaissent au bout de 24 heures. Cela n'écarte pas toutefois, la question des effets à une exposition répétée à faible dose (d'autres études sont nécessaires).
- Une génotoxicité 8 fois plus importante des particules du métro de Stockholm par rapport aux particules prélevées en milieu extérieurs a été mise en évidence (provoque, à concentration équivalente, des lésions sur l'ADN).
- Le possible rôle du fer dans la toxicité des particules du métro (notamment sa forme soluble ou insoluble ainsi que son état d'oxydation). Cependant, les différentes études menées à ce sujet arrivent à des résultats parfois contradictoires.
- Les études épidémiologiques permettent d'approcher les effets d'une exposition aux polluants des enceintes souterraines de transport ferroviaire via la comparaison de l'état de santé d'individus exposés et non exposés. Les études menées jusqu'à présent ne mettent pas en évidence de risques liés à l'exposition aux polluants des enceintes souterraines de transport ferroviaire sur la santé respiratoire, que ce soit à court ou long terme. Cependant, la plupart des évaluations ont été menées chez les travailleurs, ces résultats ne peuvent donc pas être directement transposés à la population générale qui comporte des populations plus sensibles. Il n'est donc toutefois pas possible de conclure à l'absence de risque.

Du point de vue du **cadre règlementaire**, pendant longtemps, la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments et espaces clos n'a pas été considérée comme une préoccupation majeure. Ainsi, le cadre réglementaire est restreint et ne concerne qu'une minorité de polluants. Cependant, quelques valeurs guides ont été introduites soit par des instances internationales, soit par des organismes nationaux.

Comme il n'existe pas de critères sanitaires, de Valeurs Toxicologique de Référence (VTR) ou de Valeurs Guide de l'Air Intérieur (VGAI) dans les bases de données habituelles, il est recommandé de suivre les valeurs guides de l'OMS pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Valeurs Guides de l'OMS pour les PM10 et PM2.5 pour des expositions par inhalation

	$PM_{2.5}$	PM_{10}
Exposition aiguë (24 heures)	25 µg/m^3	50 µg/m^3
Exposition chronique (année)	10 µg/m^3	20 µg/m^3

Ces valeurs concernent une exposition prolongée et peuvent donc difficilement être interprétées par rapport à une exposition très limitée dans le temps tel qu'un trajet en métro. Seul le Canada propose une valeur guide de courte durée pour l'air intérieur : 100 µg/m³ pour 1h.

En France, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), a rendu le 3 mai 2001, un avis relatif à l'élaboration de valeurs de référence de qualité d'air pour les PM_{10} dans les enceintes ferroviaires souterraines. Il recommande de tenir compte du temps de séjour des usagers mais également de leurs expositions le reste de la journée à des concentrations dans les différents lieux de vie ne dépassant pas, au total, la valeur limite journalière de la directive européenne 1999/30/CE, y compris les jours de pollution particulaire élevée. Les valeurs pour 8 scénarios correspondant à 4 durées quotidiennes de séjour dans les enceintes ferroviaires souterraines variant de 1h30 à 2h15, et à 2 périodes distinctes huit valeurs rapportées dans le tableau suivant :

Valeurs calculées pour différentes durées d'exposition dans les enceintes ferroviaires souterraines (Direction Générale de la Santé, 200328)

	2001	**2005**
	CLim/jour = 50+ 40% soit 70 µg/m^3	**CLim/jour = 50 µg/m^3**
	P90extérieur = 33 µg/m^3	**P90extérieur = 23 µg/m^3**
Tsout = 1h30	VGAIsout < 625 µg/m^3	VGAIsout < 455 µg/m^3
Tsout =1h45	VGAIsout < 540 µg/m^3	VGAIsout < 393 µg/m^3
Tsout =2h	VGAIsout < 477 µg/m^3	VGAIsout < 347 µg/m^3
Tsout =2h15	VGAIsout < 428 µg/m^3	VGAIsout < 311 µg/m^3
Tsout = temps passé dans l'enceinte ferroviaire souterraine		

Pour l'année 2010, si le même calcul était appliqué, la concentration de référence s'élèverait à 145 µg/m³ pour Tsout=2h et 250 µg/m³ pour Tsout=1h. Ce calcul présente toutefois des limites

[28] Qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de l'Ile-de-France, Direction Générale de la Santé, 2003

puisque d'une part, il ne tient pas compte de la composition des particules, et d'autre part, il ne considère pas l'ensemble des microenvironnements fréquentés par la population.

En termes d'objectifs de réduction des concentrations, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) a publié un rapport un 2013[29] qui préconise une valeur cible (pour l'exposition chronique) de 10µg/m³ pour les $PM_{2.5}$ et 15µg/m³ pour les PM_{10} à l'horizon 2025 à atteindre de manière progressive au cours du temps (20 et 30µg en 2015).

Concernant **l'évaluation de l'exposition aux particules fines,** les sources de ces polluants sont particulièrement diffuses et ne dépendent que partiellement de l'infrastructure elle-même. De plus, le type de matériel roulant, la position exacte et les débits des différents groupes de ventilation n'étant pas encore définis précisément, il n'est pas possible actuellement d'estimer les concentrations moyennes qui seront observées dans les gares du projet.

Des enseignements peuvent, néanmoins, être tirés des mesures effectuées dans différents métros français et à l'international. Les principaux résultats sont présentés dans les tableaux suivants[30] :

Concentration en particules $PM_{2.5}$ dans différents métros

Ville	Année	Valeur moyenne en µg/m³	Valeur horaire maximale en µg/m³
Londres		270-480	
Helsinki		47-60	103
Lyon	2002	80	252
Lille	2007-2008	86	244
Lille	2010	68	257

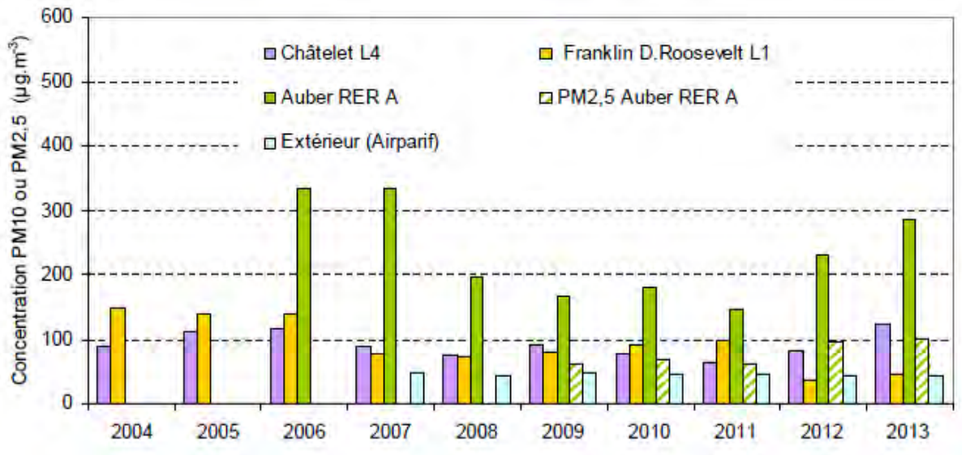
Concentration en particules PM_{10} dans différents métros

Ville	Année	Valeur moyenne µg/m³	Valeur horaire maximale µg/m³
Londres	1998	245-565	
Berlin	1995-1996	141-153	
	1998	139-151	
Séoul	1999	109-189	
Paris	1995-1997	500 (L5)	1200
	1999	85 (L4)	499
		134 (L1)	403
		350 (L7)	
	2000	102 (L4)	500
		139 (L1)	396
		70 (L9)	
Lyon	1998	110-136 (LD)	182
	2002	123-171 (LD)	469
		58-67 (LA)	192
Tram de Rouen	2005	94	246
Toulouse	2004	91 (LA)	301
	2005	141 (LA)	493
	été 2006	127 (Quai JJ)	1094
		125 (quai Esquirol)	537
	hiver 2006	165 (quai JJ)	501
		102 (quai Esquirol)	469
Lille	2005	139	
	2007-2008	39-67 (hall)	271
		44-114 (quai)	542
		60-136 (tunnel)	357
	2010	101 (hall)	794
		108 (quai)	370
		120 (tunnel)	356
Rennes	2004	56-82	153-239
	2005	35-47	181-188
Rome	2006	348-479	
Marseille	2011	74-90	285

La qualité de l'air est également suivie quotidiennement par la RATP dans les espaces souterrains du réseau francilien grâce au dispositif de surveillance SQUALES (Surveillance de la Qualité de l'Air de l'Environnement Souterrain). Les résultats sont présentés dans la figure suivante.

[29] Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – les particules, Haut Conseil de la Santé Publique, 2013

[30] Sources des données : Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé, ORS (Observatoire Régional de Santé) Ile-de-France et Campagne d'évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur et aux abords des stations du métro de Lille du 14/01/2010 au 29/03/2010, source d'information Atmo Nord - Pas de Calais, rapport N° 01/2010/PD-IC.



Concentrations en PM10 (et PM2.5) dans différentes station du réseau francilien (Bilan annuel SQUALES 2013, RATP)

Les résultats illustrent que les concentrations peuvent être très variables entre différentes villes mais aussi entre différents types de matériel roulant, les concentrations dans la gare de RER Auber étant largement plus élevées que dans les gares de métro.

L'**évaluation des risques sanitaires** encourus est rendue très complexe par l'absence de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour les $PM_{2,5}$ et les PM_{10} ainsi que par l'incertitude sur les concentrations futures dans les gares du projet.

Selon les données disponibles, il est néanmoins possible d'évaluer les risques potentiels de nuisances pour la santé des utilisateurs.

Concernant la durée d'exposition, la RATP et la SNCF indiquent que la durée moyenne journalière passée en souterrain par les usagers de leur réseau est de l'ordre d'une heure[31]. En 2010, d'après l'Enquête Globale Transport, un jour ouvrable moyen, la portée moyenne d'un trajet en métro est quant à elle de 3,12 km et le temps trajet moyen est de 7,5 min (hors correspondances). Le temps d'exposition peut donc être très variable et s'étaler de quelques minutes pour un utilisateur effectuant un trajet simple à plus d'une heure pour un utilisateur effectuant plusieurs trajets de plus longue durée.

Dans l'hypothèse maximaliste d'une durée d'utilisation de 1h, et d'après les scénarios du CSHPF, la concentration ne devrait pas dépasser 250 µg/m³ (en 2010). D'après les résultats des mesures dans les différentes gares de métro actuelles, les concentrations moyennes dépassent rarement 150 à 200µg/m³. Ainsi, le risque potentiel pour la santé des usagers est faible selon ces valeurs guides.

Il faudra néanmoins veiller à limiter au maximum les concentrations dans les gares et le métro et de surveiller la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du projet afin d'entreprendre des actions correctives si nécessaire.

[31] *Pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et santé", ORS (Observatoire Régional de Santé) Île-de-France*

L'air extérieur à proximité des puits de ventilations pourra également être légèrement impacté. Les concentrations seront cependant rapidement diluées dans l'air extérieur et le risque devrait donc encore plus limité qu'à l'intérieur du métro. Les aménagements de ces puits seront néanmoins pensés de manière à éviter les expositions prolongées.

d. *Mesures d'évitement, de réduction et de compensation en phase d'exploitation*

Qualité de l'air en Ile-de-France et à proximité des gares du projet

Comme l'a montré l'analyse des impacts, le projet de la Ligne 15 Sud devrait permettre de réduire les émissions et les concentrations de polluants atmosphériques en Ile-de-France et à proximité du projet. Cet impact étant directement lié au report modal de la route vers les transports en commun, toutes les **mesures incitant à l'utilisation des transports en commun au détriment des véhicules particuliers** devraient donc entraîner une augmentation du report modal et par conséquent provoquer une amélioration supplémentaire de la qualité de l'air. Pour une analyse détaillée des mesures envisageables, se référer aux mesures préconisées dans le chapitre relatif aux impacts du projet sur la mobilité.

En complément de ces mesures générales, il est intéressant d'ajouter plus spécifiquement aux pollutions atmosphériques que le métro du Grand Paris améliore la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France et permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de **pic de pollution**.

Bien que l'analyse ait montré l'effet positif du projet sur les polluants atmosphériques, en particulier le long des grands axes routiers, l'analyse a également montré que certaines zones localisées pouvaient, au contraire, subir une augmentation de trafic limitée et donc une augmentation des concentrations de polluants. Il est évident qu'un changement profond du système de transport tel que celui insufflé par l'arrivée du projet modifie l'ensemble des flux de trafic et peut mener dans certaines zones à des augmentations de trafic. Il n'est pas possible à ce stade de planifier l'organisation de toutes les routes locales de l'Ile-de-France. Cependant, il sera crucial pour toutes les communes fortement impactées par l'arrivée du projet **d'adapter leur plan de circulation**. Des mesures locales devraient ainsi permettre de rediriger le trafic routier afin de protéger les zones d'habitats.

En ce qui concerne les gares identifiées comme à enjeux (Fort d'Ivry / Vanves/ Clamart, Villejuif IGR, Pont de Sèvres, Noisy-Champs et Issy RER), le trafic routier dans leurs zones d'influence devra être réduit au maximum afin de diminuer les concentrations en polluants atmosphériques à proximité des gares, où le nombre de personnes en transit est important (et donc le nombre de personnes exposées). Inciter à l'utilisation de modes doux afin de rejoindre la gare peut, par exemple, représenter une solution.

Qualité de l'air à l'intérieur du métro

La limitation des concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares, des rames de métro et des tunnels doit être prise en compte, pour répondre aux concentrations potentiellement élevées et aux risques pour la santé des usagers que celles-ci induisent. Dans le but d'atténuer les concentrations de particules fines présentes dans ces espaces confinés, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France[32] recommande :

[32] Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France.Avis relatif à la qualité de l'air dans les modes de transport. http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/CSHPF_avis_modes-transports_270906.pdf, 2006

- de réduire les émissions à la source par des actions portant à la fois sur les matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies ;
- d'optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, de les dimensionner en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et de veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
- d'encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
- de poursuivre la surveillance de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de toutes les agglomérations françaises, afin d'apprécier les évolutions de la contamination particulaire ainsi que l'impact des actions correctives entreprises.

Il sera judicieux de se référer à ces préconisations lors de la mise en place du métro automatique. De plus, il est suggéré de procéder à des études plus approfondies sur les méthodes et technologies qui permettent de réduire les émissions de particules. Parmi les solutions envisageables, la mise en circulation par la RATP de trains dotés d'une gestion optimisée des systèmes de freinage électriques qui provoqueraient une baisse de 20 à 25% d'émissions de poussières peut être envisagée. La surveillance de la qualité de l'air évoquée précédemment est d'autant plus intéressante dans les gares de la Ligne 15 Sud qu'elle pourra bénéficier du retour d'expérience apporté par les lignes du Réseau de Transport du Grand Paris mises en circulation auparavant.

e. Coûts associés aux mesures

Les mesures visant à améliorer la qualité de l'air en Ile-de-France découlent des mesures liées à l'incitation du report modal de la voiture particulière vers les transports en commun. Les coûts associés sont donc les mêmes que ceux des mesures liées à la mobilité et ne devraient représenter, au total que des coûts faibles voire négligeables.

Concernant la qualité de l'air intérieur, les coûts liés aux mesures concernent d'abord la tenue des études complémentaires ce qui représente entre 20 000 et 100 000 euros. Il est difficile d'évaluer à ce stade l'impact des technologies éventuellement mises en places pour réduire les émissions de polluants. Néanmoins, la mesure principale et probablement suffisante sera l'optimisation des débits de ventilation. Or cette optimisation ne représente aucun investissement supplémentaire car les débits de ventilation maximums sont fixés sur base des débits de désenfumage et sont donc largement supérieurs aux débits de ventilation hygiénique.

f. Mesures de suivi dans le temps

Le principal enjeu lié à la qualité de l'air réside en la diminution des concentrations des diverses espèces polluantes. Les données issues des mesures de ces espèces chimiques sont mises à disposition par AIRPARIF. Le suivi de ces chiffres permettra d'appréhender l'évolution des concentrations en question en région Ile-de-France, d'évaluer à terme l'impact du Réseau de Transport du Grand Paris, et éventuellement de mettre en place des mesures complémentaires si nécessaire.

1.25.2 Environnement sonore

Se référer à la partie « environnement sonore » spécifique à ce sujet.

1.25.3 Sécurité routière

1.25.3.1 Rappel des enjeux

Les accidents de la circulation routière comptent parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue. Le report modal induit par la mise en service de la Ligne 15 Sud permettant de réduire l'intensité du trafic routier, il pourrait par conséquent influer sur le nombre d'accidents de la route et donc sur la santé des franciliens.

Les moyens de transport, qu'ils soient collectifs ou individuels ne sont pas à l'abri d'accidents. Les accidents sur un réseau de métro automatique existent mais sont très rares : la présence de portes palières sur les quais empêchent les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

1.25.3.2 Impacts et mesures en phase chantier

a. Impacts directs et indirects

La perturbation des zones de circulation des véhicules et de cheminement des piétons est le seul impact potentiel de la phase de travaux sur la sécurité routière. Celui-ci est lié à l'aménagement temporaire de la voirie lorsque les zones de chantiers empiètent sur les espaces de circulation des véhicules sur la voirie existante. Cet impact n'est pas quantifiable, mais doit toutefois être souligné dans le cadre de cette étude.

b. Mesures et coûts associés

Les mesures à mettre en place afin d'éviter tout accident de la route et de garantir la sécurité des personnes (conducteurs comme piétons) sont le respect des normes de sécurité à proximité des zones de chantiers. Des règles de circulation temporaires adéquates, accompagnées d'une signalisation claire et visible pour tout usager, seront mises en place en conséquence. De la même façon, une attention particulière sera accordée aux piétons et à leurs conditions de cheminement aux abords de la zone de chantier. Ces mesures temporaires seront nécessairement prises en plaçant la sécurité des personnes fréquentant les abords de la zone de chantier au cœur de la problématique de chaque zone de travaux afin d'y éviter tout risque d'accident. Le coût de ces mesures font partie intégrante des coûts totaux des chantiers.

1.25.3.3 Impacts et mesures en phase d'exploitation

a. Impacts directs et indirects - diminution de nombre d'accidents et de blessés sur les routes franciliennes

Pour évaluer l'impact du report modal sur le nombre d'accidents après la mise en place de la Ligne 15 Sud, il a été nécessaire d'estimer le taux moyen d'accidents. L'analyse de l'état initial a souligné à ce sujet les différences importantes entre les taux d'accidents observés sur les différents types de routes. Les routes locales où la circulation se fait à faible vitesse ont, en effet, un taux relativement élevé d'accidents mais de gravité faible tandis que les axes routiers plus importants et plus rapides ont des taux d'accidents moins élevés mais d'une gravité supérieure.

Trois types de routes ont ainsi été différenciés en fonction du trafic supporté et des vitesses autorisées. De plus, l'analyse de l'état initial a montré que le nombre d'accidents est globalement à

la baisse. Il a donc été nécessaire de projeter les taux observés actuellement aux horizons 2020 (Ligne 15 Sud) et 2030 (réseau du Grand Paris), ce qui a été fait à partir de l'évolution 2005-2010 issue de Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011). Les chiffres obtenus pour 2020 sont présentés dans le tableau suivant.

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2020 (source : projection : STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011))

Taux d'accidents/blessés/tués par millions de véh.km				
	Accidents	Blessés légers	Blessés graves	Tués
Autoroutes	0,0398	0,0370	0,0215	0,0014
RN + RD	0,1261	0,1172	0,0703	0,0047
Agglomération	0,2233	0,2076	0,0371	0,0025

Le facteur principal responsable des différences entre les taux d'accidents et leur gravité étant la vitesse, les taux d'accidents détaillés ci-dessus ont été affectés aux différentes voiries sur base de la vitesse à vide par défaut issue du modèle utilisée (les taux des autoroutes ont été affectés aux voiries où la vitesse est supérieure à 90km/h, les taux des routes nationales et départementales à celles dont la vitesse est supérieure à 70km/h, et les taux en agglomération à celles dont la vitesse est inférieure à 70km/h).

Il a ainsi été possible d'obtenir le nombre d'accidents, de blessés et de tués en situation de référence et en situation de projet et de les comparer. Les différences sont présentées dans le tableau suivant.

Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de la Ligne 15 Sud en 2020.

Nombre évité avec la mise en service de la Ligne 15 Sud à l'horizon 2020	Nombre d'accidents évités	-43
	Nombre de blessés légers évités	-40
	Nombre de blessés graves évités	-19
	Tués évités	-1

Les résultats montrent que la diminution de trafic routier induite par le projet permet de réduire de manière non négligeable le nombre d'accidents de la route. Ainsi, ce sont 43 accidents, 40 blessés légers, et 19 blessés graves et 1 tué évités en 2020 grâce à la mise en place de la Ligne 15 Sud.

Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une amélioration significative des conditions de trafic en Ile-de-France suite à la mise en œuvre du projet.

b. Mesures d'accompagnement et de suivi

Les effets du projet sur la sécurité routière sont positifs en phase d'exploitation. Il n'y a donc pas lieu de mettre en place de mesures visant à atténuer ou supprimer des impacts négatifs du projet.
L'analyse des chiffres issus des statistiques annuelles d'instituts publics tel que l'Observatoire de la Sécurité Routière d'Île-de-France permettra un suivi dans le temps des prévisions de diminutions des accidents de la route.

1.25.4 Synthèse des impacts et mesures liée à la santé et la sécurité

Le tableau ci-après synthétise les principaux impacts et mesures en ce qui concerne la qualité de l'air (à l'extérieur et à l'intérieur du métro), et la sécurité routière.

Les niveaux d'impact ont été évalués sur base du nombre potentiel de personnes affectées et de l'importance du risque encouru.

Synthèse des impacts et mesures concernant la santé

Section	Thématique	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections	**Pollution atmosphérique**	Concentrations en polluants atmosphériques généralement en baisse mais dépassant toujours fréquemment les valeurs limite en particulier à proximité du trafic routier.	Emissions de polluants atmosphériques par le chantier de la Ligne 15 Sud.	Mesures de réduction : • Choix judicieux de matériel et de méthodes de construction permettant de limiter l'émission de poussières. • Rationalisation et optimisation des trajets des véhicules pour le chantier.
			Amélioration globale de la qualité de l'air grâce au report modal de la voiture particulière vers les transports en commun, ainsi qu'aux plans d'amélioration de la qualité du parc bâti accompagnant la mise en service du Grand Paris.	Mesures d'optimisation : • Ensemble des mesures favorables à l'utilisation des transports en commun et dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière (voire chapitre relatif à la mobilité). • Interconnexion des gares du projet avec les autres lignes de transports en commun favorisant le report modal. • Adaptation des plans de circulation afin d'éviter l'augmentation du trafic routier dans les voiries locales à proximité des gares.
		Concentrations en particules fines pouvant être élevées dans les espaces confinés ferroviaires (gares, trains et métros).	Risques de concentrations de particules fines dans les espaces confinés du métro et à proximité des puits de ventilation.	Mesures de réduction : • Limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames via : ▪ réduction des émissions à la source (matériaux de roulement, de freinage et d'aménagement des voies) ; ▪ optimisation de la ventilation et de la filtration ; ▪ équipement de rames avec ventilation réfrigérée ; ▪ surveillance de la qualité de l'air. • Localisation des puits de ventilation de manière à assurer une exposition prolongée minimale des personnes.
	Accidents de la route	Nombre d'accidents de la route relativement faible aux abords du fuseau d'étude.	Diminution du nombre d'accidents et de victimes sur le réseau routier suite à la mise en service du Grand Paris.	Mesures d'optimisation : • Ensemble des mesures favorables à l'utilisation des transports en commun et dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière (voire chapitre relatif à la mobilité). • Mise en place d'aménagements routiers et d'équipements adéquats autour des gares.

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*	
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*	*Impact positif*

2. Analyse des impacts cumulés avec les projets limitrophes connus

L'analyse des effets cumulés du projet de Ligne 15 Sud avec les autres projets autorisés ou en cours d'instruction concerne deux types de projets :

- Les projets dits connexes : ces projets potentiels sont en prise directe avec les ouvrages de la Ligne 15 Sud. En effet, les gares ont été étudiées afin de rendre possible la réalisation de ces projets immobiliers connexes sur les emprises foncières maitrisées pour la réalisation de l'infrastructure de transport qui ne reçoivent pas un usage ferroviaire en phase définitive.. Ces projets, qui seront réalisés après la réalisation des gares, sont portés par d'autres maîtres d'ouvrages et feront l'objet de procédures spécifiques au titre du code de l'environnement et du code de l'urbanisme.

- Les autres projets : ces projets sont ceux de l'analyse « classique » des effets cumulés dans une étude d'impact. Ils sont, soit autorisés ou en cours de travaux, soit ils ont fait l'objet d'un dossier de demande d'autorisation déposé auprès des services instructeurs.

2.1 Projets connexes aux gares de la Ligne 15 Sud

Les projets de ce type ne concernent que les sites des gares sauf ceux des gares suivantes : Pont-de-Sèvres, Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Villejuif IGR, Vitry Centre, Vert-de-Maisons et Noisy-Champs.

Ces projets immobiliers sont présentés dans les fiches de présentation des gares concernées. Ils consistent en la construction de bâtiments ponctuels, dont la hauteur, la forme et l'usage sont à définir au cas par cas, et qui sont implantés:

- Directement au dessus de la gare : la gare et ce bâtiment connexe seront liés structurellement :La structure du bâtiment voyageur de la gare ou les structures de la boite gare souterraine ont donc été conçues pour recevoir un bâtiment en surplomb (prise en compte des descentes de charges notamment).

- A proximité immédiate de la gare : la gare et le bâtiment sont deux ouvrages très proches, voire mitoyens.

Dans les 2 cas, les projets connexes seront construits après les ouvrages de la Ligne 15 Sud.

Le cas de la gare de Noisy-Champs est particulier : la gare elle-même et sa proximité immédiate ne font pas l'objet de projet connexe au sens explicité ci-dessus. Cependant, le projet de la ZAC du Ru de Nesles, porté par EPAMARNE et décrit dans le chapitre suivant, se développe sur l'emprise chantier des ouvrages associés à la gare (OA 801P et 802P, arrière gare) et autour.

Les impacts cumulés potentiels de la Ligne 15 Sud et de ces projets sont localisés à chaque site de gare concerné. Il n'y a pas d'impact à l'échelle de la ligne ou à l'échelle du programme Grand Paris Express.

2.1.1 Impacts cumulés potentiels

La réalisation future des projets connexes relèvera de maitre d'ouvrages tiers, qui auront à leur charge la définition précise de ces projets.

Dans le cadre des études de maitrise d'œuvre des gares de la Ligne 15 Sud, la SGP a étudié les conditions permettant la mise en œuvre future de ces projets, notamment par l'étude des conditions permettant de prendre en compte les descentes de charges de ces projets quand ceux-ci sont en surplomb des gares. A ce titre il est précisé :

- Pour le projet de Ligne 15 Sud : L'échelle de ces projets correspond à l'échelle de projets immobiliers locaux, développés sur les emprises résiduelles du projet ne recevant pas un usage ferroviaire. Du fait de la taille de ces opérations, ces projets futurs potentiels n'ont aucun effet cumulé avec les ouvrages du projet de Ligne 15 Sud appréciée dans son ensemble.

- Pour les gares concernées : les projets connexes potentiels seront réalisés en application des Plans locaux d'urbanisme en vigueur. De ce fait, l'ensemble des gares présentant un potentiel pour l'accueil futur de projets connexes potentiels correspondent à des contextes urbains déjà constitués ou en cours de renouvellement. Ainsi, le développement futurs de projets immobiliers ponctuels n'aura pas d'effets cumulés notables au regard des caractéristiques urbaines et du fonctionnement de ces sites.

2.1.2 Impacts paysagers

Ces impacts concernent avant tout le paysage local. Le nouveau bâtiment amplifie l'impact de l'émergence de la gare car son volume correspond à l'échelle d'un projet immobilier local. La modification du paysage local est donc plus visible en comparaison avec l'implantation du bâtiment voyageur de la gare, dont la hauteur en rez-de-chaussée est de l'ordre de 5 à 6 mètres.

Cet impact est fortement réduit par l'existence d'un bâti dense autour des gares dans lequel s'inscrit le nouveau bâtiment.

2.1.3 Impacts sur le sous sol

Ces impacts sont limités dans la première configuration, le sous sol de l'ouvrage global étant représenté par la partie souterraine de la gare. Il n'y a pas d'effets cumulés.

Dans la seconde configuration, le volume de sous sol occupé par les deux ouvrages peut augmenter de façon marginale.

Pour les gares, le volume occupé en sous-sol par l'ouvrage de transport est conséquent du fait des dimensions de la gare et de la profondeur des parois moulées. Cette profondeur est en effet conditionnée par la profondeur du tunnel et par le besoin d'ancrer les parois moulées dans des horizons géologiques favorables.

Le fait de construire les ouvrages successivement réduit fortement les impacts cumulés de la phase chantier. Cela les limite à des questions de durée de nuisances dans le temps, en particulier en ce qui concerne les vibrations et la position par rapport aux ouvrages souterrains existant.

En phase exploitation, les effets additionnels du bâtiment par rapport à ceux de la gare concernent principalement les eaux souterraines et l'effet barrage. Les principes et la profondeur de fondation du bâtiment n'étant pas connu, l'effet cumulé ne peut être quantifié précisément à ce stade. Il devra l'être lors des études de conception, à la charge des maîtres d'ouvrages futurs des projets connexes.

Pour les projets connexes potentiels, les sous-sols peuvent prévoir, comme tout projet immobilier en zone urbaine dense, un à deux niveaux de sous-sol dévolus à du stationnement sur des emprises proches à celle de la gare. Toutefois, compte tenu de la différence d'échelle entre les gares et les projets connexes, et de l'implantation de ces projets connexes potentiels sur des sites urbains, dont les premiers niveaux de sous-sol sont déjà occupé par des ouvrages existants (stationnement souterrains, réseaux concessionnaires, fondations de bâtiments), les effets cumulés potentiels peuvent être considérés comme non notables.

Par ailleurs, des prescriptions imposées ou prévues pour la construction souterraine de la gare s'appliqueront de façon adaptée au projet de bâtiment.

2.1.4 Impacts sur le milieu humain

Les bâtiments concernés vont accueillir une population nouvelle qui contribuera à l'augmentation locale des déplacements de toute nature.

Compte tenu de l'échelle locale des projets immobiliers connexes, cette augmentation ne sera pas significative à l'échelle du périmètre autour de la gare ni à l'échelle de la fréquentation du réseau de transport.

De façon générale, les impacts potentiels s'inscrivent dans les évolutions prévues par les documents de planification, en particulier le SDRIF, et les plans locaux d'urbanisme, du fait du développement potentiel d'opérations de construction à proximité immédiate des gares.

La présence de la gare et les études relatives aux bâtiments limiteront les impacts sur les transports locaux par incitation à l'utilisation des transports en communs.

L'intégration de certaines gares du projet de la Ligne 15 Sud à des projets connexes de type immobilier a des effets cumulés réduits. Il est en effet avantageux de densifier le bâti autour des points d'accès à un moyen de transport important à l'échelle régionale. C'est d'ailleurs l'un des points principaux de la politique régionale de la ville durable inscrite dans les documents de planification à cette échelle.

2.2 Autres projets retenus pour l'analyse des impacts cumulés

2.2.1 Liste des projets retenus

En application du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2012 pris en application de la Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010, dite Loi « Grenelle II », et intégré aux articles R122-2 et suivants du code de l'environnement, cette partie traitera des effets cumulés du projet avec les projets connexes, sur l'environnement et sur la santé humaine.

Dans cette partie, les projets connexes pris en compte concernent :

- Les projets de planifications du territoire, à savoir les projets de CDT traversés par le linéaire de la Ligne 15 Sud,
- Les projets d'infrastructures et de transports en commun identifiés dans le fuseau d'étude,
- Les projets d'aménagement urbain sous la forme de ZAC ou quartier d'aménagement,
- Les projets de constructions de bâtiments ou de structures bâties (type centre commercial, parking,…),

L'analyse a été principalement menée sur des projets d'importance (projet d'Utilité Publique, projet d'aménagement de quartiers, projets à enjeu vis-à-vis de leur interaction avec la Ligne 15 Sud).

Pour exemple, les opérations soumises à Permis de Construire dans le cadre de la construction d'immeuble unique n'ont pas été **systématiquement** prises en compte. En effet, l'ampleur des travaux de réalisation et les effets dus à leur exploitation ne semblent pas toujours proportionnés au regard des effets induits par la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud et des différents pôles « gares » associés à cette dernière. Ils ont donc été considérés au cas par cas.

Les projets retenus dans le cadre de cette étude sont listés ci-dessous et présentés dans les paragraphes qui suivent. Ces derniers sont ceux qui :

- Ont été soumis à autorisation et ont déjà fait l'objet d'un document d'incidences au titre de la Loi sur l'Eau et d'une enquête publique,
- Ont fait l'objet d'une étude d'impact et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public.

A noter qu'ont été également pris en compte dans l'analyse qui suit les projets où un éventuel impact cumulé a été pressenti à ce stade préliminaire de leurs études, sans pour autant qu'ils aient fait l'objet d'une évaluation environnementale ou d'une autorisation préalable.

Dans la démarche ci-dessous, les projets connexes étudiés sont ceux pris en compte par les équipes de maîtrise d'œuvre dans l'avant-projet.

Typologie de projets connexes	Projet connexe concerné	Secteur d'interaction du projet connexe avec la Ligne 15 Ouest
Contrat de Développement Territoriale	CDT GPSO – Innovation numérique	Grand Paris Seine Ouest - Secteur Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Sèvres
	CDT Campus Sciences et santé	Vallée Scientifique de la Bièvre – Secteur Bagneux, Arcueil-Cachan, Villejuif
	CDT Grandes Ardoines	Secteur Vitry-sur-Seine, Alfortville
	CDT Boucles de la Marne	Secteur Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Champigny-sur-Marne
	CDT Cœur Descartes	Secteur Noisy-le-Grand, Champs sur Marne
Pôle gare Pont-de-Sèvres	ZAC Séguin Rives de Seine Echangeur de la Manufacture Vallée Rive gauche	Secteur Boulogne Billancourt Secteur Sèvres Secteur Sèvres-Meudon-Issy les Moulineaux
Pôle gare Issy RER	ZAC Léon Blum	Secteur Issy les Moulineaux
Pôle gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Ecoquartier de la gare	Secteur Clamart
Pôle gare Bagneux	Ecoquartier Victor Hugo Prolongement sud Ligne 4 du Métro	Secteur Bagneux
Pôle gare Villejuif Institut Gustave Roussy	ZAC Campus Grand Parc	Secteur Villejuif
Pôle gare Villejuif Louis Aragon	ZAC Aragon	Secteur Villejuif
Pôle gare Les Ardoines	ZAC Gare Ardoines TZEN 5	Secteur Vitry-sur-Seine
Pôle gare Bry-Villiers-Champigny	Requalification RD10 TCSP Altival ZAC Simonettes Nord Projets SNCF – Gare RER E voies	Secteur Champigny sur Marne
Pôle gare Noisy-Champs	Projet urbain EPAMARNE	Secteur Noisy le Grand et Champs sur Marne

Liste des projets connexes retenus pour l'analyse des effets cumulés avec le projet de Ligne 15 Sud

2.2.2 Les Contrats de Développement Territorial (CDT)

2.2.2.1 CDT Grand Paris Seine Ouest – Innovation numérique

Ce CDT couvre le territoire de la Communauté d'Agglomération Grand Paris Seine Ouest (GPSO) rassemblant les communes de Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Vanves, Sèvres, Ville-d'Avray et Chaville. Il a été signé le 13 novembre 2013.

Il s'articule autour de 3 thématiques pour lesquelles le territoire présente de nombreux atouts :

La ville numérique : Le CDT de GPSO affirme du territoire autour de « l'innovation numérique » dans sa vocation à optimiser la gestion des ressources et notamment de l'énergie. Le territoire de GPSO est déjà le lieu d'une approche expérimentale in situ et auprès des habitants, à l'image du projet IssyGrid (Issy-les-Moulineaux), premier réseau de quartier intelligent en France. Cette expérience fait d'ailleurs de GPSO un territoire pionnier dans la conception de l'habitat du XXIème siècle.

La ville durable : La desserte de GPSO en transports en commun verra ses infrastructures de transports encore renforcées par le projet de rocade métro Grand Paris Express. Ceci nécessitera toutefois une mise en cohérence entre le réseau historique, la future rocade et les secteurs de développement urbain, tout en améliorant la desserte existante.

Egalement, « poumon vert » de la petite couronne parisienne, GPSO est engagée depuis longtemps dans des actions exemplaires de préservation et de valorisation de l'environnement. Véritable trait d'union entre la Ceinture verte de l'agglomération parisienne et la Ville de Paris, GPSO est idéalement structurée afin de reconstituer une infrastructure d'espaces naturels plurifonctionnels participant à la création d'un réseau écologique communautaire.

La ville créative : GPSO se caractérise aujourd'hui par une densité importante d'établissements artistiques de qualité et de réseaux d'artistes. Le projet culturel de l'Ile Seguin (Boulogne-Billancourt – voir ci-dessous), « Ile de toutes les cultures du Grand Paris », contribuera lui aussi à faire de ce territoire l'un des centres majeurs de la métropole francilienne en devenant un pôle de destination du Grand Paris Culturel s'insérant dans le projet de Vallée de la culture porté par le Conseil départemental des Hauts-de-Seine. La programmation devrait être résolument orientée vers les domaines des expressions culturelles et artistiques contemporaines, des nouveaux médias et des loisirs.

Ces trois thématiques sont ensuite déclinées en objectifs relatifs au :

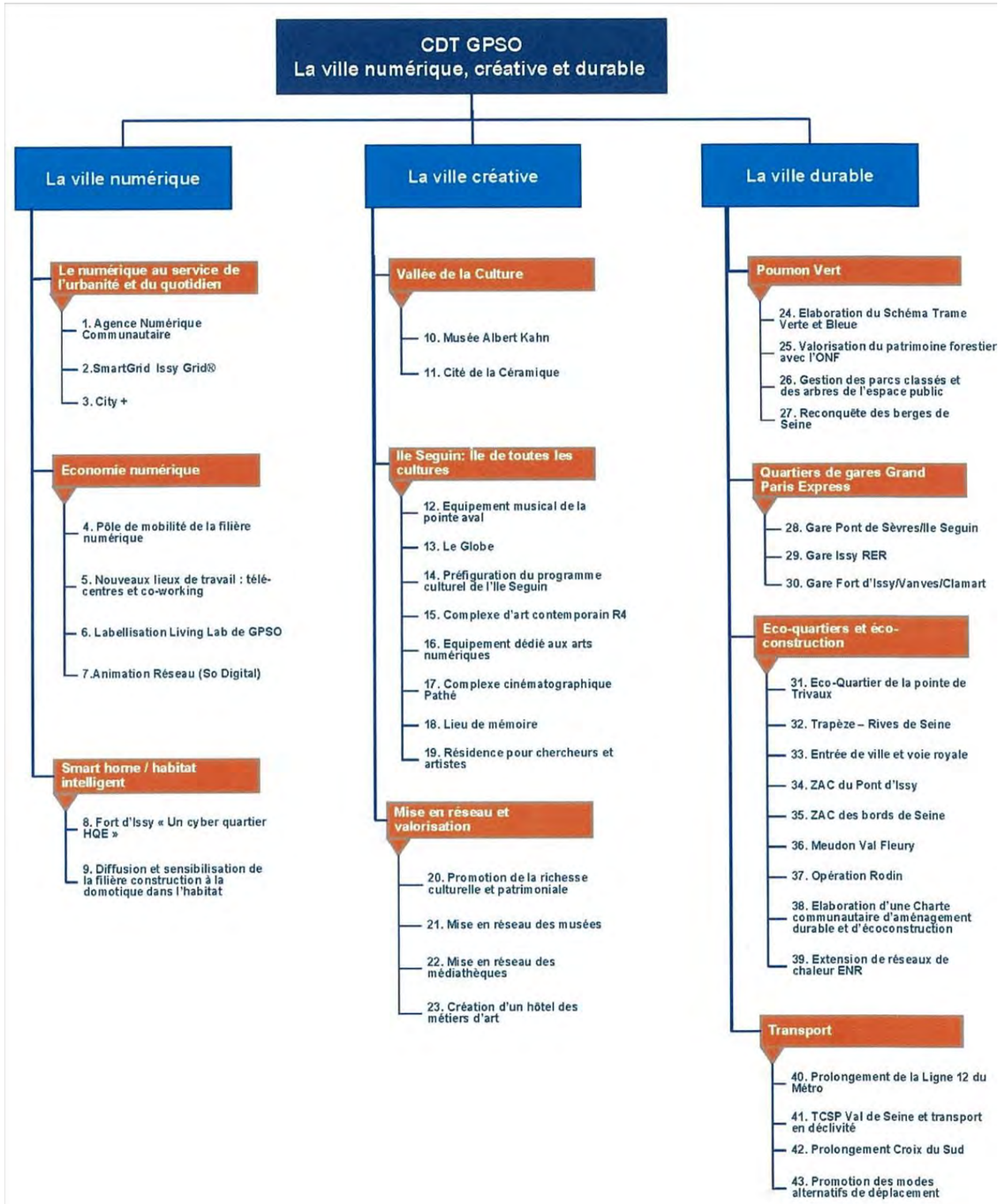
- **Développement économique** : cet axe fort de développement est affirmé à la fois quantitativement, le territoire est attractif, et qualitativement. Dans le cadre de la Ville durable, la mixité des vocations territoriales et le maintien d'une trame verte et bleue est affirmée.

- **Développement du logement** : ce second axe fort de développement conditionne le premier dans l'application des trois thématiques exposées ci-dessus. Outre le manque de logements à l'échelle régionale et départementale, le développement du logement est une nécessité locale en liaison avec le développement économique.

- **Transport public** : le territoire de GPSO va voir arriver de nouvelles infrastructures. Leur intégration dans le réseau existant par adaptation et modifications, en liaison avec l'évolution du bâti est un enjeu important.

- **A l'équipement public** : l'évolution des équipement en rapport avec celle de la population et des emplois est l'un des enjeux de l'attractivité future du territoire. Le CDT développe le volet culturel de façon importante sans sous estimer les autres besoins.

- **A la préservation d'espaces non bâtis et de la qualité environnementale** : ces espaces sont essentiels dans la ville durable et dans la mise en œuvre de certaines politiques environnementales. Il en est ainsi de la biodiversité au travers des trames vertes et bleues : le territoire de GPSO comporte un certain nombre d'espaces forestiers importants dont le rôle de ce point de vue est stratégique.



CDT GPSO – Déclinaison des trois thématiques stratégiques en actions (source CDT GPSO)

2.2.2.2 CDT Campus Sciences et Santé

Le CDT Campus Sciences et Santé associe l'Etat, la Conférence territoriale de la Vallée scientifique de la Bièvre, et les collectivités. Il a été approuvé le 12 septembre 2013.

Il concerne huit villes : Bagneux et les 7 villes de la communauté d'agglomération du Val de Bièvre (Arcueil, Cachan, Fresnes, Gentilly, L'Haÿ-les-Roses, Le-Kremlin-Bicêtre, Villejuif).

Il s'inscrit dans le territoire de référence de la **Vallée scientifique de la Bièvre** : ce trritoire couvre les communes suivantes :

- Les 7 communes de la CA du Val de Bièvre (voir ci-dessus),
- Les 2 communes de la Communauté de Communes de Châtillon-Montrouge,
- Les 4 communes de la CA Sud de Seine : Bagneux, Clamart, Malakoff, Fontenay-aux-roses,
- Les 5 communes suivantes de la CA des Hauts de Bièvre : Antony, Bourg-la-Reine, Sceaux, Chatenay-Malabry, Le-plessis-robinson.

Le contrat de développement territorial « Campus Sciences et Santé » s'appuie le schéma de développement territorial (SDT), défini en 2010 par la conférence territoriale de la Vallée scientifique de la Bièvre (VSB). Cette conférence regroupe l'ensemble des collectivités appartenant à la VSB.

Les enjeux du CDT

Le Contrat est porteur d'une dynamique urbaine forte et équilibrée, articulée autour de l'arrivée du métro du Grand Paris Express, portant notamment sur :

- la création de **9 nouvelles gares de métro** sur le territoire de la Vallée Scientifique de la Bièvre, **dont 6 sur le territoire du CDT** ;

- 23 secteurs opérationnels , dont plusieurs grandes opérations d'urbanisme : la ZAC Campus Grand Parc à Villejuif, la ZAC Eco-quartier Victor Hugo et le projet de mutation du site des Mathurins à Bagneux…

- La production annuelle de **1 700 logements pendant 15 ans** , avec une offre diversifiée et une part importante de logements sociaux ;

- Un développement économique permettant un rééquilibrage habitat-emploi, autour de filières stratégiques (avec au premier rang la santé, mais également le numérique, les PME-PMI...) et une production immobilière volontariste.

Une dominante Santé & Recherche

La force de ce territoire réside dans l'existence de grands équipements de santé (Institut Gustave Roussy, hôpitaux Paul Brousse et Paul Guiraud, CHU de Bicêtre) et d'enseignement supérieur (l'Ecole spéciale des travaux publics et ENS de Cachan). Ce sera le point d'ancrage d'un bioparc de rang international.

2.2.2.3 CDT Grandes Ardoines

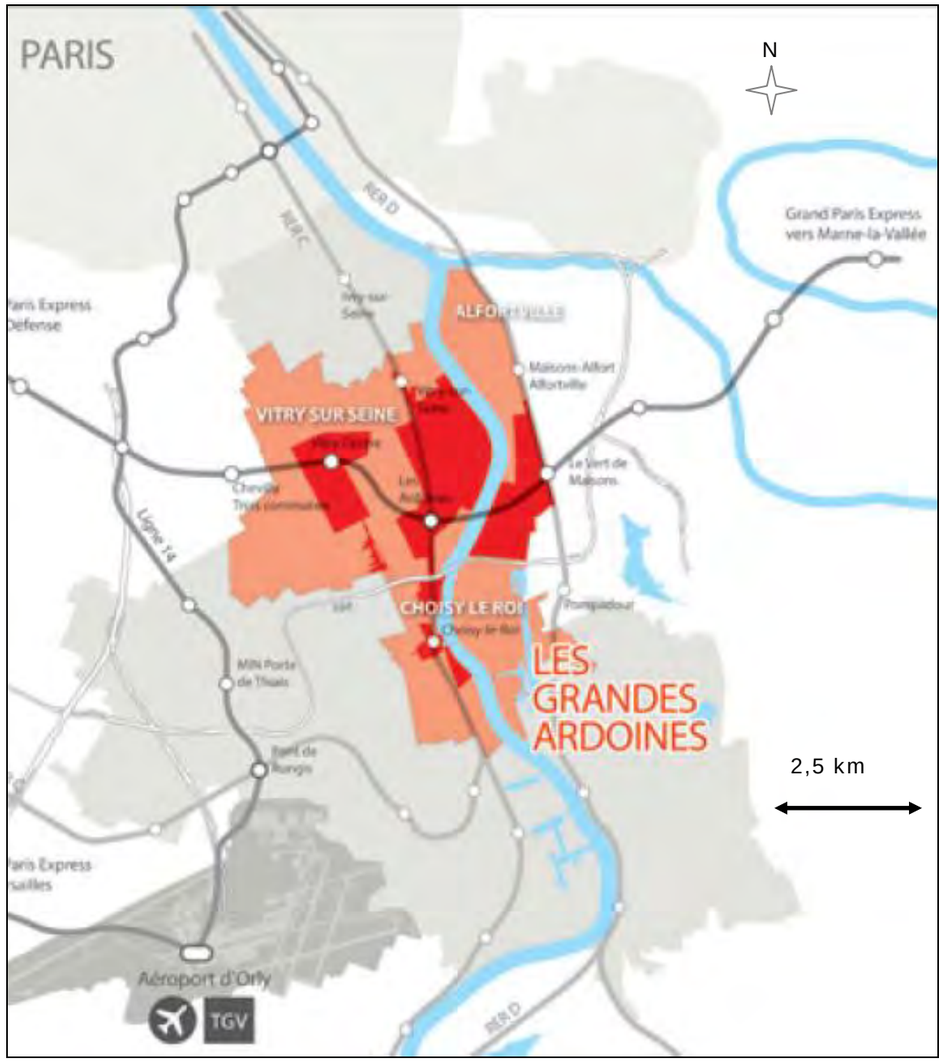
Ce CDT couvre le territoire les communes de Vitry-sur-Seine, Choisy-le-Roi et Alfortville et s'inscrit dans celui de l'opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis Seine Amont (ORSA).

Les communes appartiennent à la CA Seine Amont (Vitry-sur-Seine et Choisy-le-Roi) et à la CA Plaine Centrale du Val-de-Marne (Alfortville).

Le pilote du CDT est l'Etablissement Public d'Aménagement (EPA) ORSA, intervenant pour le compte des collectivités.

Les objectifs stratégiques du projet sont les suivants.

- Poursuivre le développement de secteurs majeurs du territoire : à Vitry-sur-Seine, Les Ardoines, les secteurs Rouget-de-L'Isle et Vitry-Centre (gare) ; à Choisy-le-Roi, le Lugo, le centre-ville, le quartier sud et celui du Port ; à Alfortville, le sud et les berges de Seine.
- Renforcer le caractère productif et innovant du territoire : une part significative du territoire est actuellement occupé par des entités industrielles, dont quelques unes de grande taille. Le CDT réaffirme cette vocation productive, tout en développant le logement.
- Améliorer le maillage de transports en commun à toutes les échelles.
- Poursuivre l'effort de construction de logements : objectif de 1 390 logements par an pendant 15 ans et un taux de logements sociaux conservé au niveau actuel.
- Préserver l'identité historique, culturelle et artistique du territoire.
- Promouvoir une ville compacte et résiliente, réconciliée avec son patrimoine naturel et paysager.



CDT Grandes Ardoines – Délimitation du territoire (orange) et des principaux pôles opérationnels (rouge) (source CDT Grandes Ardoines)

2.2.2.4 CDT Boucles de la Marne

Ce CDT couvre le territoire des communes de Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne et Chennevières-sur-Marne. Il est approuvé en décembre 2014.

Cette dernière commune appartient à la CA du Haut-Val-de-Marne. Les autres communes n'appartiennent à aucune intercommunalité.

Les objectifs du CDT sont les suivants :

- Rééquilibrer durablement le rapport habitat/emploi en faveur de l'activité économique en :

* Répondant à une double contrainte : spécialisation résidentielle et migrations alternantes,

* Rééquilibrant le rapport habitat/emploi en s'appuyant sur de nouvelles ambitions en matière d'aménagement urbain,

* Valorisant et développant le Cluster de la Ville Durable.

- Conjuguer mixité et solidarité en termes de logement et de cadre de vie en :

* Encadrant les opportunités de développement,

* Accentuant l'intensification urbaine et la mixité.

- Faire des Boucles de la Marne, un territoire connecté en :

* Remaillant le territoire à l'échelle locale et à l'échelle métropolitaine,

* Fixant des objectifs à 2020 et 2030.

- Développer un territoire à fort potentiel environnemental et de développement durable en :

* Créant des trames vertes et bleues lisibles à l'échelle des Boucles de la Marne,

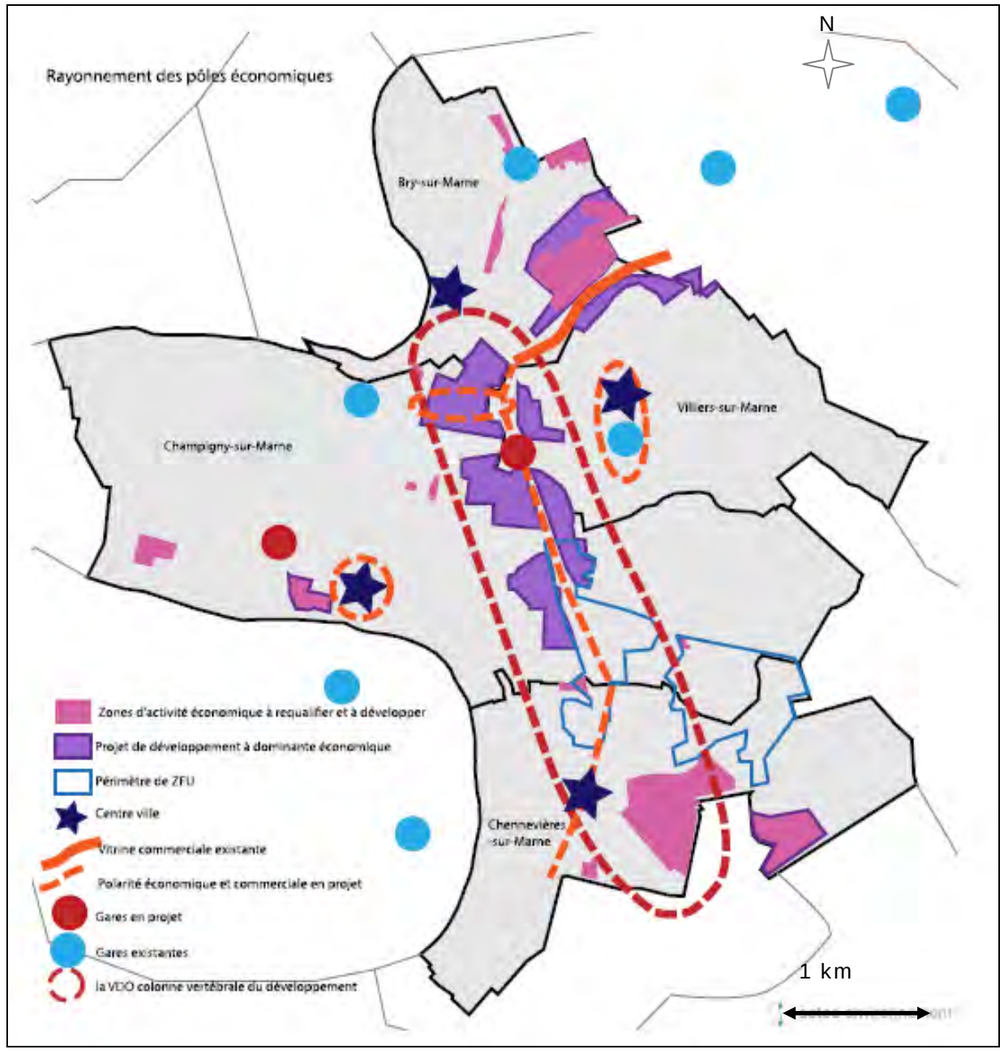
* Affichant des ambitions légitimes en matière d'efficacité énergétique.

- Afficher des ambitions et mettre en œuvre des coordinations dans les domaines de la culture, des loisirs et de la qualité de vie en :

* Valorisant des atouts négligés,

* Mettant en œuvre une politique culturelle et de loisirs ambitieuse.

- Développer un projet partenarial, construit avec et pour les habitants.



CDT Boucle de Marne – Délimitation du territoire et enjeux économiques) (source CDT Boucle de Marne)

2.2.2.5 CDT Cœur Descartes

Ce CDT couvre le territoire des communes de Noisy-le-Grand (93) et Champs-sur-Marne (77 – CA Marne-la-Vallée – Val Maubuée).

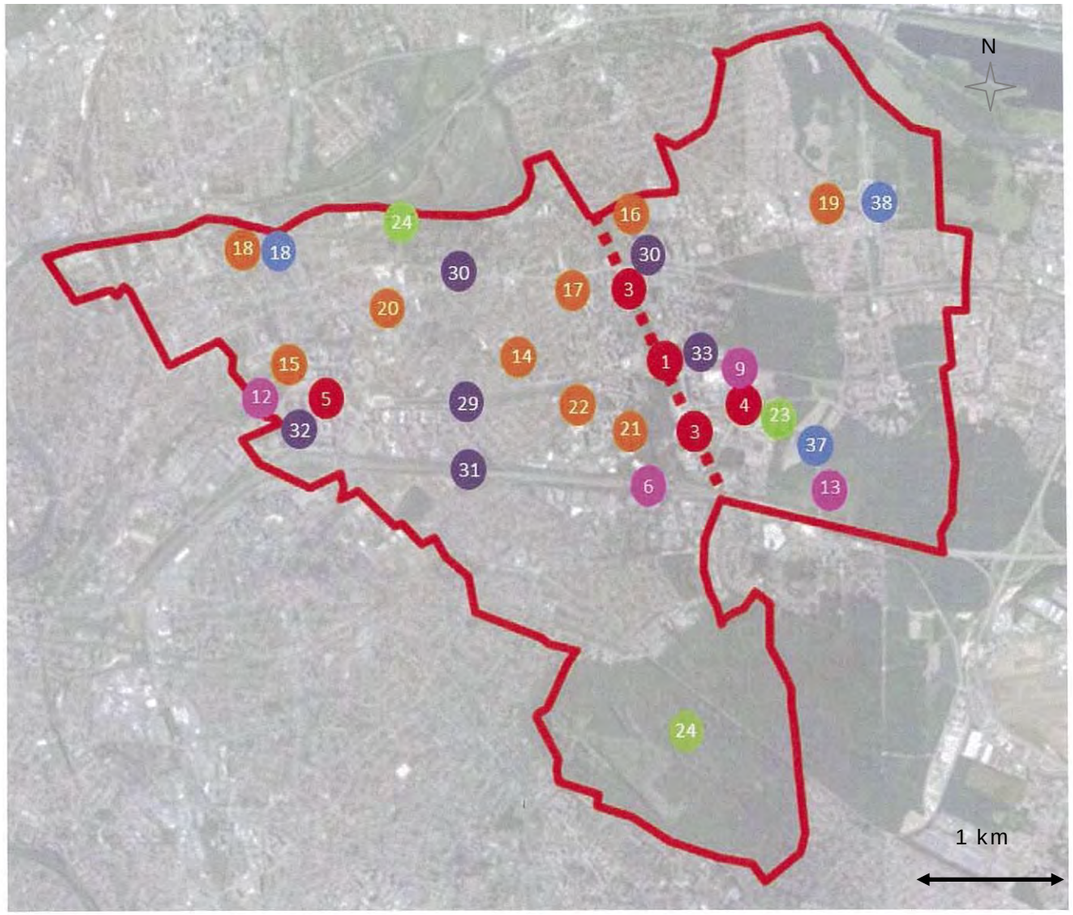
Le Projet stratégique de développement durable est décliné selon les axes suivants :

- **Accélérer le développement du premier pôle économique de l'Est parisien au service de ses habitants :**
  - Affirmer les spécificités économiques du territoire à partir de ses moteurs de développement,
  - Accompagner les moteurs économiques par des actions d'animation et de promotion coordonnées,
  - Développer et mettre en réseau les services aux entreprises,
  - Relier les potentiels de développement aux besoins locaux d'emplois et d'insertion.
- **Réaliser un projet d'aménagement préparant la transition énergétique et dédié à la qualité d'habiter**
  - Mailler et intensifier le tissu urbain, créer des coutures à toutes les échelles,
  - Faire la ville, au service de l'attractivité résidentielle,
  - Valoriser le grand paysage au travers de l'aménagement de Noisy-Champs.
- **Trois polarités urbaines majeures pour affirmer la vocation de porte et de centralité de l'Est métropolitain**
  - La gare du Grand Paris Express : créer une nouvelle polarité urbaine, emblématique de la centralité Noisy-Champs dans l'Est parisien,
  - Le secteur de la Cité Descartes : diversification et intensification pour un pôle ouvert sur son environnement,
  - Le secteur du Mont d'Est – Maille Horizon : une polarité tertiaire importante.

Le projet stratégique a conduit à la définition d'objectifs et de priorités par domaines :

- **Logements** : accroître le niveau de production et diversifier l'habitat disponible,
- **Développement économique** : créer des activités nouvelles à partir de la Cité Descartes et accompagner les populations vers l'emploi,
- **Transports et déplacements** : compléter le maillage territorial et construire la ville des courtes distances,
- **Equipements et services** : mettre en œuvre une politique de développement des équipements et services ambitieuse et attractive,
- **Protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, des paysages et ressources naturelles** : protéger les ressources du territoire et valoriser leur accès aux populations.

Les objectifs ci-dessus sont appliqués et déclinés dans la conception des différents projets. La figure ci-dessous présente la carte de localisation des projets intégrés au CDT.



CDT Cœur Descartes – Carte de localisation des projets (source CDT Cœur Descartes)

2.2.3 Les projets du secteur de la gare de Pont de Sèvres

2.2.3.1 Projets Boulogne Billancourt – ZAC Seguin – Rives de Seine

Cette ZAC a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 19 décembre 2013 portant sur une actualisation du projet.

Cette ZAC a été créée officiellement en 2004 avec la vocation principale de gérer l'évolution urbaine des sites occupés par les usines Renault.

Elle est divisée en trois parties ayant des caractéristiques et des vocations assez différentes :

- **Le Quartier du Pont-de-Sèvres** : ce secteur, construit dans les années 1970, nécessite une restructuration urbaine. Le projet, conventionné par l'Agence Nationale de Restructuration Urbaine (ANRU), repose à la fois sur la restauration d'immeubles existant et sur la création de nouveau espaces, dont des espaces verts.

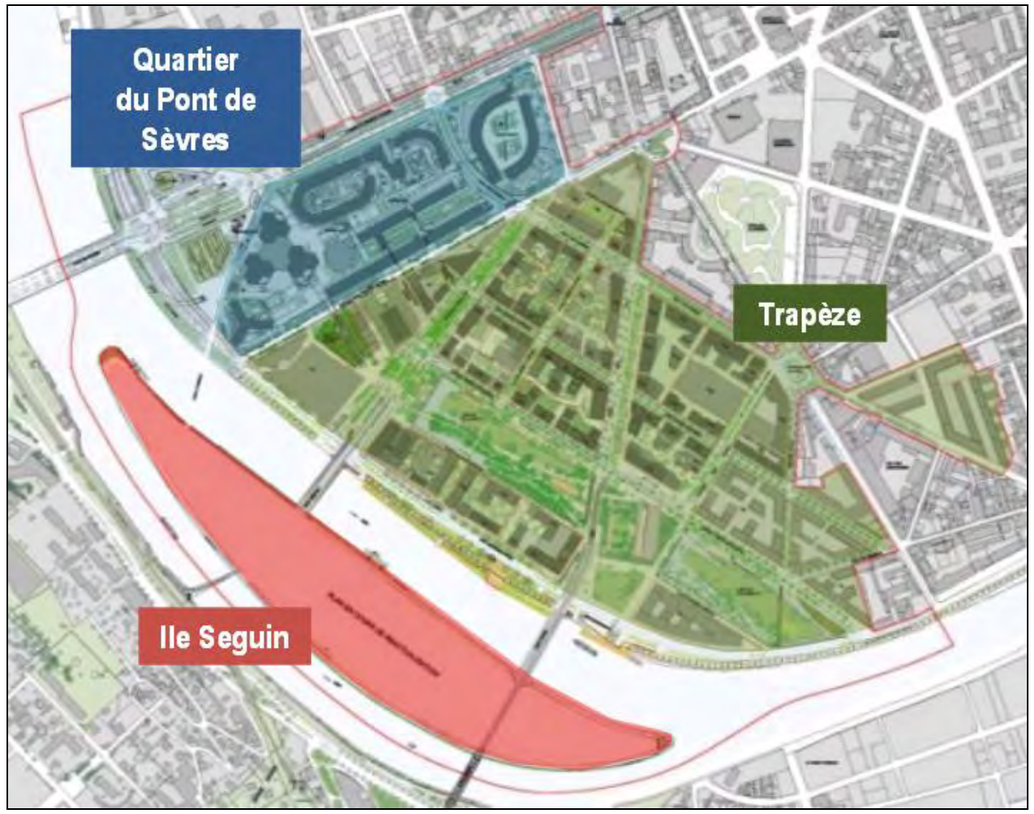
- **Le Trapèze** : le programme total du Trapèze (ouest et est), comprend 662.000 m², répartis entre logements (352 300 m²), bureaux et activités de bureaux (242 600 m²), équipements publics (34 100 m²) et commerces et activités (33 600 m²). Cela représente à terme plus de 10 000 habitants et 12 000 emplois.

- **L'Ile Seguin** : la vocation principale de la nouvelle Ile Seguin est répartie entre les activités culturelles, avec les bureaux et les hébergements nécessaires, les activités sportives et les espaces verts. Un jardin de 12 000 m² est déjà construit.

Le projet de ZAC prévoit les liaisons entre les différentes entités, en particulier les liaisons douces, dont une passerelle sur la Seine.

Il prévoit également un réaménagement de la RD1 au droit de la ZAC et de sa connexion avec le Pont-de-Sèvres.

La gare du Grand Paris Express a été intégrée au projet de ZAC.



Boulogne Billancourt – ZAC Séguin Rives de Seine – Périmètre et organisation

2.2.3.2 Sèvres – Restructuration de l'échangeur de la Manufacture

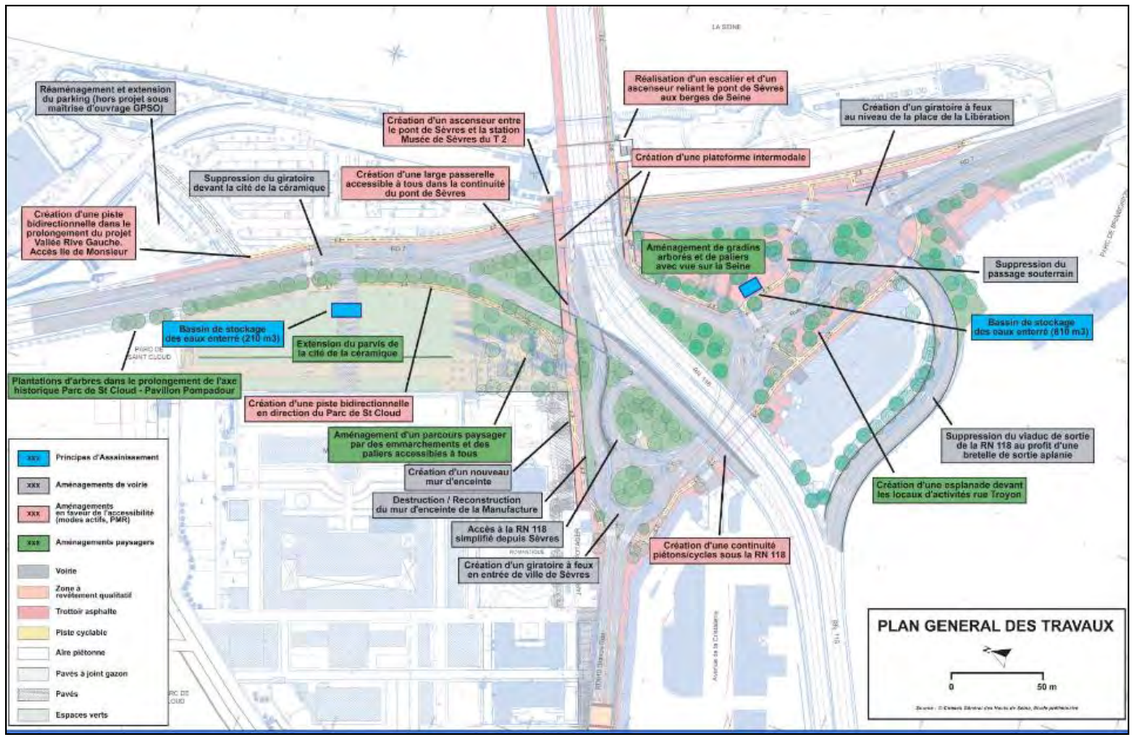
Ce projet, porté par le Conseil départemental des Hauts-de-Seine, a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 9 juillet 2014.

L'objectif principal du projet est de transformer un échangeur aux caractéristiques autoroutières construit dans les années 60 en un échangeur urbain. Cela passe par une modification importante des connexions entre la RN118 et les principales routes départementales du secteur, la RD7 sur le quai de la Seine en rive gauche et la RD910 (ou Grande Rue de Sèvres) reliant le Pont-de-Sèvres à Versailles.

La figure ci-dessous présente le plan général des travaux figurant dans le dossier d'enquête publique.

Ce projet est riverain du projet précédent de la ZAC Seguin Rives de Seine et du projet de la gare du Grand Paris Express.

Les aménagements se font en rive gauche de la Seine.



Sèvres – Echangeur de la Manufacture – Plan général des travaux (source dossier enquête publique)

2.2.3.3 De Sèvres à Issy-les-Moulineaux – Vallée rive gauche

Ce projet, porté par le Conseil départemental des Hauts-de-Seine, a été déclaré d'utilité publique en 2010 et autorisé en 2013.

Il consiste en une double opération sur la rive gauche de la Seine entre le Pont-de-Sèvres et la limite communale de Paris (exclue) :

- Réaménager la RD7 : cette voie supporte un trafic routier largement supérieur à ses capacités actuelles. Il s'agit donc de requalifier cette voie en augmentant la capacité de transit.

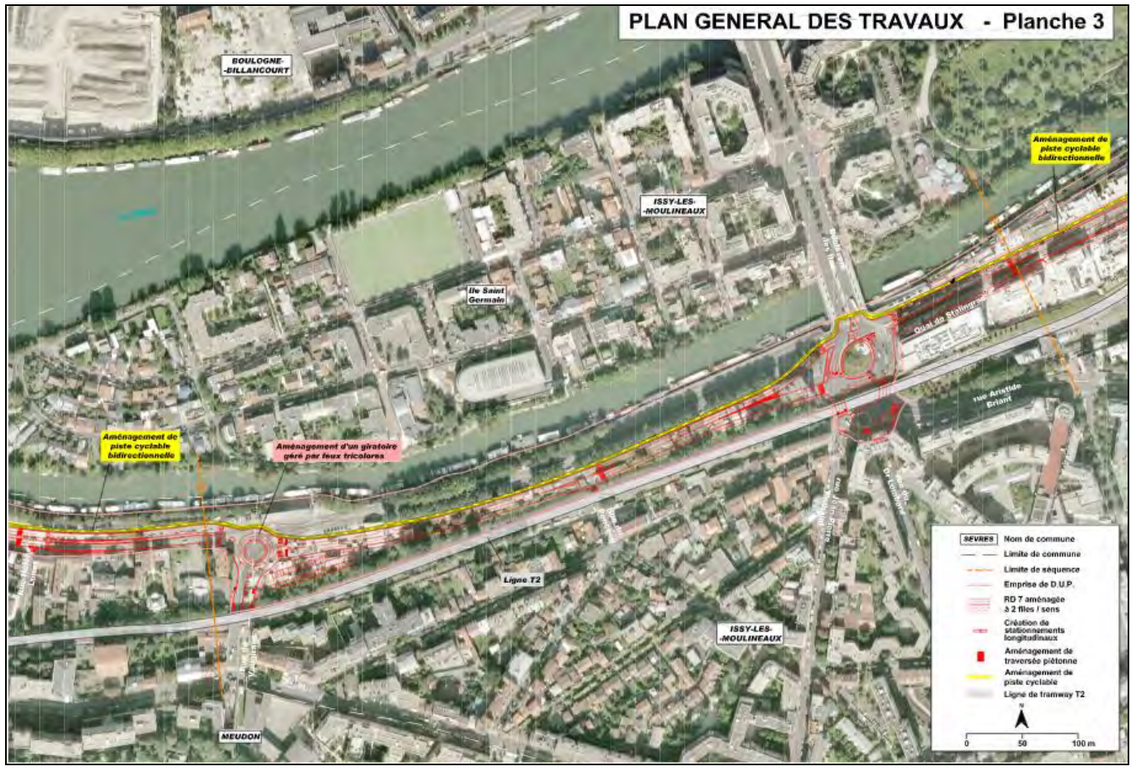
- Réaménager la berge de la Seine en interface avec la RD7 : organisation d'espaces de circulations douces (piétons, cycles) intégrant des espaces naturels, confortement des berges et réorganisation des amarrages.

Les figures ci-dessous présentent le plan d'aménagement des travaux à Sèvres et à Issy les Moulineaux au droit de la place de la Résistance.

Les aménagements se font en rive gauche de la Seine.



De Sèvres à Issy les Moulineaux – Vallée Rive Gauche – Plan général des travaux planche 1 (source dossier enquête publique)



De Sèvres à Issy les Moulineaux – Vallée Rive Gauche – Plan général des travaux planche 1 (source dossier enquête publique)

2.2.4 Les projets du secteur de la gare d'Issy RER

2.2.4.1 Issy les Moulineaux – ZAC Léon Blum

Cette ZAC n'a fait l'objet d'aucun avis de l'Autorité Environnementale. Elle est cependant présentée ici car le projet est construit autour de la gare Issy RER.

Le périmètre présenté sur la figure ci-dessous est celui qui figure dans les documents de communication publics.



Issy-les-Moulineaux – ZAC Léon Blum – Périmètre d'étude

La vocation de cette ZAC est d'accompagner l'arrivée de la gare du Grand Paris Express en permettant une restructuration localisée et cohérente du bâti dans le cadre des objectifs urbanistiques de la commune.

Le projet n'étant pas défini et public, cette ZAC ne fera pas l'objet de l'analyse des effets cumulés.

2.2.5 Les projets du secteur de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart

2.2.5.1 Clamart – Ecoquartier de la gare

Ce projet n'a fait l'objet d'aucun avis de l'Autorité Environnementale. Il est cependant présentée ici car le projet est construit autour de la gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

Ce projet a été initié au début des années 2000 par la Mairie de Clamart dans le but de requalifier le quartier de la gare Transilien existante. L'existence d'une friche SNCF offre une opportunité foncière d'aménagement.

Ce projet a fait l'objet d'études et de concertations diverses jusqu'en 2010, où l'arrivée d'une gare du Grand Paris Express, potentielle puis affirmée, a remis en cause le projet existant et suspendu les études et les procédures.

Les objectifs initiaux du projet étaient les suivants et formalisés sur le plan de la figure ci-dessous :

- Bureaux 18 000 m²,
- Résidence étudiante ou para-hôtelière 4 000 m²,
- Commerces 500 m²,
- Locaux artisanaux 800 m²,
- Parking mixte: 250 places publiques et 300 places privées,
- Equipement public 600m².



Clamart – Ecoquartier de la gare – Plan projet 2008 (source Mairie)

Ce projet est en cours de réactualisation en prenant en compte l'implantation de la gare.



Clamart – Ecoquartier de la gare – Plan du périmètre actualisé (source SGP AVPb)

2.2.6 Les projets du secteur de la gare de Bagneux

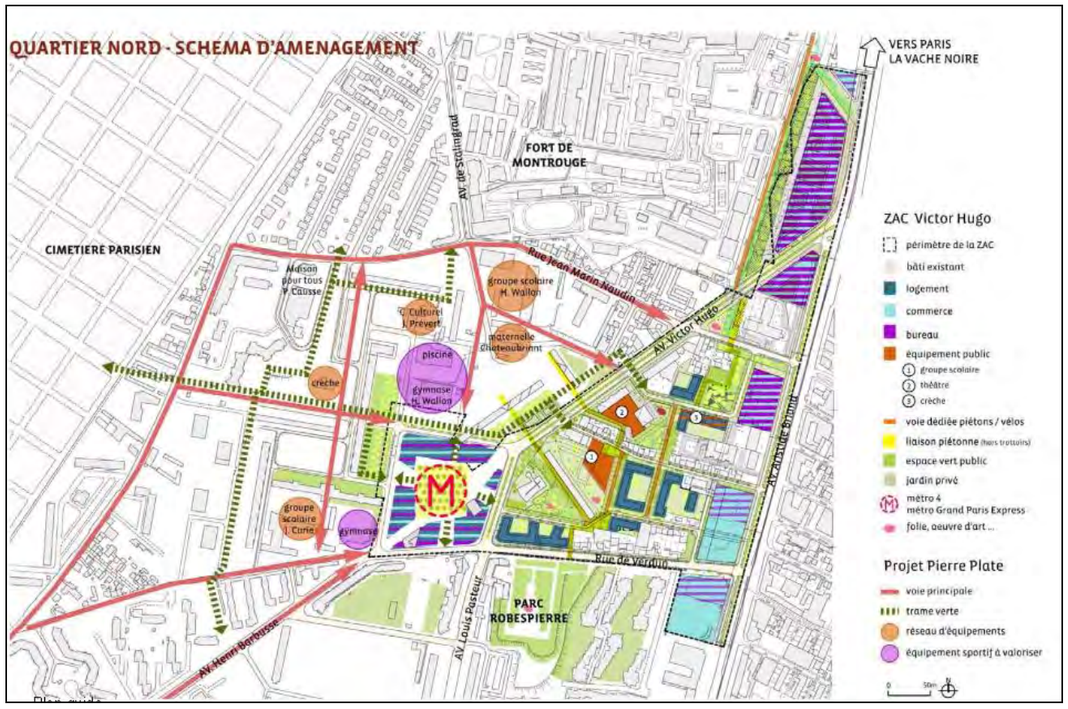
2.2.6.1 Bagneux – ZAC Ecoquartier Victor Hugo

Ce projet, porté par la Mairie de Bagneux a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 12 juillet 2013.

Le projet de ZAC concerne un partie significative du territoire communal avec la vocation du renouvellement urbain et la prise en compte de l'arrivée d'infrastructures de transport nouvelles.

Les objectifs du projet sont visent à la mixité des usages logement – activités tertiaires. Sur 20 ha, 850 logements, 110 000 m² de bureaux, 40 000 m² de commerces et des équipements collectifs sont envisagés. Cela devrait amener 2500 habitants supplémentaires et 4800 emplois nouveaux.

Le projet intègre la gare du Grand Paris Express et la gare terminus du Métro 4. Il fait de ces gares un pôle important du projet dans l'organisation des circulation douces et routières.



Bagneux – ZAC Ecoquartier Victor Hugo – Schéma d'aménagement (source Mairie Bagneux)

2.2.6.2 Bagneux – Prolongement sud du Métro 4 au sud de Montrouge

Ce projet porté par le STIF a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale en date du 23 novembre 2011.

Il comprend 2 gares et 1860 de ligne nouvelle en souterrain de puis la gare de Montrouge : la gare de Verdun sud, située sous l'avenue de Verdun à Bagneux, et la gare de Bagneux, nouveau terminus.

Les travaux sont prévus sur les années 2015-2019 et la mise en service sur l'année 2019.

Ils consistent à creuser un tunnel dans le prolongement de l'arrière gare actuelle de la gare de Montrouge jusqu'à la nouvelle arrière gare et à aménager 2 gares.

La gare de Verdun sud est située à environ 20 m de profondeur (rails) par rapport au terrain actuel. Celle de Bagneux est située à environ 7 m de profondeur (rails).



Bagneux – Prolongement sud de la ligne 4 du métro entre les gares de Montrouge et Bagneux – Etape 2 (source DRIEA)

2.2.7 Les projets du secteur de la gare de Villejuif IGR

2.2.7.1 Villejuif - ZAC Campus Grand Parc

Ce projet, porté par la Communauté d'Agglomération du Val de Bièvre, en partenariat avec la Commune de Villejuif,

La ZAC a été créée officiellement le 26 septembre 2011.

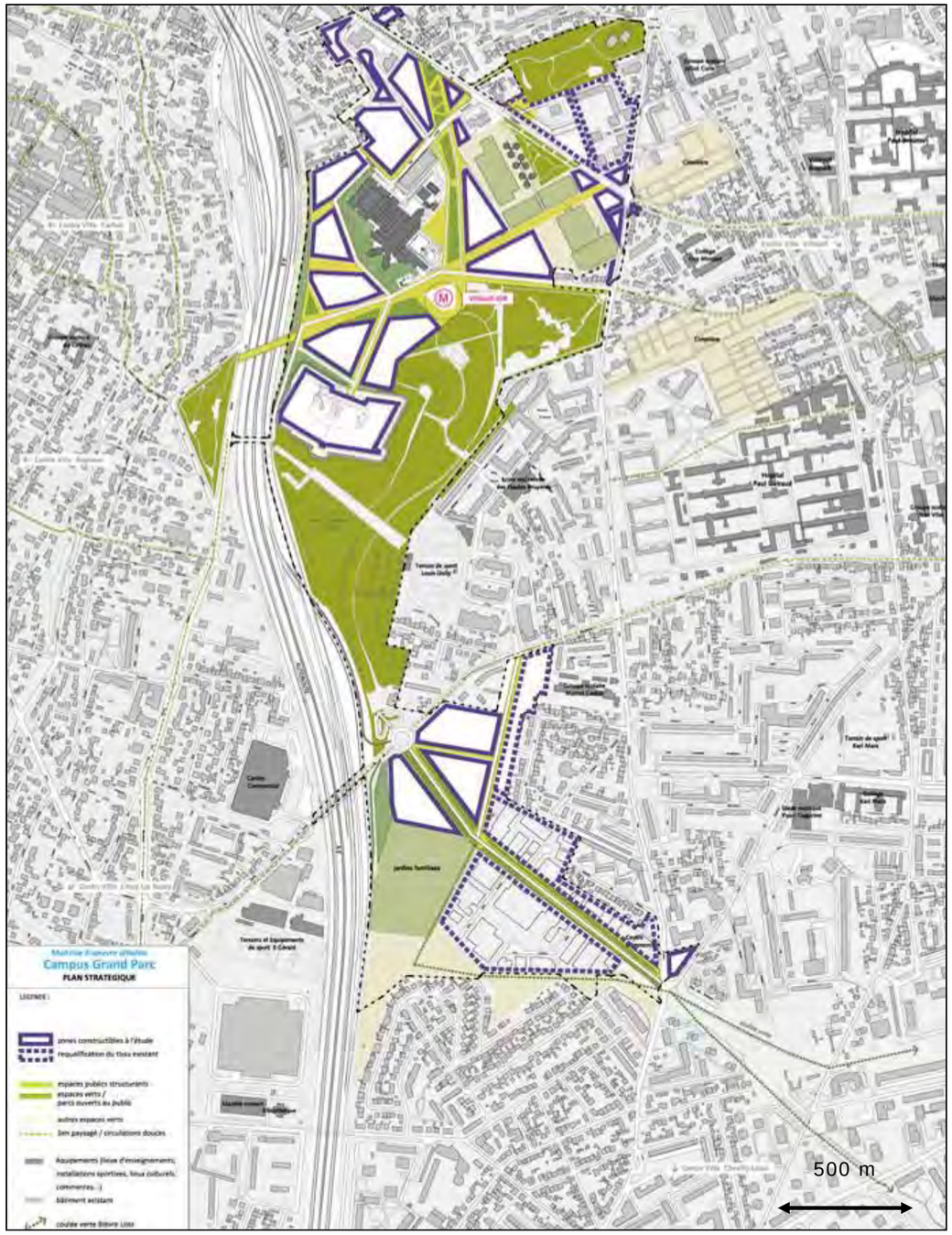
Il a pour objectif le développement d'un Bioparc d'envergure internationale regroupant des compétences médicales et scientifiques autour de l'Institut Gustave Roussy.

Les objectifs de construction sont les suivants :

- Pôle d'activités scientifiques et tertiaires: 350 000 à 450 000 m² de surface de plancher,
- Pôle d'enseignement et de formation aux métiers de la santé: 30 000 à 60 000 m² de surface de plancher,
- Equipements, commerces, services: 20 000 à 40 000 m² de surface de plancher,
- Logements diversifiés: 200 000 à 250 000 m² de surface de plancher.

Comme le montre le plan stratégique de la figure ci-dessous, la ZAC prévoit, malgré des ambitions très importantes en termes de construction, de nombreux espaces verts, principalement au niveau du Parc des Hautes Bruyères existant.

La gare du Grand Paris Express, pleinement intégrée au projet, participe à l'interface entre le bâti et les espaces verts.



Villejuif – ZAC Campus Grand Parc – Plan stratégique d'aménagement (source Site internet www.campusgranparc.com)

2.2.8 Les projets du secteur de la gare de Villejuif Louis Aragon

2.2.8.1 Villejuif - ZAC Aragon

Pour ce projet, porté par la Commune de Villejuif, Le dossier de DUP a fait l'objet d'un avis de l'Autorité Environnementale sans remarques en 2013. Une enquête publique a eu lieu en décembre 2013. La ZAC a été créée en 2011 par la commune.



Villejuif – ZAC Aragon – Plan de localisation (source – Monographie APUR pour SGP)

La vocation de cette ZAC est de restructurer le bâti autour de la RD7, axe routier principal orienté Nord-Sud et sur la base duquel son périmètre a été construit.

Le projet de gare est intégré au projet de ZAC dans le pôle transport multimodal, regroupé dans un bâtiment et constitué de la gare actuelle de terminus de la ligne 7 du métro, de la gare actuelle terminus de la Ligne 7 du Tramway et de la gare routière actuelle.

2.2.9 Les projets du secteur de la gare des Ardoines

2.2.9.1 Vitry-sur-Seine - ZAC Gare Ardoines

Ce projet, porté par l'EPA ORSA, a fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale en date du 11 mai 2012.

Ce projet est une composante des projets issus de l'OIN Orly Rungis Seine Amont et constitue la partie sud d'un projet initial de ZAC des Ardoines, la partie nord étant la ZAC Seine Gare Vitry, non concernée par le projet.

Il a pour vocation principale la reconversion de terrains industriels encore partiellement occupés en zone urbaine mixte logements – activités tertiaires.

La ZAC a été créée officiellement en juin 2012. La conception urbaine est en cours. Le projet a une superficie de 49 ha et a pour objectif la construction de 1 000 000 m² de SHON, dont 2/3 réservés aux fonctions économiques (bureaux, activités, commerces) et 1/3 réservé aux fonctions résidentielles (logements, équipements).

La gare du Grand Paris Express constitue un point central de cette ZAC et la rue Léon Geoffroy et le RER C la colonne vertébrale.

La desserte existante, basée sur le RER C et des bus, va être considérablement renforcée par la gare du Grand Paris Express et la desserte par le TZEN 5 et le TCSP Val Pompadour.

La figure ci-dessous présente le périmètre de cette ZAC et le plan stratégique. Ce plan est adapté à l'installation du site de maintenance et d'infrastructure de la Ligne 15 Sud dans la partie sud de la ZAC.



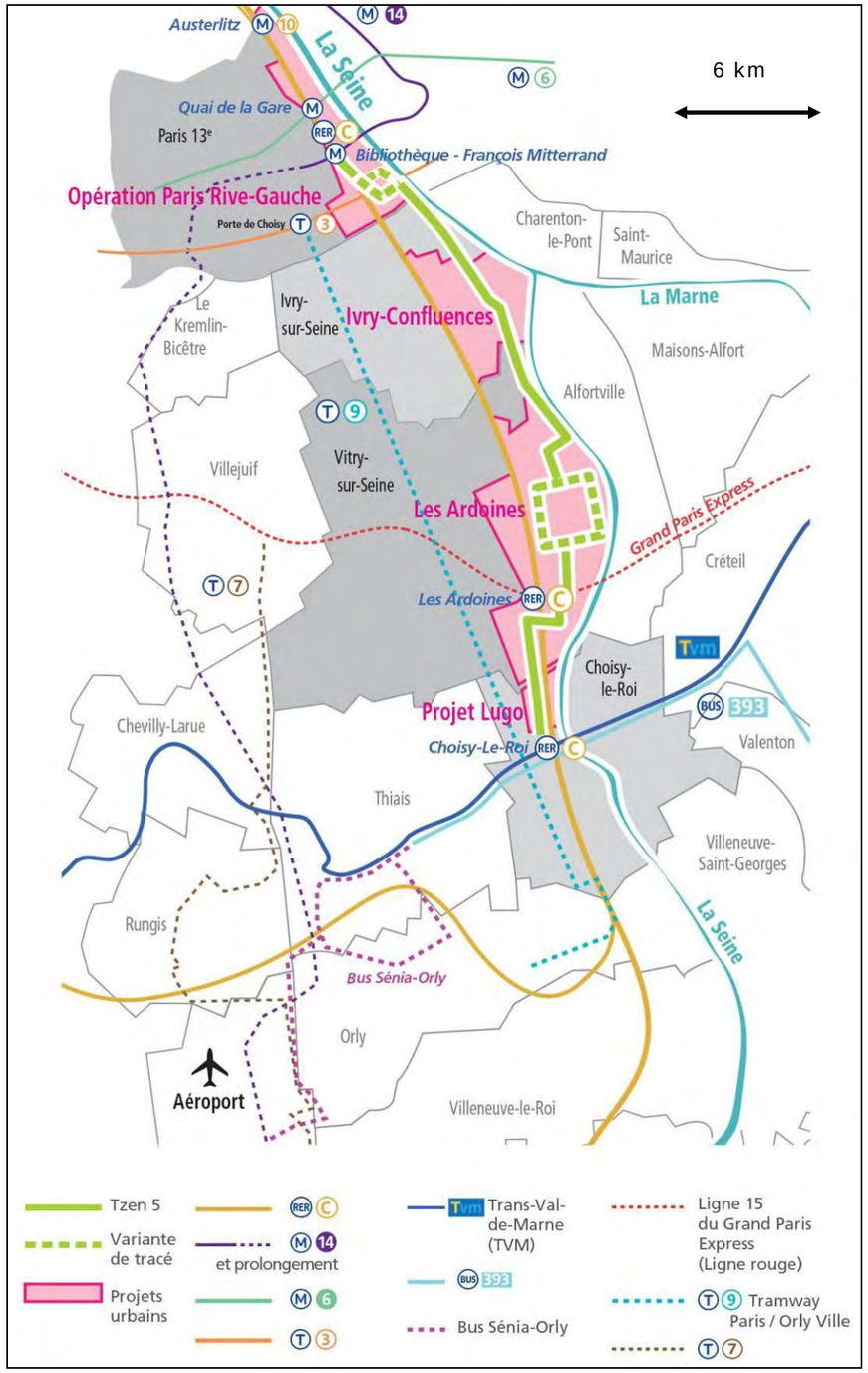
Vitry-sur-Seine – ZAC Gare Ardoines – Plan stratégique (source EPA ORSA 2013)

2.2.9.2 Vitry-sur-Seine – TZEN 5

Ce projet n'a pas fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale. Cette procédure est prévue en 2015.

Ce projet est porté par le STIF consiste à créer une voie de bus en site propre de 9 km avec un horizon de mise en service en 2020. Il desservira une zone comprise entre Paris (Bibliothèque François Mitterrand) et Choisy le Roi.

Une correspondance est assurée à la gare des Ardoines.



TZEN 5 – Tracé et zones desservies (source www.tzen5.com)

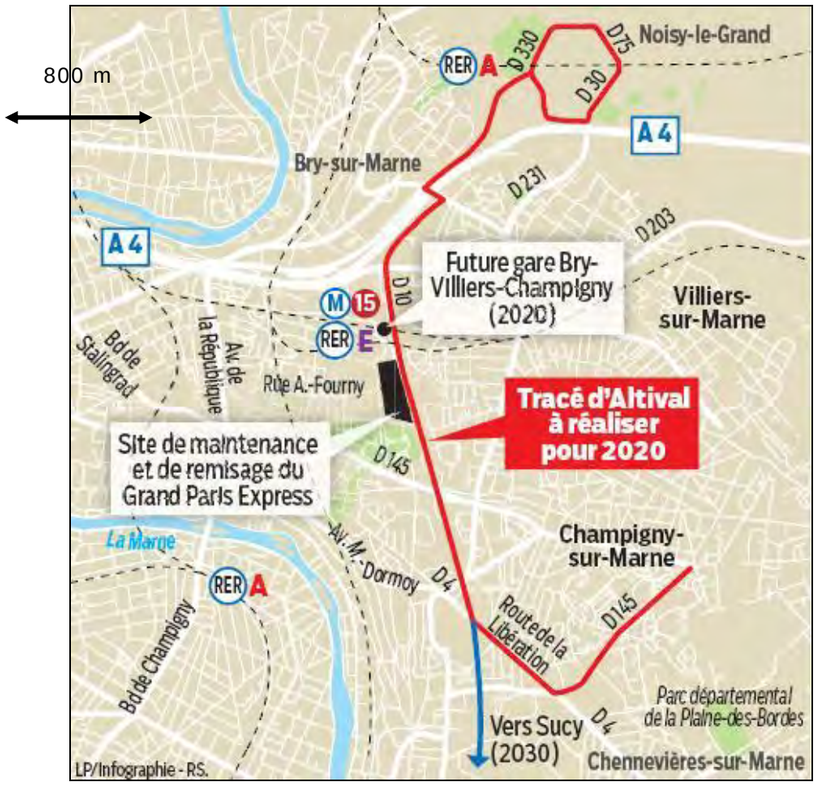
2.2.10 Les projets du secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny

2.2.10.1 Champigny-sur-Marne – Requalification RD10 et projet de TCSP Altival

Ces projets n'ont pas fait l'objet d'avis de l'autorité environnementale. Ils sont cependant directement reliés au projet de gare.

Ces deux projets sont associés car la réalisation de la voie en site propre pour le Transport en Commun en Site Propre (TCSP) est intégré à la requalification de la RD 10.

La RD10 (ou Boulevard Jean Monnet) est la voie principale du secteur de la gare. Elle assure la connexion entre l'autoroute A4 au nord, les zones commerciales et l'entrée de ville Nord de Champigny-sur-Marne. Elle traverse le faisceau ferroviaire par un viaduc. La requalification concerne la section située au Sud des voies ferrées du RER E, la partie située au Nord ayant déjà été réalisée.



TCSP Altival et RD10 – Localisation des projets (source STIF)

2.2.10.2 Champigny-sur-Marne – ZAC des Simonettes Nord

Cette ZAC est un projet ancien, démarré en 2000, qui a fait l'objet d'une procédure de DUP avec Enquête publique en 2012. La DUP a été cassée par le Tribunal Administratif.

Le projet existe néanmoins toujours. La ZAC a une vocation commerciale en relation avec sa position en bordure de l'autoroute A4 et des zones commerciales existantes voisines.



ZAC des Simonettes Nord – Localisation – (Source : Monographie APUR pour SGP)

2.2.10.3 Champigny-sur-Marne - Projets SNCF

Les projets SNCF sont de deux types :

- Une nouvelle gare RER – Transilien P en correspondance avec la gare de la ligne rouge Sud : ce projet découle directement du projet de future gare.

- Elargissement du faisceau de voies : ces travaux de pure infrastructure ferroviaire visent à améliorer la circulation des trains dans ce secteur de très forte circulation. Les voies actuelles n'occupent pas la totalité de l'emprise SNCF actuelle, ce qui permet ce projet.

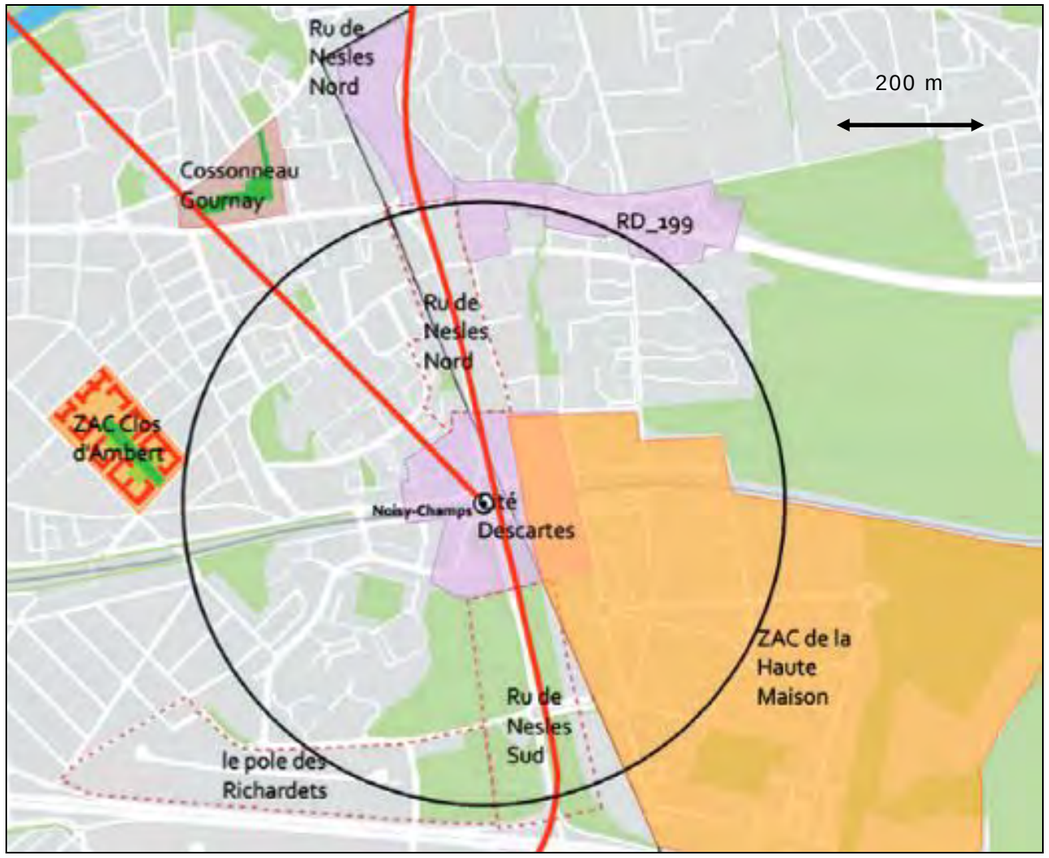
Ces projets n'ont pas fait l'objet d'avis de l'Autorité Environnementale.

2.2.11 Les projets du secteur de la gare de Noisy-Champs

Le boulevard du Ru de Nesles à proximité immédiate duquel sont situées la gare et la fin du tunnel est l'axe principal de cette zone.

Il sert de support à un projet urbain divisé en plusieurs parties porté par EPAMARNE.

Ce projet a pour ambition d'urbaniser une grande partie de la zone verte actuelle. Il est constitué des secteurs Ru de Nesles Nord et Sud figurant sur la carte ci-dessous et de la zone Cité Descartes.



Composantes du Projet urbain de Noisy-Champs – (Source : Monographie APUR pour SGP)

2.2.12 Les autres lignes du Grand Paris Express

La Ligne 15 Sud est connectées aux lignes suivantes (en dehors des autres tronçons de la Ligne 15) :

- La ligne 16 : cette ligne, reliant Noisy-Champs à Saint-Denis-Pleyel, est directement connectée à la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Noisy-Champs. Le projet de gare de la Ligne 15 Sud comporte les éléments préparatoires des travaux de cette ligne.

- La ligne 11 : Le prolongement de la Ligne 11 du métro entre Rosny-Bois-Perrier est directement connectée à la Ligne 15 Sud au niveau de la gare de Noisy-Champs. Le projet de gare de la Ligne 15 Sud comporte les éléments préparatoires des travaux de cette ligne.

2.3 Appréciation des principaux impacts cumulés

Les projets connexes identifiés dans le chapitre précédent sont de plusieurs types :

- **Des opérations d'aménagement urbain de type ZAC ou Ecoquartier** : les interactions entre le projet et ces opérations tiennent surtout à :
    - l'insertion des émergences dans l'organisation des futurs aménagements,
    - la mobilité au sein du nouveau quartier, une gare engendrant une évolution de certains modes de transport, en particulier du réseau de bus et des circulations automobiles et piétonnes.
- **Des projets de transport** : la cohérence entre le Grand Paris Express et ces projets est assurée par l'organisation des correspondances.

2.3.1 Impacts des projets connexes en phase chantier

Les différents projets pris en compte n'ont pas des horizons de mise en service similaires. Ils ne seront donc pas systématiquement réalisés en même temps et les impacts de ces derniers ne seront, à fortiori, pas tous cumulés.

Pour permettre une simplification de l'analyse, le présent paragraphe a cependant été bâti sur le principe que l'ensemble des projets présenteront des phases chantiers concomitantes sur un point de vue temporel.

2.3.1.1 L'hydrographie et les risques d'inondations

a. Impacts directs et indirects

L'ensemble des projets influe particulièrement sur la gestion des eaux de surface et la prise en compte **des écoulements et ruissellements urbains**, potentiellement sources de phénomènes d'inondations.

Cependant, chaque projet doit être considéré de manière indépendante et faire l'objet d'études disjointes, si besoin. De fait, aux vues des caractéristiques de chaque projet, il est notable que nombre d'entre eux soient soumis à une procédure d'étude d'incidences au titre de la Loi sur l'Eau. Cette dernière permettra de définir les impacts de chaque projet sur le réseau hydrographique et les mesures distinctes mises en œuvre par chaque maître d'ouvrage pour entreprendre une gestion pérenne des eaux de ruissellement issues de leur chantier respectif.

Pour les projets d'aménagement urbain, les éléments du projet de la Ligne 15 Sud ont le même rôle qu'un lot de ZAC ou d'Ecoquartier : les ruissellements en phase chantier doivent être gérés à la parcelle ou au lot, les espaces publics ne recueillant que des débits régulés et traités.

De même, la gestion des pollutions éventuelles est gérée à l'échelle du lot. Les emprises chantier sont donc bien délimitées de ce fait.

Globalement, lorsque les projets d'aménagement existent et sont autorisés, ils imposent des prescriptions de rejet qui peuvent être supérieures à celles des gestionnaires de réseau.

En cas d'interactions, ou d'actions successives sur une même emprise, la coordination des opérations est imposée par la réglementation, en particulier le code du travail. La gestion des ruissellements est donc commune et actée dans un document.

De manière globale, les principales nuisances engendrées par la concomitance des chantiers concerneront l'apparition de pollutions accidentelles :

- La circulation des engins de chantier et des camions sur les emprises du site : déversements d'hydrocarbures ;
- La circulation des camions sur les emprises de voiries publiques, véhiculant les apports depuis le site : dépôt de matière particulaire sur la chaussée ;
- D'une mauvaise gestion des eaux pluviales inhérentes à un ou plusieurs chantiers.

De fait, tout dépendra des périodes de réalisation des chantiers et du degré de coordination entre les différents maîtres d'ouvrage : **des chantiers concomitants et un faible niveau de coordination peuvent ainsi conduire à des impacts cumulés significatifs bien que chaque chantier de base ait les mêmes obligations réglementaires**.

En ce qui concerne les impacts cumulés de chantiers en zone inondable, la réglementation est claire :

- Soit chaque projet assure ses obligation de transparence hydraulique et de compensation volumique séparément : c'est le cas de projets ayant des obligations différentes au titre du PPRI,
- Soit les obligations sont mutualisées et décrites dans le dossier au chapitre sur l évaluation des impacts.

Les ouvrages de la ligne 15sud situés en zone inondable relèvent du premier cas, même si sur le secteur des Ardoines des concertations ont eu lieu avec l'aménageur de la ZAC.

En ce qui concerne les projets dans le lit mineur de la Seine, seuls la ZAC Seguin avec les travaux prévus sur l'Ile Seguin a des effets cumulés avec le projet au niveau de la gare de Pont de Sèvres.

Les éléments du projet de la ZAC Seguin ont été pris en compte dans la conception de la gare, son emprise dans le lit mineur, et celle de l'estacade de la phase chantier en particulier. Le respect des capacités du chenal de navigation et des capacités d'écoulement de la Seine au droit des travaux a été vérifié, en concertation avec VNF.

En pratique, les impacts cumulés sur les eaux superficielles seront réduits pour les raisons suivantes :

- Chaque chantier gèrera ses propres impacts, même s'il doit y avoir une coordination lorsque les chantiers seront proches, voire concomitants. En effet, une gestion des eaux pluviales à la parcelle sera systématiquement mise en œuvre pour chaque chantier ;
- Les emprises des chantiers seront pour l'essentiel déjà imperméabilisées (au vu du contexte urbain) avec rejet au réseau.

b. Mesures d'accompagnement

Chaque Maître d'Ouvrage de chaque projet est tenu de gérer les eaux de ruissellement émises lors de la phase chantier, indépendamment des autres projets.

Le fait qu'un ou plusieurs projets soient éventuellement portés de manière concomitante avec celui de la Ligne 15 Ouest impliquera cependant une certaine coordination des maîtrises d'ouvrage.

Cette coordination interviendra essentiellement en cas de pollution accidentelle susceptible d'avoir une incidence sur les eaux de surface.

A cet effet, l'utilisation des mêmes sites de nettoyage des engins ou des mêmes zones de stockage des matériaux permettra éventuellement de réduire les risques spatiaux de pollution sur des aires plus restreintes, et donc faciliter les interventions (délais plus courts) en cas de problèmes.

2.3.1.2 Le relief, la pédologie et la climatologie

a. Impacts directs et indirects

Chaque thème est sommairement apprécié ci-dessous :

- L'ensemble des phases chantiers des différents projets cumulés ne semble pas à même de modifier de manière substantielle le relief du territoire considéré sur une échelle large.

  Très localement et sur chaque chantier distinct (gares, OA et Puits tunnelier), la topographie sera temporairement modifiée, mais dans un contexte d'ensemble, cette dernière ne variera pas.

  Les impacts les plus significatifs, même s'ils resteront faibles à nuls à l'échelle du territoire étudié, s'identifieront sur les bases chantier connexes où une éventuelle gestion des déblais sera corrélée sous la forme de stocks de terre.

- Le contexte du territoire étudié est quasi-intégralement à dominante urbaine. Le potentiel pédologique y a disparu au fil de l'imperméabilisation des surfaces (sur Nanterre, une unité pédologique est identifiée par l'INRA sur la base des données de 1998 qui semble obsolète en raison du développement du secteur Seine-Arche depuis plus de 10 ans).

  Aussi, les impacts sur le critère pédologique restent négligeables à l'échelle de la Ligne 15 Ouest.

- Le contexte climatologique ne sera pas influencé par la réalisation des différents projets connexes

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.1.3 La géologie et l'hydrogéologie

a. Impacts directs et indirects

Dans le cadre de l'approche aux impacts cumulés des projets sur les contextes géologique et hydrogéologique, il est difficile de mettre en exergue une relation entre les différents chantiers menés de manière concomitante.

- Sur le point de vue géologique, la réalisation de la Ligne 15 Sud entrainera une modification du contexte géologique de profondeur principalement (tunnel) et de manière plus mineure, une modification de la géologie de surface au niveau des émergences de la ligne.

  Les projets connexes quant à eux, influenceront principalement la couverture du sol en modifiant notamment les critères de perméabilité du substratum. La géologie de profondeur ne subira pas de perturbation, hormis au niveau de la Gare de Bagneux terminus de la Ligne 4. Par ailleurs, la plupart des projets pris en compte s'implantent dans des secteurs déjà urbanisés où une partie du remaniement du sol correspondra à une couche de remblais déjà existante (mis en œuvre pour l'urbanisation passée des secteurs).

  Aussi, chaque projet identifie des impacts qui lui sont propres.

  Nota : Les impacts cumulés s'interprètent plutôt en termes de gestion des terres qu'en termes de modification de la géologie locale.

- Sur le point de vue hydrogéologique, les impacts en phase chantier sont clairement supérieurs à ceux persistant en phase exploitation (pour l'essentiel, une fois la Ligne 15 Sud mise en œuvre, seul persiste l'effet barrage).

  Les modélisations faites sur la Ligne 15 Sud ont beaucoup apporté sur ce point. Elles ont permis de faire les constats suivants :

  a. Pour qu'il y ait effet cumulé, il faut que les aires d'influence hydrogéologique d'autres projets interfèrent avec celles de la Ligne 15 Ouest.

  b. Or, la mise en œuvre de parois moulées au niveau des émergences (totalité des cas au niveau de la Ligne 15 Sud) ainsi que le creusement au tunnelier des infrastructures, permettent de réduire l'aire géographique d'influence des effets hydrogéologiques concernant la Ligne 15 Sud. Le rabattement des nappes est réduit et limite ainsi les variations de cote du toit de la nappe à travers plusieurs couches géologiques. En effet, les modifications des niveaux piézométriques des nappes (et notamment des aquifères de la Craie et de l'Eocène Inférieur et Moyen principalement rencontrés : Lutétien et Yprésien) ne devraient pas être important, puisque les pompages effectués au sein des ouvrages de la Ligne 15 Sud ne seront entrepris que pour mettre à sec les fonds de fouilles.

Au regard des méthodes constructives mises en œuvre pour la réalisation des travaux de la Ligne 15 Sud, l'interaction avec les autres projets connexes sur ce critère semble faible à nul, **hormis au niveau de la gare de Bagneux**, où les impacts peuvent éventuellement être plus importants.

En ce qui concerne la ligne 4, les ouvrages devraient être hors d'eau lorsque les travaux de la gare de la Ligne 15 Sud débuteront. Il n'y a donc pas d'impacts cumulés de phase chantier.

b. Mesures d'accompagnement

Au même titre que l'aspect « eau superficiel », chaque projet connexe est tenu de gérer ses propres impacts sur le critère hydrogéologique, que ce soit d'un point de vue qualitatif comme quantitatif, et ce, indépendamment des autres projets.

De plus, chaque projet connexe sera tenu, suivant ses caractéristiques, d'obtenir les autorisations nécessaires au titre de la Loi sur l'Eau - code de l'environnement.

2.3.1.4 Occupation du sous-sol

a. *Impacts directs et indirects*

De manière générale, le tunnel de la Ligne 15 Sud s'inscrira en profondeur pour limiter les impacts sur la future occupation du sous-sol.

b. *Mesures d'accompagnement*

De manière systématique, une bonne connaissance des projets connexes et des concertations à poursuivre par les différents Maîtres d'Ouvrage sur les secteurs de connexité des projets est indispensable.

Les éléments de projet et l'analyse des impacts présentés dans ce dossier résultent de concertations avec les porteurs de projets riverains.

La Société du Grand Paris poursuit une collaboration avec les acteurs locaux, les Maîtres d'Ouvrages et les gestionnaires des réseaux et/ou infrastructures pour :

- Connaître les modalités d'intervention en phase chantier sur les ouvrages de la Ligne 15 Ouest,
- Estimer les travaux préalables de renforcement des structures et réseaux permettant de supprimer la dégradation de ces derniers en phase chantier, mais également dans le temps ;
- Définir un planning d'intervention optimal sur les secteurs aux impacts cumulés pressentis.

C'est le cas pour les projets d'infrastructure présentés ci-dessus. La RATP, la SNCF, RFF et le STIF ont été consultés pour l'élaboration des projets et la coordination des chantiers. Hormis, pour la prolongation de la ligne 4, les chantiers ne devraient pas être concommittant.

Le chantier de la gare de la Ligne 4 devrait être antérieur à celui de la gare de la Ligne 15 Sud, ce qui signifie que les impacts sur l'occupation du sous-sol ne seront pas cumulés en phase chantier.

2.3.1.5 Gestion des terres et milieux pollués

a. *Impacts directs et indirects*

Gestion des volumes de terres

Les impacts cumulés des projets correspondent aux volumes de terres excavées et acheminées en centre de traitement.

L'impact à considérer est donc un engorgement des exutoires.

Au vue des déblais générés par le projet de Ligne 15 Sud (près de 5.4 millions de mètres-cubes), aucun des projets connexes n'est susceptible de générer des volumes de déblais similaires. Aussi, les volumes générés par les autres projets connexes pris en compte peuvent être considérés comme faibles.

Pour le cas de la Ligne 4, les déblais seront pour l'essentiel excavés avant. Le risque d'engorgement est donc limité.

Gestion des pollutions des terres extraites

Aucun impact cumulé spécifique n'est identifié puisque les terres seront gérées spécifiquement et indépendamment par chaque maître d'ouvrage.

Par ailleurs, le risque de migration de polluants dans les eaux souterraines est directement lié aux conditions hydrogéologiques traitées par ailleurs, et est logiquement géré indépendamment par chaque pétitionnaire.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.1.6 Milieu naturel et paysager

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents chantiers du territoire sur le milieu naturel et paysager concernent les compartiments environnementaux suivants :

- La faune, la flore et les habitats naturels ;
- Les entités Natura 2000 ;
- Les systèmes écosystémiques ;
- Le patrimoine protégé et archéologique ;
- Le Grand Paysage.

a. *Impacts directs et indirects dans la plupart des projets connexes*

Les impacts cumulés en phase chantier pour les milieux naturels et paysagers se résument à :

- l'impact hydrologique cumulé qui pourrait modifier l'alimentation en eau de secteurs localisés (zones humides sensibles),
- la perturbation de la faune patrimoniale ou protégée,
- la perte d'habitats de substitution des espèces protégées : ces habitats perdurent au niveau de friche ou de talus de voies ferrées,
- la notion de visibilité et covisibilité des chantiers vis-à-vis des éléments de patrimoine,

b. *Mesures d'accompagnement dans la plupart des projets connexes*

Au vu du contexte très urbain du fuseau d'étude et des enjeux globalement faibles relatifs aux milieux naturels, faune, flore et paysage sur la plupart des sites; le respect des mesures prises indépendamment dans chaque projet doit permettre la conservation des conditions stationnelles.

Dans le cas de sites à enjeux pour la faune et la flore, la démarche ERC a intégré l'urbanisation futures de certains sites.

Cela a conduit la SGP à mener une réflexion de compensation in-situ en bordure des aménagements de la Ligne 15 Sud lorsque cela était possible (cas de compensation réalisée en partie in situ sur le SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Chmps).

En revanche, lorsqu'un projet urbain était prévu sur site à la livraison des gares du Grand Paris, la compensation s'est réalisée ex-situ (cas de l'entre-deux ferroviaire, du SMR de Champigny, de la gare de Noisy-Champs).

Le détail de ces mesures de compensation est explicitée dans les chapitres faune, flore et continuités écologiques ainsi que zones humides.

c. Dans le cas du projet Campus Grand Parc

Le projet du Campus Grand Parc, se réalisant simultanément au projet de la Ligne 15 Sud, une réflexion commune a donc été menée par la SGP et la SADEV.

La réflexion a porté sur un travail commun dans le diagnostic des enjeux pour la faune, la flore et les milieux naturels. Cette mise en commun des diagnostics a enclenché un travail sur la réalisation de mesures d'évitement, de réduction et de compensation en connaissance des deux projets.

Les mesures s'appliquent sur des impacts cumulés sur les populations d'insectes et leurs habitats.

Impacts directs et indirects

Les impacts cumulés se résument :

- Une destruction de l'habitat favorable au Conocéphale gracieux et à l' Azuré des Cytises au nord du Parc,
- Une dégradation des habitats de refuges proches,
- Une destruction d'individus et une perte de population potentiellement significative.

Mesures d'accompagnement

La démarche d'évitement a été réfléchie à l'échelle de chaque projet. En revanche, les mesures de réduction et de compensation ont fait l'objet de propositions communes afin de prendre en compte la fonctionnalité globale du site pour les groupes impactés.

Les principales mesures de réduction sont les suivantes :

- Déplacement des orthoptères sur un habitat de substitution favorable au groupe dans le parc des Hautes Bruyères ou à proximité,
- Fauchage du site précoce afin de rendre le site défavorable au groupe,
- Adopter une gestion adaptée aux insectes déplacés sur les sites refuges.

Malgré la mise en place d'une démarche d'évitement et de réduction, les impacts sur les populations d'insectes sont significatifs. La mise en place ne permet pas de maintenir un état de conservation stationnaire des espèces présentes au regard des habitats présents sur le parc.

Une compensation des habitats impactés est donc nécessaire. Les modalités techniques et contractuelles pour la compensation sont en cours de discussion avec l'ensemble des parties prenantes.

Un détail de la compensation sera décrite dans le dossier de dérogation de destruction d'espèces protégées.

2.3.1.7 Population, emploi et occupation du sol

a. Impacts directs et indirects

Mis à part via la création d'emplois nécessaires à la construction de l'infrastructure, le chantier de la Ligne 15 Sud aura peu d'impact sur la population, l'emploi et l'occupation des sols. Les interactions avec les chantiers d'autres projets devraient donc être fortement limitées.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement ne semble nécessaire au vu des impacts cumulés potentiels sur la population, l'emploi et l'occupation des sols en phase chantier.

2.3.1.8 Mobilité et thématiques liées (énergie, gaz à effet de serre et santé)

a. Impacts directs et indirects

L'analyse des impacts du chantier de la Ligne 15 Sud révèle que bien que le charroi nécessaire représente un nombre important de camions, il reste très minime par rapport au trafic journalier de véhicules particuliers et de camions en Ile-de-France. L'impact que pourraient avoir les projets connexes sur les flux de poids lourds s'additionnera donc à celui du projet sans qu'il n'y ait réellement d'interaction particulière sur la congestion, la qualité de l'air ou les consommations énergétiques.

En ce qui concerne la gêne pouvant être occasionnée au trafic routier ou aux transports en commun et aux modes actifs, la réalisation de différents chantiers dans une même zone pourrait, par contre, augmenter la perception négative des riverains vis-à-vis de ces chantiers. Dans le cas où des chantiers importants et proches seraient entrepris de manière simultanée, une concertation sera donc engagée afin d'organiser les chantiers de manière à éviter les interactions négatives entre eux et la succession de gênes aux déplacements des riverains, quels que soient les modes.

b. Mesures d'accompagnement

La planification des chantiers du projet sera réalisée en concertation avec celle des projets connexes dont les chantiers pourraient être concomitants.

2.3.1.9 Environnement sonore

a. Impacts directs et indirects

Les ouvrages de la Ligne 15 Sud sont souvent implantés dans des quartiers-zones où divers projets d'aménagement seront concomitants.

Durant la phase chantier de la Ligne 15 Sud, un cumul des impacts sonores est donc possible. Il est toutefois difficilement quantifiable sans connaître préalablement l'organisation et les modes

de constructions des autres projets connexes. Ceux-ci sont néanmoins repris au droit des ouvrages émergents dans les fiches d'impacts par ouvrage du chapitre bruit.

b. *Mesures d'accompagnement*

A nouveau, la planification des chantiers du projet sera réalisée en concertation avec celle des projets connexes dont les chantiers pourraient être concomitants.

2.3.1.10 Risques technologiques

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés correspondent à la concomitance des projets sur un même secteur (secteurs liés aux bases chantier de la Ligne 15 Sud), renforçant les risques technologiques liés à l'utilisation d'engins.

Ces aspects seront observables principalement :

- Au niveau de la gare Pont de Sèvres en raison du projet de ZAC Seguin,
- Dans le secteur de la gare de Bagneux, avec le fin du chantier de la ligne 4.

Bien que localisables, les potentiels impacts cumulés restent difficilement quantifiables.

b. *Mesures d'accompagnement*

Les mesures mises en œuvre concerneront indépendamment les différents chantiers. Elles correspondront :

- En l'application des bonnes pratiques de chantier,
- En l'utilisation de matériels et d'engins en conformité avec les réglementations techniques applicables,
- En la formation du personnel vis-à-vis des risques technologiques,
- En une coordination des différents Maîtres d'Ouvrage des projets visés.

2.3.1.11 Les vibrations

a. *Impacts directs et indirects*

Les effets des vibrations et du bruit solidien se cumulent et peuvent avoir des effets encore plus importants si la mécanique ondulatoire des vibrations produites par chaque chantier entre en résonance avec celle de l'autre. Cet effet de résonance ondulatoire est l'effet maximum, car il a un effet démultiplicateur des impacts indiqués ci-dessus. Les seuils sont toujours dépassés lorsque le phénomène de résonance se produit.

A ce stade des études, il n'est pas possible de quantifier et d'évaluer les situations à risque de résonance.

En dehors de ces secteurs, les impacts cumulés en termes de vibrations s'entendent par la réalisation seule du projet de Ligne 15 Sud.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.2 Impacts des projets connexes en phase exploitation

La présente partie s'attache à identifier les principales incidences cumulées des projets en phase d'exploitation.

De fait, pour simplifier l'analyse, la phase exploitation est considérée comme assez lointaine dans le temps pour que tous les projets y soient opérationnels, et donc analysables de manière cumulée.

Il est notoire que les principaux impacts cumulés sur l'environnement en phase d'exploitation concernent le milieu humain, et plus particulièrement l'occupation du sol, le milieu économique et social et la mobilité.

L'ensemble des compartiments environnementaux sont cependant abordés afin de rendre compte d'une analyse exhaustive, en conformité avec le régime des études d'impact au vu des évolutions du code de l'environnement.

2.3.2.1 L'hydrographie et les risques d'inondations

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés sont du même type que ceux décrits en phase chantier, mais dépendent du fait que :

- Une partie des ouvrages créés en phase chantier sera conservée pour la gestion des eaux pluviales en phase exploitation ;
- Chaque pétitionnaire de projet se devra de gérer à la parcelle ses eaux pluviales,

Par conséquent, les impacts sur le contexte hydrographique et les risques d'inondation sont particulièrement faibles, car ces derniers seront directement intégrés à la conception des différents projets

Pour les ouvrages en zone inondable, la compensation volumique et la transparence hydraulique des projets est vérifiée.

b. *Mesures d'accompagnement*

Chaque maître d'ouvrage adaptera les caractéristiques du projet pour permettre la gestion des eaux pluviales à la parcelle. Les dispositifs mis en œuvre seront soumis à une procédure Loi sur l'Eau.

En cas de mutualisation d'ouvrages d'assainissement (bassins, noues, …), une coordination des études entre la Société du Grand Paris et les maîtres d'ouvrages concernés sera recherchée afin de prendre en compte les superficies cumulées des deux projets.

2.3.2.2 Le relief, la pédologie et la climatologie

a. *Impacts directs et indirects*

D'une manière générale, les projets cumulés auront des d'impacts sur le relief et la pédologie très localement sur territoire étudié ; les impacts seront uniquement ressentis en phase chantier.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.2.3 La géologie et l'hydrogéologie

a. *Impacts directs et indirects*

Pour l'essentiel, une fois l'infrastructure en place, seul persistera l'effet barrage directement lié au tunnel de la Ligne 15 Sud (étudié au sein de la présente pièce). Ce dernier sera éventuellement et très ponctuellement cumulé avec celui lié au tunnel de la ligne 4 au niveau de Bagneux.

L'effet barrage est fort dans ce secteur mais n'aucune conséquence sur le bâti car la nappe est profonde. Les impacts cumulés sont très faibles.

b. *Mesures d'accompagnement*

Afin d'assurer une gestion des eaux pluviales pérenne dans le temps, chaque projet devra s'assurer du bon fonctionnement de son dispositif de gestion de l'infiltration (si infiltration retenue).

2.3.2.4 Occupation du sous-sol

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés auront lieu uniquement en phase de réalisation des ouvrages. Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.2.5 Gestion des terres et milieux pollués

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés auront lieu uniquement en phase de réalisation des ouvrages. Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.2.6 Milieu naturel et paysager

a. *Impacts directs et indirects*

Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

2.3.2.7 Population, emploi et occupation du sol

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts de la Ligne 15 Sud sur la population, l'emploi et l'occupation du sol ne sont pas toujours directement liés à l'infrastructure elle-même et seront donc dépendants des mesures qui seront mises en place pour assurer un développement durable des centres urbains autour des futures gares. Pour cette raison, il est primordial que le projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du Grand Paris Express soit intégré dans une politique globale d'aménagement du territoire intégrée « occupation du sol/transport ».

Dans ce sens, les projets de développement urbains envisagés dans la zone du projet constituent tous des opportunités de levier pouvant aider à assurer un développement durable de la zone, pour autant qu'ils soient organisés de manière coordonnée avec le Grand Paris.

Les CDT (GPSO, Campus Sciences et santé, Grandes Ardoines, Boucles de la Marne et Cœur Descartes) et le développement de plusieurs ZAC représentent notamment des leviers clés pour assurer un développement territorial harmonisé et centré sur les pôles desservis par la Ligne 15 Sud.

Le CDT GPSO se fixe notamment comme objectif la construction de 2000 logements neufs par an tandis que ceux du Campus Sciences et santé et des Grandes Ardoines se fixent des objectifs de respectivement 1700 et 1390 logements par an. Ces constructions de nouveaux logements contribueront à favoriser la densification autour des nouvelles gares de la Ligne 15 Sud.

b. *Mesures d'accompagnement*

La Société du Grand Paris est en concertation permanente avec les autres acteurs responsables du développement territorial de manière à optimiser les synergies possibles entre les projets locaux de développement et le projet de la Ligne 15 Sud.

2.3.2.8 Mobilité et thématiques liées (énergie, gaz à effet de serre et santé)

a. Impacts directs et indirects

Les projets de développement urbains prévus dans la zone du projet engendreront une augmentation des déplacements à l'origine et à destination de la zone et amplifieront donc la demande en transports en commun et par conséquent l'effet positif du projet.

Les autres projets d'infrastructure de transport tel que le prolongement du métro 4 auront, eux, généralement un effet de maillage supplémentaire du réseau de transport en commun, multipliant ainsi les connexions possibles et améliorant ainsi d'autant plus la desserte des territoires concernés.

b. Mesures d'accompagnement

La société du Grand Paris est en concertation permanente avec le STIF et la RATP afin de planifier de manière optimale les connections entre les différentes lignes de transports en commun et ainsi maximiser les synergies entre les différents projets.

2.3.2.9 Environnement sonore

a. Impacts directs et indirects

Les impacts sonores cumulés potentiels seront essentiellement liés aux développements des gares de correspondance entre les différents projets ainsi qu'au développement des quartiers à proximité des gares du Grand Paris.

Néanmoins, les impacts cumulés du point de vue du bruit resteront généralement faibles compte tenu des exigences réglementaires à respecter et du fait que les aménagements autour des gares favoriseront l'accès aux modes actifs et via les transports en commun plutôt qu'en voiture.

A titre indicatif, les impacts sonores cumulés à proximité des gares sont les suivants :

- Augmentation des risques de nuisances sonores liées aux équipements techniques du fait de la présence d'un plus grand nombre d'équipements dans un lieu restreint (surtout valable en cas de projet d'activité commerciale et/ou d'intersection avec un autre transport)
- Densification de la population piétonnière et des commerces, soit une augmentation des bruits de voisinages
- Amplification des impacts sonores liés aux réseaux de transports en commun et/ou au trafic routier à l'échelle du quartier de la gare voisine.

Les projets jugés les plus susceptibles d'induire des effets cumulés lié à une densification de la population sont :

- Le CDT Grandes Ardoines et en particulier le projet de ZAC Gare Ardoines qui modifiera profondément le caractère industriel actuel existant autour de la future gare
- La ZAC Léon Blum située à proximité de la gare d'Issy RER,
- L'Ecoquartier de la gare prévu par la Mairie de Clamart autour de la gare d'Issy Vanves Clamart
- La ZAC Ecoquartier Victor Hugo à Bagneux associée au prolongement sud du métro 4
- La ZAC Campus Grand Parc à proximité de la gare de Villejuif IGR,
- La ZAC Aragon prévue aux alentours de la gare de Villejuif Louis Aragon.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est prévue à ce stade de l'étude

2.3.2.10 Risques technologiques

a. Impacts directs et indirects

Dans leur procédure de demande d'exploiter, les études menées sur chaque installation ICPE prennent en compte les autres installations ICPE du secteur où les risques peuvent être cumulés.

Aussi, chaque projet connexe prendra en compte les risques technologiques des autres projets du territoire, notamment si ces derniers affichent une installation entrant dans le régime ICPE.

Le cas particulier des Ardoines est du à la présence de sites SEVESO. Il n'y a pas d'effet cumulé à proprement parler, la réglementation applicable à ces sites, en particulier liée aux PPRT, s'imposant aux ouvrages du Grand Paris Express.

b. Mesures d'accompagnement

Les mesures sont directement intégrées aux phases d'études des installations ICPE et donc à la conception même des projets.

2.3.2.11 Les vibrations

a. Impacts directs et indirects

Les principaux générateurs de vibrations correspondent aux réseaux de transport en commun, et notamment ceux sur ballast.

Les effets des vibrations et du bruit solidien se cumulent et peuvent ainsi avoir des effets encore plus importants si la mécanique ondulatoire des vibrations produites par chaque chantier entre en résonance avec celle de l'autre. Cet effet de résonance ondulatoire est l'effet maximum, car il a un effet démultiplicateur des impacts indiqués ci-dessus. Les seuils sont toujours dépassés lorsque le phénomène de résonance se produit.

Comme mentionné au niveau des effets cumulés en phase chantier, il n'est pas possible de quantifier et d'évaluer les situations à risque de résonance à ce stade des études.

b. Mesures d'accompagnement

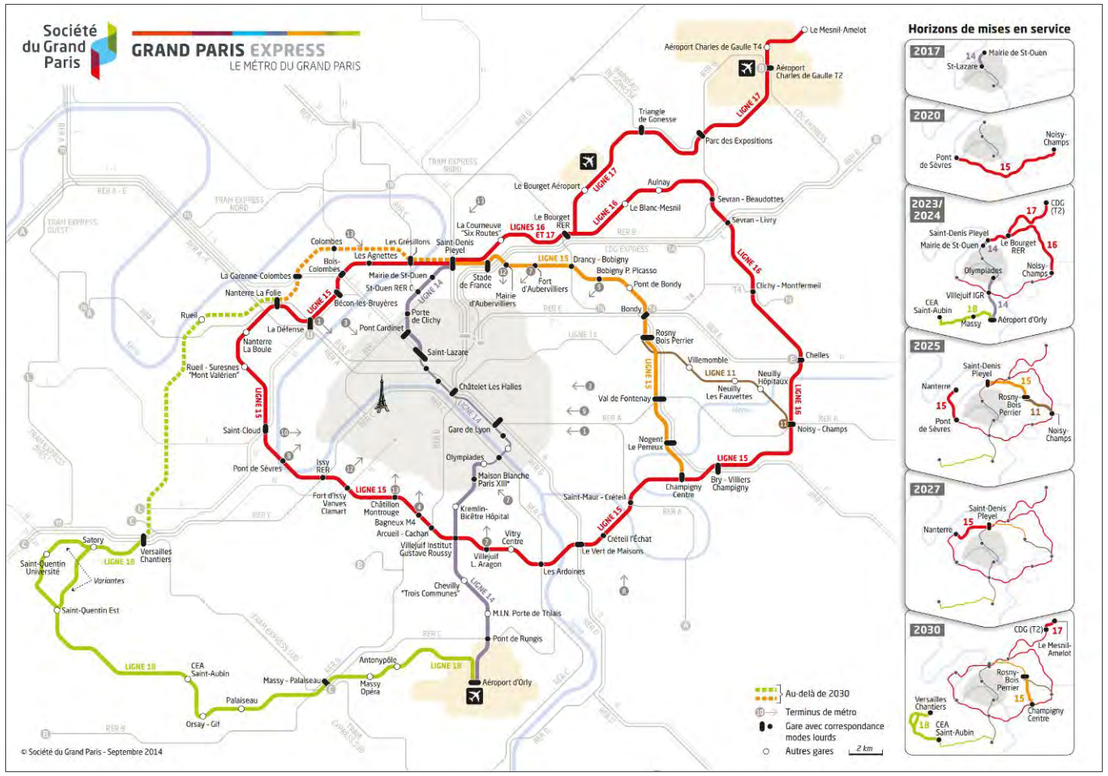
Un regard doit être porté au niveau du croisement des différents réseaux et estimer, en fonction de la distance séparant les émissions, si la prise en compte des paramètres des autres transports en commun au sein des modélisations sera nécessaire (effet de résonnance).

3. Analyse des impacts à l'échelle du Grand Paris Express

3.1 Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express

La Ligne 15 Sud est un maillon essentiel du projet plus global du Grand Paris Express qui comprend la construction de 205 km de lignes de métro automatique pour relier les territoires de l'Ile-de-France. En outre, elle participe à former, avec la Ligne 15 Ouest et la Ligne 15 Est, la ceinture de transport en commun du Grand Paris, au plus proche de la capitale.

Le réseau du Grand Paris Express desservira 72 nouvelles gares et connectera de nombreux pôles d'activités ainsi que 3 aéroports et des gares TGV. Le réseau complet et les horizons de mise en service sont illustrés dans la figure suivante :



Carte du réseau Grand Paris Express et des horizons de mises en services des différentes lignes (source : Société du Grand Paris).

La Ligne 15 Sud faisant partie de cet ensemble et étant en connexion directe avec les autres lignes via les gares de Noisy-Champs (connexion avec la ligne 16), Villejuif Institut Gustave Roussy (connexion avec la Ligne 14), de Pont-de-Sèvres et de Champigny-Centre (connexion avec les autres parties de la ligne 15), ses impacts sur certains domaines environnementaux seront donc intrinsèquement liés à ceux du Grand Paris Express dans son ensemble. En respect du code de l'environnement, l'étude d'impact concernant la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud **doit donc proposer une analyse des incidences du programme global d'aménagement** (l'ensemble du Grand Paris Express).

En effet, lorsque la totalité des travaux prévus au programme d'aménagement est réalisée de manière simultanée, l'étude d'impact doit porter sur l'ensemble du programme. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacune des phases de l'opération doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du programme.

Dans le cas présent, le programme d'aménagement est assimilable à la réalisation de l'ensemble des lignes du réseau Grand Paris Express, à savoir :

- La **Ligne 14** comprise entre les gares d'Olympiades et d'Orly, en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

- La **Ligne 15** :

  - Dont le tronçon Sud entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs, **objet du présent rapport**, a fait l'objet d'un dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique ayant reçu un Avis du CGEDD (Autorité Environnementale) en date du 10 juillet 2013 et ayant été mis à disposition du public lors de l'enquête publique tenue du 7 octobre au 18 novembre 2013, cette procédure ayant débouché sur la publication du décret 2014-1607 du 24 décembre 2014 déclarant la Ligne 15 Sud d'utilité publique et emportant la mise en compatibilité des documents d'urbanisme des communes concernées. [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

  - Dont le tronçon Ouest entre les gares de Pont de Sèvres et Saint-Denis Pleyel est en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

  - Dont le tronçon Est entre les gares de Saint-Denis Pleyel et de Champigny Centre est en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Syndicat des Transports d'Ile de France]

- La **Ligne 16** comprise entre les gares de Saint-Denis Pleyel et de Noisy-Champs, dont le dossier d'enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique a reçu un Avis du CGEDD en date du 28 mai 2014 et a été mis à la disposition du public lors de l'enquête publique tenue du 13 octobre au 24 novembre 2014 [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

  Ce dossier intègre également la jonction de la Ligne 14 Nord entre les gares de Mairie de Saint-Ouen et Saint-Denis Pleyel, complétant ainsi les travaux en cours sur la Ligne 14 entre les gares de Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen (sous maîtrise d'ouvrage RATP-STIF),

- La **Ligne 17** comprise entre les gares de Saint-Denis Pleyel et du Mesnil-Amelot, en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

- La **Ligne 18** comprise entre les gares de Versailles Chantiers et d'Aéroport d'Orly, en cours d'étude [maîtrise d'ouvrage : Société du Grand Paris],

Les domaines pour lesquels les impacts de la Ligne 15 Sud sont fortement liés à ceux du programme d'aménagement sont principalement ceux qui s'appliquent de manière diffuse à l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France et non pas uniquement à la zone située à proximité immédiate du projet.

Les enjeux élargis du Grand Paris Express sont identifiés au sein de la synthèse proposée dans l'état initial de l'étude d'impact. Ils concernent principalement l'urbanisation future du territoire francilien au travers de l'occupation du sol et de l'étalement urbain, la mobilité, les consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre ou encore la qualité de l'air. Les autres domaines dont les impacts du projet sont moins liés à ceux des autres lignes ne sont abordés que plus sommairement.

3.2 Évaluation pour chaque thématique environnementale

3.2.1 Climatologie

Il est rappelé ici que ne sont traités dans ce chapitre que les aspects météorologie. Les aspects relatifs à l'évolution du climat et aux effets des gaz à effet de serre sont traités par ailleurs.

3.2.1.1 Impacts du Grand Paris Express

La mise en œuvre du réseau du Grand Paris Express et son exploitation ne modifieront pas les données météorologiques de la région Ile-de-France en termes de pluviométrie, températures et vents.

Le projet n'a donc pas d'impact sur la climatologie.

3.2.1.2 Mesures d'accompagnement

Aucune mesure n'est envisagée.

3.2.2 Relief – Topographie

Le cas des déblais issus des chantiers est traité dans la partie relative aux déblais ci-dessous.

3.2.2.1 Impacts du Grand Paris Express

Les ouvrages du Grand Paris Express ne modifient pas la topographie générale de la Région Ile-de-France et des zones où ils sont implantés. Un viaduc ou un tunnel, et les ouvrages annexes, ne sont pas de nature à modifier la topographie générale.

En revanche, tous les ouvrages en contact avec la surface du sol (piles de viaduc, trémies, gares, ouvrages annexes, sites de maintenance) modifient la topographie localement, à l'échelle d'une ou d'un groupe de parcelles. Il peut s'agir d'excavation ou d'exhaussement en fonction de l'ouvrage et de son insertion par rapport à la surface du sol. Il y a impact lorsque la variation de topographie génère des impacts indirects, en particulier sur les ruissellements.

3.2.2.2 Mesures d'accompagnement

A grande échelle, aucune mesure n'est envisagée car l'impact est nul.

A petite échelle, l'impact, lorsqu'il existe, est traité à l'échelle de l'emprise du projet. En effet, le périmètre de l'emprise n'est pas modifié en termes de topographie, donc la surface de l'intérieur de l'emprise doit s'y raccorder.

Les mesures d'accompagnement sont intégrées à la conception du projet et à celle d el'organisation du chantier.

3.2.3 Géologie

3.2.3.1 Impacts du Grand Paris Express

La mise en œuvre du réseau du Grand Paris Express concerne les strates géologiques de l'ensemble des terrains tertiaires et de la craie du Crétacé, en plus des formations superficielles de type alluvions.

Les impacts de ce réseau s'analysent sous deux angles :

- L'impact brut important de la suppression de strates géologiques pour y positionner des ouvrages souterrains : ce type d'impact est permanent et non réductible.

- Les risques géologiques engendrés par la mise en œuvre du réseau.

Les risques géologiques identifiés au niveau du réseau de transport sont les suivants :

Présence de cavités souterraines d'origines diverses.

Ces cavités sont en générale issues de l'exploitation d'anciennes carrières de calcaire grossier et de gypse. Elles sont soit remblayées, soit restées vides.

La mise en œuvre des ouvrages souterrains du Grand Paris Express est susceptible de fragiliser les parois de ces cavités et d'engendrer des effondrements et des mouvements de sols souterrains, pouvant engendrer des mouvements de surface.

La présence de ces cavités, celles qui ont été identifiées et répertoriées, a été intégrée dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

Il ne faut cependant pas exclure le cas où des cavités inconnues et non détectées par les nombreux sondages géotechniques réalisés par le Maître d'ouvrage sont mises au jour en phase travaux.

Présence de gypse

Le gypse est une roche particulière : il est très soluble dans l'eau. De ce fait, la disparition du gypse par des mouvements d'eau souterraine engendre l'apparition de cavités dont la taille dépend directement de celle des inclusions de gypse concernées. Ces cavités sont susceptibles, si elles sont déformées, d'engendrer des mouvements de terrains.

Les nombreux sondages géotechniques déjà réalisés par le Maître d'ouvrage ont montré que le gypse est présent en quantité variable sur une grande partie du tracé du réseau.

Le secteur nord est du réseau (lignes 16-partie nord et 17, ligne 15-partie nord) est le secteur où le gypse est le plus présent : la taille des inclusions est importante, donc les cavités résiduelles sont de grande taille.

Pour le reste du tracé, le gypse est moins présent et la taille des inclusions est petite. Le risque de mouvement de terrain est donc plus limité.

La présence de gypse a été intégrée dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

Zone à risque de mouvement de terrain

En dehors des conséquences de la dissolution du gypse ou de la fragilisation d'anciennes carrières, les mouvements de terrains se produisent dans les zones où des argiles sont proches de la surface du sol (en particulier les argiles vertes) et dans les zones en pente où les strates géologiques sont instables.

Au droit du tracé du Grand Paris Express, ces zones sont très localisées et le risque a été intégré dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

3.2.3.2 Mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement sont intégrées dans la conception du projet. Elles consistent en l'intégration des résultats des études géotechniques dans la conception de la structure des ouvrages et par la mise en œuvre de techniques constructives adaptées.

A ce titre, l'utilisation de la méthode des parois moulées pour l'ensemble des ouvrages assurant la liaison tunnel – surface du sol a un rôle déterminant : ces parois assurent un rôle structurel temporaire de stabilité de l'ouvrage en construction jusqu'à la mise en œuvre des éléments structurels définitifs.

Le renforcement localisé du sous sol par injection ou remplissage préalable d'une cavité est également utilisé aux endroits où les études géotechniques ont montré que cela est faisable.

3.2.4 L'eau superficielle et souterraine

De par sa nature, à la fois aérienne et souterraine, l'ensemble du réseau du transport du Grand Paris est susceptible d'avoir des incidences notables sur le contexte hydraulique et hydrogéologique de la région Ile-de-France.

3.2.4.1 Impacts sur les eaux superficielles du Grand Paris Express

Le réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit en traversée de plusieurs grands cours d'eau de la région, notamment la Seine et la Marne.

De plus, certains des ouvrages des différentes lignes s'inscriront aux abords des cours d'eau et, de fait, entreront en interactions avec les eaux superficielles. C'est notamment le cas des gares positionnées aux abords de la Seine (gare de Ponte de Sèvres, gare des Grésillons) de la Marne (Chelles) et du canal de l'Ourcq (Livry-Sevran).

Toutefois, le contexte hydrographique ne s'arrêtant pas uniquement aux cours d'eau mais à l'ensemble des écoulements superficiels, un regard large sur les autres ouvrages des lignes est nécessaire pour proposer une vision globale des impacts.

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles incidences sur :

- La qualité des cours d'eau et des eaux de ruissellement, au travers des phases chantiers d'aménagement des émergences notamment. A l'image des incidences propres à chaque ligne :
    - Des pollutions accidentelles seront éventuellement occasionnées par les mouvements des camions sur sites ainsi que l'emploi d'engins de constructions. En effet, les polluants déposés sur les voiries et entrainés par ruissellement des eaux pluviales sont susceptibles de se retrouver au sein des cours d'eau,
    - Les eaux de ruissellement se verront charger de particules en suspension liées à la mise à nu des terrains lors des opérations de nivellement.
- Les débits de ruissellements urbains sur les emprises chantiers et en direction des exutoires naturels ou des réseaux d'assainissement existants. Cette incidence sera également à prendre en compte lors de la phase d'exploitation en raison de la mise en œuvre d'émergences limitant l'imperméabilisation des eaux pluviales (modification quantitative des ruissellements).

  En effet, l'imperméabilisation des surfaces aujourd'hui à nu entrainera des volumes d'eau pluviale plus importants à gérer.
- La physionomie même des cours d'eau franciliens traversés par les lignes du réseau de transport du Grand Paris. Aussi, deux points plus particuliers sont aujourd'hui en étude :
    - Inscription de la gare de Pont de Sèvres au niveau des berges de la Seine, dont les travaux impliquent une modification temporaire du lit mineur du cours d'eau,
    - Positionnement de la gare de Livry-Sevran sur les berges du canal de l'Ourcq.
- Les zones d'expansion des crues par la mise en œuvre de travaux en zones inondables (parfois désignées et réglementées par des Plans de Prévention des Risques appropriés). Il s'agira principalement des travaux engagés le long des rives de la Marne et de la Seine, où l'aléa d'inondation peut être fort (submersion supérieure à 1 mètre). Les principaux impacts durant la phase chantier s'illustrent par :
    - Incidence sur l'écoulement de la crue : ralentissement, changement d'orientation,
    - Incidence sur les zones d'expansion de crue : réduction par occupation d'un volume où les eaux de crue s'étendent.

      En effet, la disparition des zones où les crues s'étendent entraine inévitablement l'apparition de nouvelles zones de débordements, sur des secteurs non référencés comme zone d'expansion des cours d'eau.
    - Dégâts sur les ouvrages et matériels de chantier : non placés hors d'eau ou non évacués.

  Plusieurs gares des lignes du réseau de transport s'inscrivent directement dans des zonages réglementaires de PPRI. Dans ces zones, les aménagements sont prescrits afin de limiter leurs impacts sur le cours d'eau et ainsi assurer une transparence hydraulique du projet.
- L'alimentation en Eau Potable de la métropole, en raison des prises d'eau existantes sur la Seine (différentes prises d'eau au niveau du Val de Marne et de l'Essonne) et sur la Marne (prise d'eau de Neuilly sur Marne).

L'évacuation des déblais par voie fluviale a également une incidence sur les eaux superficielles :

- Par la mise en œuvre « d'installations portuaires » : en trois endroits au moins (Ile de Monsieur et Friche Arrighi (Ligne 15sud) et Grésillons (Ligne 15 ouest), les déblais seront chargés sur des barges dans des installations aménagées :

- Implantation de Ducs d'Albe : pour créer ou restaurer les postes d'amarrage, des Ducs d'Albe seront implantés, en général en remplacement d'existants.

- Dragages localisés : les barges ayant un tirant d'eau minimal nécessitent une profondeur d'eau au droit des Ducs d'Albe. Les dragages ont pour but de créer cette profondeur ou de la restaurer. Ces dragages s'inscriront dans les opérations d'entretien de la navigabilité de la Seine pilotées par VNF.

- La structure des quais actuelle n'est pas modifiée. Les déblais sont chargés au moyen de matériels implantés en dehors de la berge.

- Par la circulation de barges sur un linéaire significatif de cours d'eau : les déblais seront transportés sur plusieurs dizaines de kilomètres en fonction des sites d'entreposage.

3.2.4.2 Mesures d'accompagnement sur les eaux superficielles

En mesures, la Société du Grand Paris s'engage sur :

- La réalisation des études nécessaires réglementaire au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet.

  Ces études permettront notamment de définir l'ensemble des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement, les mesures de prise en compte des zones de crues et de définir les modalités de réalisation des installations portuaires.

  Le présent dossier de la Ligne 15 Sud présente les mesures relatives à cette ligne sur ces sujets dans les chapitres concernés.

- La prise en compte des prescriptions d'aménagement relatives à la protection des eaux de surfaces destinées à l'alimentation en eau potable et à la mise en œuvre de mesures adéquates permettant de pérenniser leur approvisionnement sur le territoire de la métropole.

- L'entretien des ouvrages de gestion des eaux pluviales selon les protocoles et procédures définies dans les dossiers Loi sur l'eau, en phase chantier et en phase d'exploitation,

- La définition d'une procédure de gestion des situations accidentelles et de gestion des situations de crue par débordement des principaux cours d'eau.

3.2.4.3 Impacts sur les eaux souterraines du Grand Paris Express

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles incidences sur la modification du niveau des nappes souterraines traversées par l'infrastructure. De fait, plusieurs aspects sont à considérer :

- Les tunnels seront susceptibles d'obstruer l'écoulement de nappes souterraines (effet barrage), occasionnant une élévation du niveau de ces dernières à l'amont des tunnels et un abaissement de leur niveau à l'aval.

  Au stade d'avancement des études, ces effets d'obstruction ont été analysés au niveau du Nord-Est du réseau (secteur d'Aulnay-sous-Bois et Sevran) ainsi qu'au niveau du Sud de Paris (Kremlin-Bicêtre et Ligne 15 Sud). Les études en cours et à venir tâcheront de définir et études les zones où les impacts nécessitent d'être étudiés.

- De même, l'ensemble des émergences, traversant parfois plusieurs niveaux géologiques abritant des nappes d'eau, se positionnera en obstacle aux écoulements des eaux. Il s'agit également « d'effets barrage », qui sont plus localisés, car engendrés uniquement par le positionnement de la boite gare. Toutefois, même ponctuels, ces derniers peuvent avoir une incidence forte sur les écoulements souterrains (cf. ci-dessous).

- Les pompages nécessaires pour assécher les fonds de fouille des ouvrages participeront à modifier très ponctuellement le niveau de nappes, suivant les paramètres de ces dernières.

Or, la modification du niveau d'une nappe présente des impacts potentiels :

- Sur le contexte bâti, par une modification des paramètres des couches géologiques où des élévations/abaissements des niveaux d'eau s'occasionneront. De fait, les sols seront susceptibles de se déformer, perdant éventuellement leur portance et entraînant des déstabilisations des ouvrages construits en surface. Au niveau des secteurs où la nappe est proche du sol, des phénomènes d'inondations par remontées des nappes seront susceptibles d'apparaître,

- Sur l'approvisionnement en eau potable par les champs captant souterrains de la métropole. En effet, la modification locale du niveau de l'eau souterraine dans les périmètres de protections des captages AEP souterrains modifiera de fait les caractéristiques des captages et notamment leur productivité,

- Sur l'environnement, l'alimentation de certains plans d'eau définis comme « réservoir écologique » (plans d'eau des parcs départementaux du Sausset et de La Courneuve) étant directement fait par les nappes souterraines. Ainsi, abaisser une nappe aux abords de ces plans d'eau entraînera un abaissement de leur niveau, synonyme de perturbations des systèmes écologiques identifiés

Par ailleurs, pour les gares, les points d'attaque et de sortie du tunnelier et les puits d'aération, les pompages permettant l'assèchement des fonds de fouille entraineront une nécessaire gestion des eaux d'exhaures avant rejet :

- Gestion quantitative : estimations des débits d'eau souterraine pompée et identification des émissaires de rejet (milieu naturel, réseaux d'assainissement existants),

- Gestion qualitative : traitements préalables des eaux souterraines notamment dans les secteurs où des pollutions du sol ont été identifiées.

3.2.4.4 Mesures d'accompagnement sur les eaux souterraines

En mesures, la Société du Grand Paris :

- S'est engagée à entreprendre des études nécessaires réglementaires au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet. L'ensemble des études permettront de définir les méthodologies de mise en œuvre des ouvrages permettant d'éviter les impacts sur les eaux potables souterraines et l'augmentation des phénomènes de remontées de nappes,

- Propose les méthodes constructives adaptées, permettant de limiter les échanges avec les eaux souterraines :

- Les tunnels sont étanches de par leur nature. Leur mise en œuvre permet de réduire au maximum les échanges d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de l'infrastructure. Les tunneliers permettront ainsi de garantir un front de creusement confiné,

- Les gares et puits seront réalisés par une méthode dite de parois moulées, techniques limitant les pompages pour assécher les fonds de fouille, et donc, les rabattements de nappes importants.

- Assurera un traitement des eaux et boues d'exhaure, pour permettre leur rejet ou leur envoi en centres spécialisés en cas de pollution avérée de ces dernières.

3.2.5 La gestion des déblais

La gestion des déblais en phase chantier est une problématique importante en termes de nuisances et d'effets négatifs.

Elle commence dès la sortie du sol :

- La gestion des flux est essentielle pour limiter les stockages sur base chantier : les stocks seront réduits au minimum pour limiter les effets visuels négatifs et les émissions de poussières issues des stocks,

- Les circulations des camions d'approvisionnement des camions d'évacuation des déblais seront également gérés afin d'éviter les files d'attente qui seront susceptibles de perturber la circulation dans un voisinage proche de la base chantier,

- Les trajets vers les points de réception des déblais seront également fixés au préalable en tenant compte des effets négatifs et des nuisances. Ces trajets seront imposés aux transporteurs et des sanctions prévues en cas de non-respect.

Les déblais identifiés comme pollués seront par ailleurs traités à part, dans des filières spécialisées. La manipulation de déblais pollués sur le chantier fera l'objet de consignes strictes au personnel qui y sera exposé en application du Code du Travail.

La Société du Grand Paris a d'ores et déjà réalisé des études spécifiques permettant de définir :

- Les points d'accueil et leurs capacités,

- Les modes de transport entre les points d'extractions et les points d'accueil,

De fait, un Schéma Directeur d'Elimination des Déblais (SDED) a été produit à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris.

Il a pour vocation d'organiser à l'échelle de l'ensemble du projet la gestion des déblais (de l'ordre de 22 millions de mètres cubes) et fixe un certain nombre d'obligations et de prescriptions auxquels les gestionnaires de chantier seront tenus.

Actuellement, le SDED est décliné et resserré au niveau de chaque ligne. Ce SDED comporte :

- une évaluation la plus précise possible, compte tenu de l'avancement de la conception du projet, du volume de déblais de chaque ligne,

- une identification des voies d'évacuation possibles,

- une évaluation de la proportion des 3 modes de transports : route, rail, voie d'eau.

Les sites de destination des déblais ne sont pas encore connus. Ils se répartissent selon les catégories suivantes :

- remblais dans le cadre de projets d'aménagements lorsque les déblais ne sont pas pollués,

- utilisation en tant que granulats dans certaines circonstances particulières (il faut que les déblais aient des qualités similaires aux granulats de recyclage), lorsque les déblais ne sont pas pollués,

- entreposage dans des installations de stockage prévues à cet effet : l'ouverture de ces installations prévues par la réglementation sur les déchets (ISDI, ISDND et ISDD) nécessitent des procédures administratives particulières, indépendantes de celles nécessitées par le Grand Paris Express. Le type d'installation destinataire est fonction du degré de pollution des déblais.

3.2.6 La gestion des terres polluées

Une partie significative des déblais est polluées. La Société du Grand Paris a commencé les études nécessaires pour identifier les terres polluées au droit des sites de travaux.

Ces études s'inscrivent dans le cadre de la réglementation et du protocole sur la gestion des sites pollués qui prévoit les étapes suivantes :

- Étude historique permettant de qualifier la pollution éventuelle du sol,

- Investigations complémentaires par sondages permettant de qualifier chimiquement et de localiser la pollution,

- Evaluation Quantitative des Risques sanitaires (EQRS) : la destination des sites étant connue, l'EQRS peut être réalisée et définir les usages compatibles du site avec la pollution.

- Plan de gestion permettant de définir comment sera gérée la pollution des sols identifiée sur chaque site et de mettre en œuvre les dispositions prises.

Sur la Ligne 15 Sud, les deux premières étapes sont bien avancées et quasiment terminées. Sur les autres lignes, ces étapes auront lieu après l'obtention de la DUP.

En ce qui concerne la pollution pyrotechnique des sols, un protocole similaire est mis en œuvre, avec des mesures de sécurité renforcées.

Sur la Ligne 15 Sud, la première étape est terminée, la seconde est en cours sur les sites concernés. Sur les autres lignes, ces étapes auront lieu après l'obtention de la DUP.

3.2.7 Occupation du sous-sol

Sur la quasi-totalité du territoire du réseau du Grand Paris Express, le sous sol est fortement occupé en liaison avec la très forte urbanisation.

Il existe donc des interactions entre les parties souterraines du métro et les éléments d'occupation du sous sol.

Ces éléments peuvent être classés en deux catégories :

- Des canalisations : compte tenu des profondeurs concernées, seules les canalisations principales sont concernées. Les canalisations de surface, constituant les boucles locales des réseaux sont systématiquement dévoyées et ne constituent donc pas un obstacle au travaux. Ces canalisations transportent du gaz (GRTGaz), des carburants (TRAPIL), de la vapeur d'eau ou de l'eau chaude (Chauffage Urbain).

- Des ouvrages : ce sont principalement les fondations des bâtiments et les structures souterraines d'infrastructures de transport (métro, RER, voiries) et quelques ouvrages de transport d'électricité.

Ces éléments peuvent être sensibles aux mouvements du sous sol (tassements) résultant directement ou indirectement (voir la partie géologie) des travaux de construction du Grand Paris Express.

Le creusement du tunnel est susceptible, en particulier selon les types de roches traversés, de créer de légers mouvements de sous sol.

La réalisation de travaux à proximité d'ouvrages est susceptible d'engendrer une modification des équilibres mécaniques de fondation de ces ouvrages.

Dès les premières étapes de conception du projet, la Société du Grand Paris a procédé à l'inventaire le plus complet possible des éléments d'occupation du sous sol :

- D'abord par la réalisation de Demandes de Renseignements (DR) ou de DICT,

- Ensuite par des contacts directs avec les gestionnaires de réseaux connus,

- Enfin, par l'intermédiaire d'études spécifiques, par un recensement des fondations du bâti concerné par le Grand Paris Express.

Pour la Ligne 15sud, la dernière étape est en voie de finalisation. Pour le reste du réseau, cette dernière étape sera réalisée après l'obtention de la DUP.

Les éléments recueillis ont été intégrés dans les études de conceptions, en particulier dans le positionnement du tracé en plan et du profil en long.

Les ouvrages les plus sensibles et les ouvrages les plus proches du métro feront, le cas échéant, l'objet d'un suivi de stabilité permettant de prendre les dispositions nécessaires pour éviter tout impacts significatif.

3.2.8 Vibrations

Les vibrations et le bruit solidien constituent un point essentiel de la mise en place d'une infrastructure comme la Ligne 15 Sud. Elles sont produites par le chantier ou par le fonctionnement du métro et elles ont une incidence sur diverses cibles, principalement les personnes, le bâti et les ouvrages.

Les facteurs de sensibilité aux vibrations sont les suivants :

- Fragilité naturelle du sous sol : elle est constituée des facteurs de risques géologiques pouvant contribuer aux instabilités du sous sol : présence d'anciennes carrières et présence de gypse,

- Présence d'ouvrages souterrains ou de bâtiments sensibles : ces éléments sont des récepteurs de vibrations et certaines de leurs fonctions peuvent être altérées.

- Profondeur du tunnel : la distance entre la surface externe du tunnel et les ouvrages souterrains et la surface du sol est un élément important : plus cette distance est courte et moins les vibrations sont amorties par le sol en place.

Les principales zones à risques du Grand Paris Express sont les suivantes :

- Ligne 15 Sud : section Issy RER – Arcueil Cachan, section Créteil l'Echat – Champigny sur Marne,

- Ligne 15 ouest : la partie sud de la ligne, comprise entre Saint Cloud et Rueil/Suresnes-Mont Valérien,

- Ligne 14 sud : la partie nord de la ligne entre Olympiades et Villejuif IGR,

- Lignes 16 et 17 : la partie commune entre Saint-Denis Pleyel et Le Bourget RER, la partie restante de la ligne 16 jusqu'à Chelles, la partie sud de la ligne 17 entre Le Bourget RER et Triangle de Gonesse.

L'analyse des incidences est réalisée sous la forme d'une analyse de risque d'atteinte à la sécurité des personnes et des biens.

Impacts et mesures en phase chantier

Les vibrations sont produites lors des travaux d'excavation et lors de la circulation des engins. Il est facile d'imaginer qu'un engin attaquant un calcaire dur, de type calcaire grossier, produit beaucoup plus de vibrations que le même engin attaquant une argile ou un sable.

La nature de la roche est donc un élément essentiel. La présence du calcaire grossier, strate généralement la plus dure rencontrée par l'ouvrage, est donc un élément défavorable.

La présence d'eau est également un facteur important, l'eau ayant un effet amortissant sur la propagation des vibrations. La plus grande partie de l'infrastructure étant souterraine et immergée, la phase travaux bénéficiera de cet effet d'amortissement.

Cependant, la distance de la source de production des vibrations aux cibles est le facteur principal de l'appréciation des impacts. En effet, la distance est également un facteur d'amortissement des vibrations. Plus elle est courte, moins les vibrations sont amorties.

Les zones sensibles sont donc les zones où les cibles sont nombreuses et où l'infrastructure est proche. Ces zones sont densément bâties et le tunnel est proche de la surface du sol, ou l'une des gares est proche.

En ce qui concerne la circulation des engins, il s'agit principalement de la circulation des camions. Les zones concernées sont donc les bases chantier où des camions apportent des matériaux et emportent des déblais.

Les principales mesures en phase chantier sont les suivantes :

- tous les ouvrages émergents en relation avec le tunnel, à quelques exception près, sont réalisés avec la technique de la paroi moulée : cette technique a comme avantage de créer une sorte de boite dans la quelle sont réalisés les travaux d'excavation. Cette boite crée une discontinuité dans le sol et constitue un amortisseur de vibrations.

- le renforcement d'ouvrages sensibles par injection ou confortement n'est envisagé que pour les cas d'atteinte prévisible à la structure d'ouvrages de type fissuration ou engendrant des perturbations significatives de fonctionnement.

- le suivi par la réalisation de mesures sur les bâtiments et ouvrages identifiés comme sensibles. Ces mesures sur site, réalisées durant toute la phase chantier, permettent d'établir la réalité des niveaux de vibration et de définir des procédures d'alerte en cas de problème.

Impacts et mesures en phase exploitation

En phase exploitation, les impacts des vibrations dépendent du fait que l'infrastructure est aérienne ou souterraine.

Dans les parties aériennes (Ligne 18 – Plateau de Saclay, Ligne 17 – Section Triangle de Gonesse – Roissy), la structure porteuse, ici un viaduc, transmet les vibrations au sol, qui lui-même les transmet aux cibles. Le viaduc amortit les vibrations émises vers le sol. L'impact des vibrations résiduelles dépend directement de la distance des piles du viaduc aux cibles. Il est en général faible voire nul.

Dans les parties souterraines, la structure du tunnel et la structure externe des gares qui sont des structures fermées exercent une certaine rétention des vibrations.

Le bruit solidien est le principal impact de cette phase. Il s'agit de vibrations qui parcourent la structure et qui sont transmises aux bâtiments de sorte que les personnes qui les occupent ont l'impression d'entendre le métro qui circule.

Pour qu'il y ait un impact perceptible, il faut que la structure externe du métro, en général le tunnel, soit proche des fondations pour qu'il y ait transmission directe. Dès que la distance dépasse quelques mètres, ce bruit est fortement atténué.

Les impacts dépendent beaucoup du matériel roulant et de la voie, en particulier du contact rail-roue.

Les mesures en phase d'exploitation portent d'abord sur les caractéristiques de la voie et du matériel roulant, aussi bien lors de l'achat des composants que lors des opérations d'entretien.

Dans les zones les plus sensibles, des dispositifs d'amortissement rail-roue peuvent être installés pour réduire à la source la production de vibrations. Avec la mise en œuvre des dispositifs les plus performants, l'impact résiduel est négligeable.

3.2.9 Le patrimoine naturel

3.2.9.1 Milieux naturels, faune, flore

Les impacts des sections souterraines du projet de métro du Grand Paris sur les espèces et les milieux naturels sont **réduits**. Seuls les ouvrages annexes, les gares et les sites de maintenance et de remisage auront effectivement une emprise au sol mais de façon irrégulière.

Les **principaux impacts potentiels** identifiés sont liés à la **phase travaux**. La traversée des cours d'eau et des nappes d'eaux en souterrain, la localisation des points d'entrée du tunnelier, les nuisances potentielles liées aux creusements du tunnel (vibrations, rabattement de nappe) et des gares et le stockage des matériaux sont les étapes importantes à considérer en phase travaux afin de réduire les impacts sur le milieu naturel.

Le fuseau d'étude à l'échelle du programme coupe à plusieurs reprises la Seine et la Marne ainsi que les canaux de Saint-Denis, de l'Ourcq, de Chelles et traverse d'importantes masses d'eau souterraines. Ces points sont autant de **risques de pollution** ou de **modifications des conditions hydrologiques**, qui sont considérés comme des impacts potentiels et dont l'analyse se trouve dans le détail par ligne.

Concernant la localisation des zones de stockage des matériaux de déblais, leur situation devra là encore tenir compte au maximum des enjeux écologiques, en limitant par exemple l'emprise sur les milieux naturels ou encore le dérangement provoqué par les poids lourds évacuant les déblais.

Malgré un effet d'emprise réduit sur les milieux naturels, les sections en souterrain peuvent avoir des impacts importants en phase travaux, notamment sur le réseau hydrologique. Une attention spécifique a été portée sur ce point.

3.2.9.2 Continuités écologiques

A l'échelle du programme du Grand Paris Express, le fuseau d'étude intersecte plusieurs continuités écologiques et réservoirs de biodiversité identifiés dans le cadre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique adopté en 2013.

Sur la Ligne 18 les réservoirs de biodiversité sont la forêt domaniale de Versailles, la Vallée de la Bièvre et la Vallée de la Mérantaise incluant la forêt de Port-Royal qui est une entité Natura 2000 de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ».
Sur la Ligne 17, le réservoir de biodiversité identifié est l'entité Natura 2000 du parc départemental du Sausset inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis.
Sur la Ligne 16, les réservoirs de biodiversité sont les entités inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis » avec la promenade de la Dhuis, la forêt de Bondy.
Sur la Ligne 15 Sud, le réservoir de biodiversité est le parc départemental des Lilas.
Les Lignes 14 Sud et 15 Ouest n'intersectent pas de réservoirs de biodiversité.
Toutefois, des secteurs d'intérêt en contexte urbain sont identifiés pour les lignes de la Petite Couronne. Il s'agit généralement de petits parcs urbains d'intérêt local.

Les incidences du projet sur les continuités écologiques s'évaluent au regard des questionnements autour de la fonctionnalité de la trame verte et bleue (surface, agencement spatial, etc.), de l'équivalence écologique et de la potentialité de création de nouvelle trame au vue des réflexions sur l'équivalence.

Les incidences sur les continuités écologiques se limitent aux tracés en aérien et aux émergences (gare, ouvrage, sites de maintenance et de remisage) dans les tronçons en souterrain :

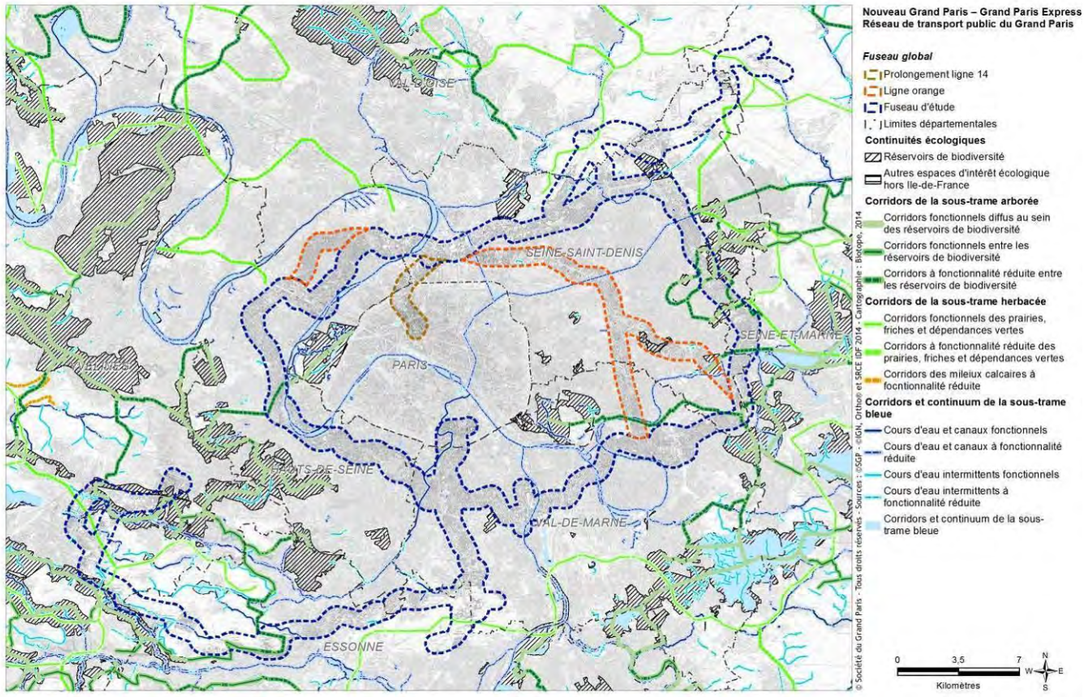
- Destruction d'habitats présents dans les continuités écologiques,

- Fragmentation des continuités écologiques,
- Coupure d'axe de communication,
- Perte de fonctionnalité des continuités écologiques,
- Surmortalité par collision.

Une analyse fine à l'échelle de chaque ligne est réalisée pour préciser les impacts et leur localisation. Cette analyse se base notamment sur le SRCE IDF et les trames verte et bleue départementales et locales qui sont identifiées sur le territoire. Des mesures sont proposées pour réduire les interactions.

Par ailleurs, ce type de programme peut être l'objet d'une analyse d'opportunité de création de corridors et de renforcement de la fonctionnalité écologique. A titre d'exemple, le passage en viaduc et la mise en place de mesures simples peuvent être favorables au déplacement des Chiroptères si le viaduc est associé à l'implantation d'un linéaire boisé.

Des mesures afin de favoriser la restauration des continuités sont proposées sur plusieurs des lignes du programme du Grand Paris Express.



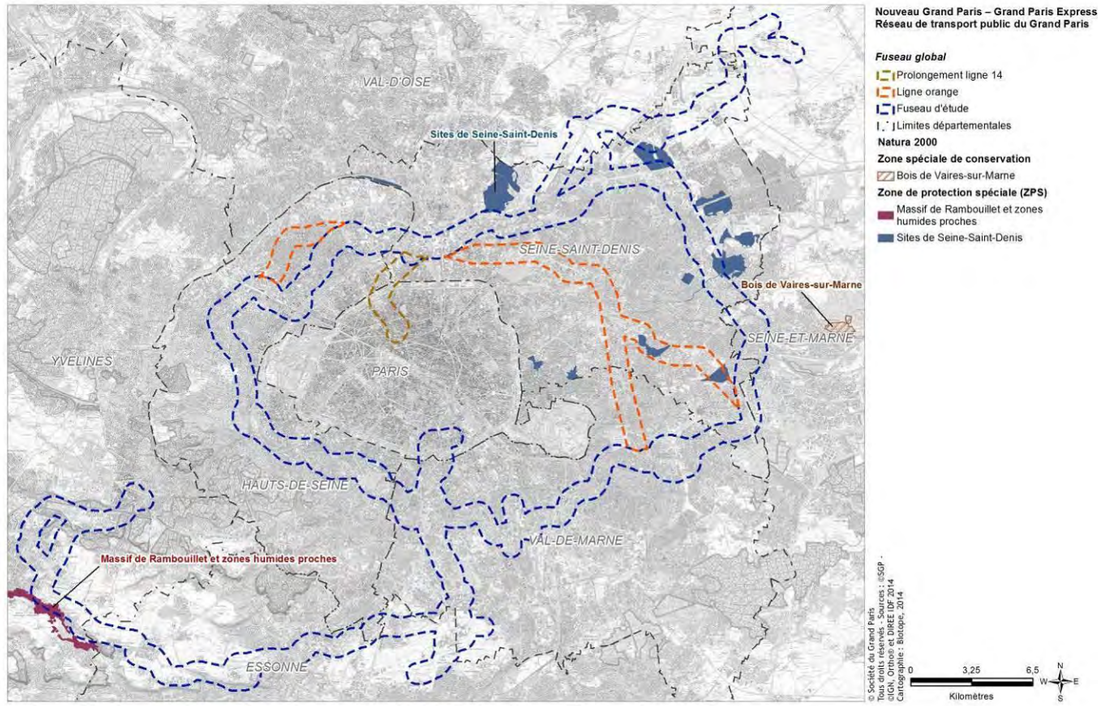
Carte de localisation des continuités écologiques (réservoirs et corridors écologiques) identifiées dans le SRCE IDF – source : DRIEE, 2013

3.2.9.3 Natura 2000

Deux sites Natura 2000 sont directement concernés par le fuseau d'étude du programme du Grand Paris Express, à savoir la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ». Ces sites font donc l'objet d'une évaluation des incidences au titre de Natura 2000.

Les études d'incidences complètes seront annexées au dossier d'étude d'impact des lignes concernées. Les premières conclusions de ces dossiers sont reprises dans ce résumé.

Outre ces deux sites en interaction directe avec le programme du Grand Paris Express (périmètre du site traversé par le fuseau d'étude), une attention particulière a été portée aux sites, hors fuseau, potentiellement en interaction hydrogéologique avec les travaux pour la construction des gares, et dans une moindre mesure, pour le tunnel et ce en fonction des techniques utilisées. La ZSC « Bois de Vaires-sur-Marne » a été identifiée comme en interaction potentielle. Ce site qui ne présente après analyse et modélisation hydrogéologique pas d'incidence est cité pour la complétude de la démarche et du dossier.



Carte de localisation des sites Natura 2000 aux alentours du programme du Grand Paris Express – source : DRIEE

<u>ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis »</u>

Le site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » est concerné par deux portions du projet de métro du Grand Paris : la ligne 16 « Le Bourget-Noisy-Champs » et la ligne 17 « Les Grésillons-Le Mesnil Amelot ».

Cette Zone de Protection Spéciale est composée de 15 entités. Seules les entités directement concernées par le fuseau d'étude ont été retenues pour l'analyse des incidences, à savoir : le Parc Georges Valbon, le Parc départemental du Sausset, le Parc de la Poudrerie, la forêt de Bondy et le Parc de la Haute Ile. Seules les espèces présentes de manière régulière et listées au FSD ont été retenues pour l'analyse des incidences, *i.e* : le Blongios nain, le Butor étoilé et la Pie grièche écorcheur pour le parc Georges Valbon, le Blongios nain pour le parc du Sausset, les Pics noir et mar pour le parc de la Poudrerie et la forêt de Bondy et le Martin pêcheur d'Europe, la Sterne pierregarin et la Pie grièche écorcheur pour le parc de la Haute Ile.

Les entités du site Natura 2000 sont évitées, ce qui limite les incidences directes possibles. De même au stade de définition du projet, **une partie des incidences étudiées peut être considérée comme non significative avec** la mise en œuvre des mesures de réduction proposées telles que :

- la localisation des installations de base chantier afin de limiter les incidences liées aux dérangements en phase travaux,

- au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil où l'aménagement de surface prendra en compte les incidences potentielles sur la fréquentation de la forêt de Bondy (dérangement en phase opérationnelle).

Des recommandations ont été formulées mais des investigations nouvelles seront nécessaires à l'échelle de chaque projet de ligne afin de s'assurer du dimensionnement exact des impacts.

L'incidence du projet sur les niveaux d'eau souterraine est fondamentale. Tous les plans d'eau ne sont pas sensibles aux variations piézométriques des eaux souterraines car certains sont alimentés par les eaux superficielles mais beaucoup de zones humides en Ile-de-France sont en interactions fortes avec les eaux souterraines. Les Etangs des Brouillards et du Vallon, du Parc Georges Valbon, le Marais et l'Etang de Savigny du Parc du Sausset et les étangs du Parc de la Haute Ile sont par exemple très sensibles aux variations de la piézométrie. Leur sensibilité repose sur leur distance par rapport au tracé et leur profondeur.

Ces secteurs font l'objet d'une attention particulière dans la conception du projet et dans le détail de chaque ligne afin de conclure à une absence d'incidence significative sur l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaires.

ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches »

Cette Zone de Protection Spéciale (ZPS) est concernée par la ligne 18 « Orly-Versailles » du projet de métro automatique du Grand Paris. L'étude d'incidences du projet de métro du Grand Paris sur ce site Natura 2000 sera donc effectuée dans les dossiers relatifs à la ligne 18. Une pré-analyse sommaire est présentée ici.

Le site Natura 2000 ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches » est composé de plusieurs entités. Le fuseau d'étude en recoupe une seule : la forêt de Port-Royal, site sur laquelle au moins cinq espèces, listées au FSD, y trouvent des habitats favorables : le Pic mar, le Pic noir, l'Engoulevent d'Europe, l'Alouette lulu et la Bondrée apivore. Cette liste d'espèces sera complétée par les investigations de terrain en cours.

Entre Saint-Quentin-Est et Palaiseau, des variantes en viaduc sont à l'étude. A ce stade, les incidences envisageables sont :

- Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales,

- Dégradation des habitats d'espèces,

- Dégradation des fonctionnalités écologiques pour l'espèce,

- Dérangements en phase travaux et en phase exploitation,

- Fragmentation de l'habitat de reproduction.

L'étude d'incidences de ce site sera intégrée dans les études d'impacts relatives à la ligne 18, en interaction directe avec le site.

3.2.9.4 Les milieux agricoles

Une distinction nécessaire est faite entre les sections aériennes et souterraines du réseau de transport du Grand Paris.

Les impacts et les mesures sont traités suivant cette distinction.

Section en aérien

Pour les sections en aérien, **l'effet d'emprise** est le principal impact direct identifié à ce stade, dont découlent la **consommation de terres agricoles** et la **fragmentation de l'espace agricole** notamment (coupure siège exploitation / terrain).

La perte de terres arables ou la fragmentation des parcelles peut avoir des incidences sur la pérennité d'une ou plusieurs exploitations agricoles :

- Perte de Surface Agricole Utile (SAU), dont la superficie et la localisation sont précisés pour chaque projet de ligne,

- Remise en cause potentielle des contrats auxquels les agriculteurs ont souscrits (agriculture durable, conversion en agriculture biologique…)

- Dans le cas de prairies de pâture, remise en cause du plan d'épandage de l'exploitation, nécessitant l'exportation des effluents d'épandage ou l'augmentation du chargement des prairies (UGB/ha)…

Ces impacts concernent principalement la ligne 18 et sont en cours d'analyse.

En phase travaux, plusieurs impacts indirects liés à la construction du métro du Grand Paris Express pourront affecter les récoltes comme la modification de l'écoulement de l'eau ou de la fertilité des sols, liés à des opérations de remblais/déblais, le stockage de matériaux, la pollution accidentelle de l'eau servant à l'irrigation des cultures ou encore la perte de rendement des plantes, à cause de poussières. L'ensemble des **incidences potentielles liées à la phase travaux** et identifiées à ce stade peuvent être **réduites et des mesures de réductions simples** sont proposées.

En phase d'exploitation, les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont encore peu quantifiables pour la ligne 18 notamment. Ces éléments sont en cours d'étude. L'installation de portion de viaduc peut modifier l'alimentation en eau et créer un effet d'ombrage. La modification de ces deux paramètres, l'eau et la lumière, peut avoir un effet sur la croissance des végétaux.

Section en souterrain

Pour les sections en souterrain, **l'effet d'emprise est réduit** aux ouvrages annexes et aux gares, ce qui limite le risque de consommation d'espaces agricoles et réduit l'impact lié à la fragmentation de l'espace agricole.

Les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont également très limitées. La **pollution accidentelle de l'eau**, lors des travaux, pourra cependant impacter les plantations culturales, mais cet impact n'est pas quantifiable à ce stade de l'étude.

3.2.10 L'archéologie

3.2.10.1 Impacts du Grand paris Express

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologique sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;

- Dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.

- Sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,…). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera dons principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

3.2.10.2 Mesures d'accompagnement

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- Le livre V du code du patrimoine,

- La loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive,

- Le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'engagera à :

- Communiquer un plan détaillé des travaux ainsi que la date d'ouverture des travaux aux organismes concernés, afin qu'ils engagent éventuellement des prospections préventives ;

- Arrêter les travaux en cas de découvertes fortuites et en informer les organismes concernés.

3.2.11 Le paysage et le patrimoine culturel

3.2.11.1 Impacts du Grand paris Express

Le réseau de transport du Grand Paris Express est en grande partie souterrain

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologique sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;

- Dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.

- Sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,…). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la

construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera dons principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

3.2.11.2 Mesures d'accompagnement

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- Le livre V du code du patrimoine,
- La loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive,
- Le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'engagera à :

- Communiquer un plan détaillé des travaux ainsi que la date d'ouverture des travaux aux organismes concernés, afin qu'ils engagent éventuellement des prospections préventives ;
- Arrêter les travaux en cas de découvertes fortuites et en informer les organismes concernés.

3.2.12 Risques technologiques

Ces risques concernent les risques liés aux activités humaines. Ils constituent plutôt des contraintes à la construction et à l'exploitation du Grand Paris Express.

Ces risques sont localisés en certains points du réseau où existent des activités à risques :

- Les Ardoines (Ligne 15sud) avec le site DELEK dont la proximité avec la gare et certains ouvrages annexes engendre des contraintes,
- Le secteur du Bourget – Le Blanc Mesnil (lignes 15nord, 16) avec la gare de triage de DRANCY dont le périmètre contraint certains ouvrages,
- Les aéroports de Roissy Charles de Gaulle (ligne 17) et d'Orly (ligne 14sud) avec les risques liés aux avions (passage sous les pistes).

Un recensement exhaustif des sites à risques via la nomenclature des ICPE de l'article R511-9 du code de l'environnement, et en particulier des sites classés au niveau SEVESO, a été entrepris dès les premières phases d'études de conception.

La réglementation associée à chacun de ces sites, en particulier les périmètres instaurant des prescriptions (dont le PPRT), a été analysée et les contraintes prises en compte dans la conception du projet :

- Soit par évitement : le tracé en plan évite le périmètre instaurant une contrainte ne pouvant être respectée,
- Soit par intégration de la contrainte dans le projet architectural et dans l'exploitation.

3.2.13 Ondes électromagnétiques

Ces ondes ont deux origines possibles :

- les matériels utilisant de l'électricité, par exemple :
  - le métro, en tant que matériel fonctionnant avec du courant électrique et tous les matériels concourant au fonctionnement des rames de métro,
  - tous les matériels électriques de la gare.
- et les matériels émetteurs/récepteurs d'ondes spécifique, par exemple :
  - Equipements radio de communication entre le poste de commandement et les rames,
  - Téléphones des personnels et des voyageurs.

Les impacts sont de deux types :

- Perturbations des appareils émetteurs/récepteurs d'installations situées à proximité du métro : ces perturbations ne sont possibles que si les gammes de fréquences des ondes électromagnétiques émises par le métro et les matériels associés sont de même gamme que celles des appareils potentiellement perturbés, et que si ces appareils sont situés dans la zone efficace de ces ondes.
- Incidence sur la santé humaine : certaines personnes sont électrosensibles et sont perturbées par les ondes de certaines gammes de fréquences, et divers organes du corps humain fonctionnant avec des microcourants électriques peuvent voir leur fonctionnement perturbé.

La réglementation a défini des seuils au delà desquels des incidences sont possibles sur la santé humaine. Des modélisations ont été faites sur la base du type de courant utilisé et de l'organisation du tunnel pour évaluer les zones soumises à des ondes électromagnétiques.

Ces modélisations ont montré (voir le chapitre Ondes électromagnétique du présent dossier) que la zones concernées par des champs électromagnétiques supérieurs aux valeurs de référence sont restreintes aux alentours immédiats de la caténaire ou du rail d'alimentation de la rame en courant, du moteur de la rame et des appareils associés et des antennes radio équipant les rames.

Dans les zones où se tient le public et le personnel (y compris le conducteur), ces champs sont réduits et largement en dessous des valeurs de références.

Le projet n'a pas d'impact.

3.2.14 Population et emplois et étalement urbain

3.2.14.1 Impacts du Grand Paris Express

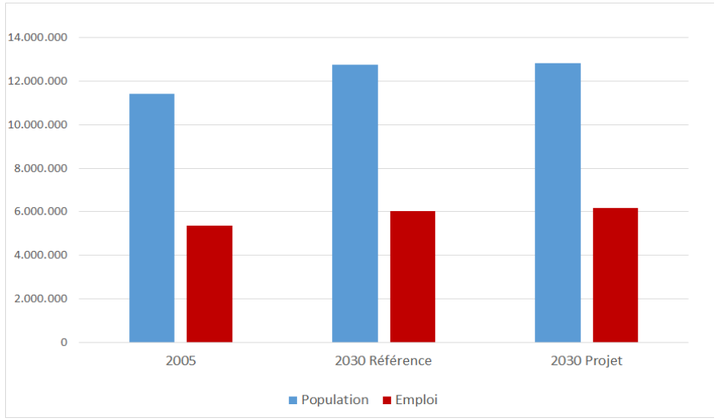
Une infrastructure de transport de l'envergure du Grand Paris Express aura des conséquences fortes sur la population l'emploi et l'occupation du sol en Ile-de-France. Sa mise en œuvre doit donc s'inscrire dans une politique plus générale de développement économique et social des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France. Dans ce sens, le projet du Grand Paris Express constitue un moteur de la croissance de la population et de l'emploi en Ile-de-France et devrait ainsi permettre :

- de favoriser les créations d'emplois ;
- d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération;
- de corriger les inégalités territoriales ;
- de favoriser une structure urbaine plus durable.

La croissance de la population et de l'emploi serait particulièrement concentrée dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.

Les évolutions entre 2005 et 2030 dans le scénario de référence (sans Grand Paris Express) et dans le scénario de projet (avec Grand Paris Express) sont présentées dans la figure suivante. Ces hypothèses de croissance traduisent une volonté politique qui repose sur le développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France, au premier rang desquels Paris et le cœur de l'agglomération parisienne.

Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et 2030 en Ile-de-France



Depuis les années 1980, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et en deuxième couronne, selon des formes urbaines peu denses et grandes consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de route et de RER.

Cet étalement urbain ne pourra être limité dans le futur, que si l'urbanisation est structurée par des opérations planifiées plus denses s'appuyant sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet de métro du Grand Paris Express.

Dans ce contexte, la mise en œuvre du réseau de transport public du Grand Paris Express est donc une condition pour le succès d'un aménagement du territoire plus durable favorisant la densification de l'habitat et des activités autour des futures gares. Son impact sera d'autant plus grand que le nombre de gares desservies est important.

L'analyse des impacts montre qu'à l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express serait en mesure de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires franciliens permettant la préservation d'environ 16 000 hectares de l'urbanisation nouvelle comparativement au scénario de référence. A cela, il faut ajouter la préservation d'environ 2 000 hectares hors territoire régional, du fait des migrations vers l'Ile-de-France en situation de projet.

La densification supplémentaire sur les territoires à proximité des gares permettrait donc, en moyenne, la préservation d'environ 720 ha/an entre 2005 et 2030, par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express. La consommation actuelle d'espaces naturels au profit de l'urbanisation étant estimée à 1 680 ha/an (SDRIF 2012), le programme du Grand Paris Express permettrait une réduction de l'étalement urbain d'environ 43%.

Parallèlement, la densification et la réduction des surfaces nouvellement urbanisées rendues possible par le projet permettraient d'éviter la construction d'approximativement 4 000 km de VRD comparativement au scénario de référence d'ici à l'horizon 2030.

3.2.14.2 Mesures d'accompagnement

A lui seul, le Grand Paris Express ne peut assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du territoire ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Les bénéfices induits (indirects ou cumulés) présentés ci-avant seront rendus possibles par la réalisation du projet, mais ils ne se produiront que si d'autres mesures « externes » (échappant aux compétences du maître d'ouvrage) sont mises en œuvre.

Ces mesures concernent le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et de la fiscalité et visent à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi tout en favorisant un renouvellement et une densification raisonnée du bâti, en particulier dans les quartiers pavillonnaires suburbains/périurbains qui constituent des réservoirs fonciers majeurs.

Il est donc nécessaire d'intégrer le projet dans un véritable programme d'aménagement du territoire volontariste et partagé par les acteurs du territoire, intégrant des objectifs multiples :

- créer une capacité d'accueil appropriée à la croissance prévue de la population et de l'emploi ;
- créer des réseaux de transport de rabattement efficaces assurant de fortes améliorations d'accessibilité à tous les territoires desservis ;
- assurer un développement urbain respectueux de l'environnement et conforme aux objectifs du Grenelle de l'Environnement.

Dans cette optique, les Contrats de Développement Territorial (CDT) constituent aujourd'hui des outils opérationnels clefs. Pour rappel, les CDT ont pour vocation de constituer un outil à disposition des communes afin qu'elles soient en mesure d'anticiper et de répondre au mieux aux besoins des populations et des emplois à venir. Via les CDT, les collectivités territoriales s'associeront à l'Etat afin d'élaborer et de mettre un œuvre un projet ambitieux pour leur territoire en termes d'urbanisme, d'économie, de transport et d'environnement.

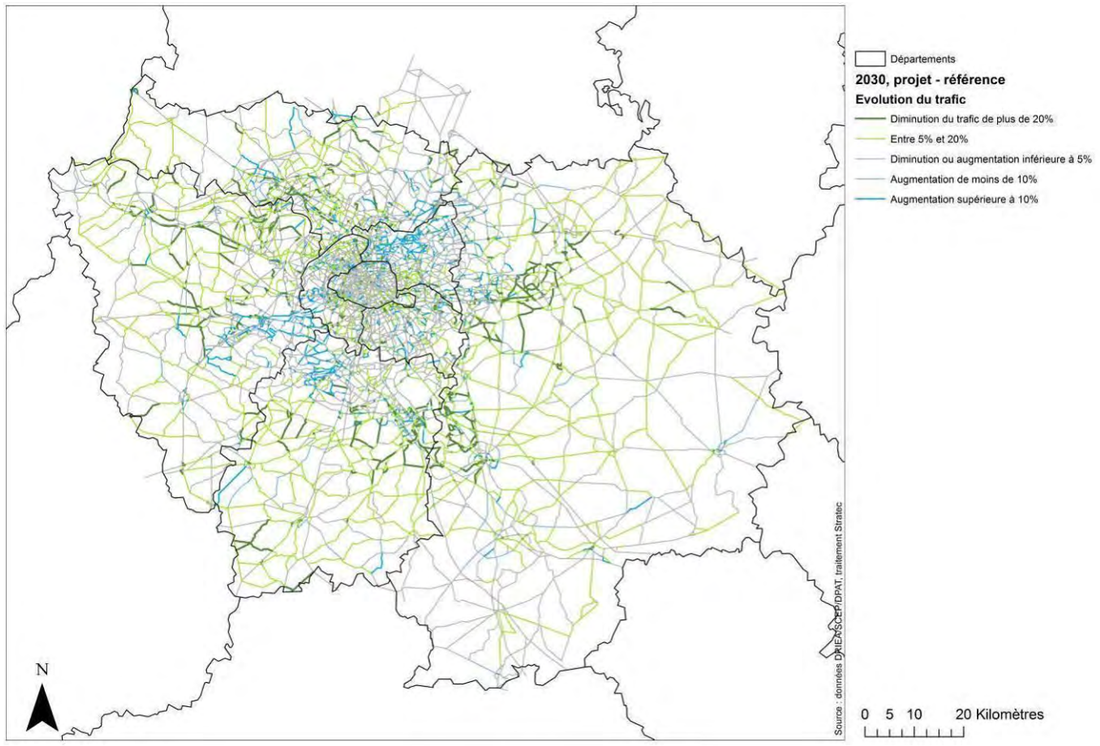
3.2.15 La mobilité francilienne

3.2.15.1 Impacts du Grand Paris Express

L'augmentation de la demande en transport public d'ici 2030 sera généralisée en Ile-de-France, mais elle sera particulièrement marquée sur les relations de périphérie à périphérie. Un transport efficace tel que le métro automatique permettra d'absorber cette demande et d'attirer de nouveaux voyageurs du mode routier, réduisant ainsi la longueur d'axes congestionnés[33] sur le réseau routier (-90 kilomètres à l'horizon 2030, soit -3,6 % par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express).

La fréquentation prévisionnelle du réseau Grand Paris Express est estimée entre 265 000 et 300 000 voyageurs à l'heure de pointe du matin, à l'horizon cible 2030.

Le potentiel de report modal vers les transports publics restera élevé même après la mise en œuvre du projet. Il est donc essentiel d'accompagner le déploiement du métro automatique par des mesures en faveur du report modal et d'intervenir pour maîtriser l'aménagement, notamment autour des gares. Par ailleurs, là où la capacité des axes routiers le permet et lorsque les études auront démontré la pertinence de tels équipements (notamment leur absence de concurrence avec le réseau de transports en commun de surface), des parkings relais pourront être construits, afin de faciliter le report modal de la voiture vers les transports publics.



Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

La mise en service du métro automatique permettra également de soulager les réseaux de transports en commun ferrés existants fortement saturés, notamment les lignes de RER. Le réseau Grand Paris Express offrira une amélioration considérable du maillage du réseau existant. Sur l'ensemble des gares du nouveau réseau, près de 80% offriront une correspondance avec un mode structurant. Ces nouvelles gares seront de véritables pôles multimodaux, où les correspondances entre modes seront faciles et rapides, et où l'accès pour les piétons et les cyclistes, ainsi que pour les personnes à mobilité réduite, sera facilité.

3.2.15.2 Mesures d'accompagnement

Par les avantages qu'il confère aux utilisateurs, le Grand Paris Express permettra un report modal de la voiture vers les transports en commun. Ce report modal sera d'autant plus grand que des mesures seront prises pour favoriser l'utilisation des transports en commun.

La plupart de ces mesures sont du ressort des pouvoirs publics et doivent être pensées de manière stratégique à l'échelle régionale, puis transcrites de manière opérationnelle à l'échelle locale.

Parmi les mesures influençant directement l'utilisation des véhicules particuliers, la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain seraient particulièrement influentes. Ces mesures rendent l'utilisation de la voiture plus onéreuse et ont un effet dissuasif.

Il est également possible de rendre l'utilisation des transports en commun plus attractive en instaurant des tarifs combinés ou en créant des aires de stationnement aux abords des gares afin d'inciter au rabattement des automobilistes.

En parallèle, toutes les mesures visant à améliorer la qualité de l'utilisation des modes « doux » de déplacement permettront d'opérer un changement effectif du comportement de déplacement des individus. La notion de « qualité » englobe toutes les composantes liées à la tarification d'un moyen de transport, à la qualité de sa desserte, à son confort d'utilisation, à la sécurité d'un trajet, etc. Parmi ces mesures, la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.) peut notamment être citée.

L'aménagement de l'espace rural et urbain doit également être pensé en cohérence avec la politique de transport menée. En effet, l'implantation des zones d'habitation et des bassins d'emploi a des conséquences directes sur les déplacements domicile/travail et donc sur les flux de trafic routier, émetteurs de polluants. Un levier efficace pour réduire les distances de déplacements et, ainsi, inciter à l'utilisation de modes de transports alternatifs est la densification de l'urbanisation couplée à une mixité urbaine et fonctionnelle, en particulier autour des gares.

Le réseau Grand Paris Express améliore, par ailleurs, la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France. Il permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de pic de pollution.

[33] *A plus de 80%*

3.2.16 Les nuisances sonores

Les incidences du programme d'aménagement du réseau de transport du Grand Paris ont été nécessairement analysées au travers des deux phases chantier et exploitation.

Les nuisances sonores durant les chantiers du Grand Paris Express seront similaires à celles de la Ligne 15 Sud mis à part qu'elles seront davantage réparties dans le temps (2015-2030) et dans l'espace (répartition relativement uniforme sur les 205 km du Grand Paris Express). Elles seront donc essentiellement liées aux engins de chantier (mobiles ou présents en permanence), aux outils et équipements de chantier, aux transports de matériel et aux travaux bruyants. Les bruits causés par les éclats de voix, les sirènes de recul et les bruits de chargements/déchargements des matériaux.

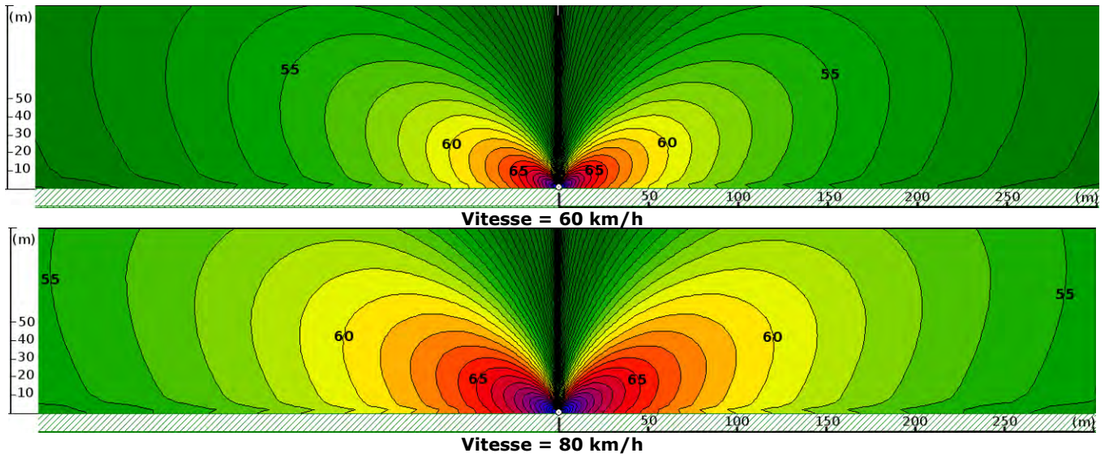
Durant la phase d'exploitation des lignes, les incidences du projet s'entendent principalement suivant deux aspects :

- **L'impact direct lié à la circulation du matériel roulant** et donc principalement des émissions sonores des roues sur les rails (ou des pneus sur les supports de roulement),

  Les impacts seront très peu perceptibles sur la majorité du tracé du Grand Paris Express dans les sections où le programme s'inscrit en souterrain. Les principales émissions sonores sur ces sections correspondront au bruit en sortie des ouvrages annexes.

  Aussi les impacts directs les plus forts d'identifieront au niveau des sections en viaduc, à savoir sur la Ligne 17 et 18, où la densité d'habitats est plus faible (secteurs de Saclay et de Gonesse). Les résultats d'une première évaluation des impacts sonores du métro sur les sections extérieures de plein pied sont présentés dans la figure ci-dessous.

Résultats de la modélisation d'une ligne de métro au sol à l'heure de pointe le matin



Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h – 30 à 32 métros/heure – insertion au sol

Les résultats présentés ci-dessus, montrent que la vitesse du métro est un paramètre influant sur le niveau de bruit généré avec des distances aux isophones pour 80km/h proches du double de celles calculées pour la vitesse de 60 km/h. soit une largeur des secteurs affectée par le bruit 2 fois plus grande.

Les distances pour les courbes isophones, à 2m de hauteur, pour une configuration de voie au sol, sans aucun obstacle et pour une vitesse moyenne de 60km/h sont les suivantes :

Distances en mètres par rapport aux voies de métro pour atteindre les isophones Laeq (1h) 65, 60, 55, 50, 45 et 40 dB(A) pour une propagation en terrain plat, en champs libre et le trafic métro prévisible en heure de pointe le matin et la nuit –récepteurs à 2m de hauteur

Ligne de métro au sol	nbre métro/h	isophones calculés pour une vitesse de 60km/h - insertion au sol					
		65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
Heure de pointe le matin	30 à 32	19	49	122	290	610	1069

Pour rappel, la réglementation française en matière de nouvelle infrastructure ferroviaire prévoit que les niveaux sonores maximums (i) pour les logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée, écoles et établissements de soins de santé sont de 60 dB(A) le jour (6-22h) et 55 dB(A) la nuit (22-6h) et (ii) pour les autres logements et bureaux sont de 65 dB(A) le jour (6-22h) et 60 dB(A) la nuit (22-6h).

Pour une propagation en champs libre, sur un terrain plat sans obstacle et avec un sol réverbérant, les résultats révèlent que :

- Pour atteindre le critère de 65 dB(A) applicable de jour pour des zones d'autres logements et/ou de bureaux la distance minimum par rapport à la voie de métro en insertion au sol est de 19 m.
- Pour atteindre le critère de 60 dB(A) applicable de jour pour les logements à ambiance préexistante modérée et les établissements d'enseignement ou de soins, la distance minimum par rapport à la voie en insertion au sol est de 49 m selon le trafic prévu.

- **L'impact indirect lié à l'effet du report modal** sur le volume de véhicules empruntant quotidiennement les axes du réseau viaire ou aux activités développée au sein des gares.

  Bien que l'effet du Grand Paris Express sur le report modal soit sensiblement plus important que celui de la Ligne 15 Sud uniquement, les variations induites par le projet resteront relativement faibles par rapport à un impact potentiel sur les niveaux sonores. Pour rappel, l'oreille ne perçoit que les modifications sonores inférieures à un décibels, ce qui correspond à une réduction de trafic de l'ordre de 25%. Les diminutions de trafic souvent de l'ordre de quelques pourcents ne seront donc pas suffisamment importantes pour faire varier les niveaux sonores générés par le trafic routier de manière significative.

  Aussi, il semble que les impacts indirects les plus importants seront observés à une échelle locale avec un report de trafic routier plus conséquent qu'à l'échelle de la Région où l'impact sur le bruit routier est quasi-nul.

  L'implantation des gares sera donc un facteur important dans le report modal et la variation du trafic routier à proximité des gares mais aussi en raison de l'afflux de piétons et de la densification potentiel qu'elles induiront. Les impacts les plus importants seront à prévoir:

- Dans les zones urbaines ou semi-urbaines où aucune gare ni zone commerciale n'est implantée,
- Dans les zones de coupures entre deux zones urbaines,
- Dans les zones situées à proximité d'espaces verts si le développement de la gare est associé à une urbanisation importante de la zone.

3.2.16.1 Mesures d'accompagnement

En phase chantier, de manière générale :

- Le choix des équipements et des techniques de construction les moins bruyants est primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier,
- Le personnel sera formé et sensibilisé aux nuisances sonores potentielles des chantiers,
- Une bonne localisation des sources de bruit et de la zone de livraison pourra permettre une réduction significative de la perception des nuisances sonores. Ce point nécessite cependant une analyse ciblée sur le base d'éléments de projet plus aboutis.
- Enfin la planification des tâches et l'information des riverains seront des outils essentiels pour limiter la gêne sonore ressentie par les riverains.

En phase d'exploitation, les mesures mise en œuvre à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris s'articulent autour des facteurs suivants :

- Les mesures dites « à l'émission » :
  - Recherche de matériel roulant efficace (blocs moteurs silencieux, freins composites, usage de pneumatiques…) et de technologies moins émettrices de bruit (pose de rails anti-vibratoires…), et entretien régulier des équipements (rails et roues),
  - Limitation des vitesses maximales autorisées pour le matériel roulant,
  - Définition de plans de circulation prenant en compte la dimension « bruit » et limitant notamment les vitesses sur certains axes en zones calmes.
- Les mesures liées « à la propagation des ondes » :
  - Respect de distances minimales entre l'infrastructure et les bâtis dans les études de conception.
  - Définition et mise en place des écrans de protections sonores lorsque les distances ne permettent pas de réduire suffisamment le bruit.

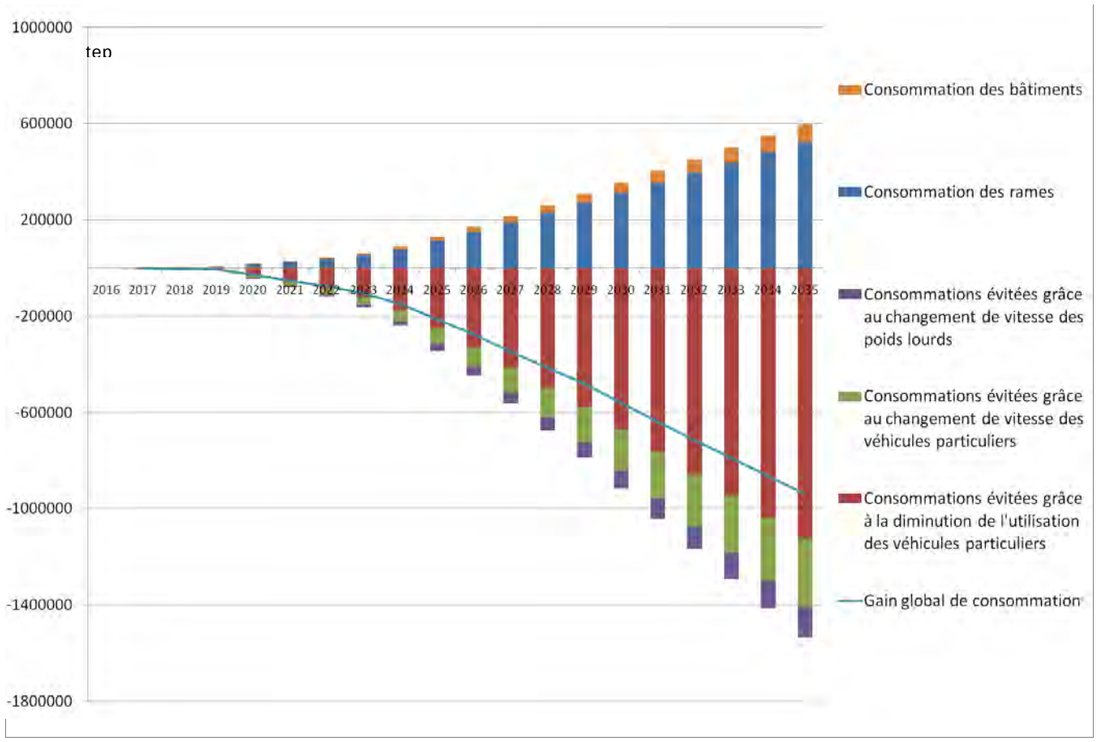
3.2.17 Les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre

3.2.17.1 Impacts du Grand Paris Express

Consommations énergétiques

Le bilan énergétique du réseau de transport du Grand Paris Express révèle que les diminutions de consommation du trafic routier induites par la mise en service du métro compensent largement les consommations énergétiques du métro (traction et bâtiments). Le projet permet donc de réduire les consommations énergétiques et diminuer la dépendance aux énergies fossiles. La diminution cumulée de la consommation du trafic routier engendrée grâce au projet est estimée à -937 000 tep à l'horizon 2035 selon les hypothèses considérées.

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis les premières mises en service du réseau Grand Paris Express jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure suivante. Le bilan énergétique global s'avère particulièrement positif dès la mise en service des premières lignes du réseau. Les gains sont d'autant plus grands que l'on considère un horizon lointain.



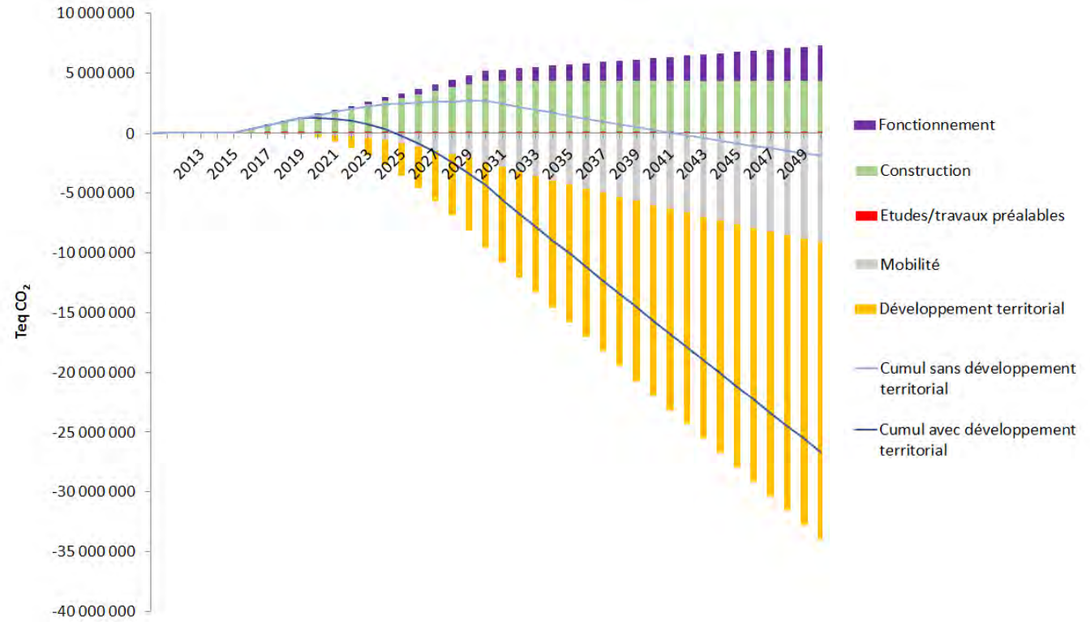
Consommations énergétiques cumulées par poste

Emissions de gaz à effet de serre

Le bilan des émissions de GES de l'ensemble du réseau Grand Paris Express démontre l'utilité du projet, notamment grâce aux émissions liées au trafic routier que le projet permet d'éviter et qui compensent les émissions induites par la construction et le fonctionnement de l'infrastructure. Les résultats soulignent également l'importance des émissions qui pourront être évitées au niveau du développement territorial grâce à l'amélioration du bâti et à la densification des zones urbaines.

Les émissions de gaz à effet de serre ont été calculées pour l'ensemble des phases du projet, de la construction jusqu'à l'exploitation. Ces émissions concernent donc les études préalables à la réalisation du projet, la construction de l'infrastructure (4 226 000 téqCO_2) et l'exploitation du métro (107 000 téqCO_2 par an). Celles-ci sont toutefois largement compensées par les émissions évitées grâce à la mobilité et au développement territorial permises par le programme.

Comme le montre la figure suivante, les émissions évitées seront égales aux émissions induites aux alentours de 2040 sans prendre en compte les gains liés au développement territorial, et aux alentours de 2026 avec les gains liés au développement territorial. A l'horizon 2050, le poste le plus important est ainsi de loin celui lié au développement territorial. Les postes de construction et de fonctionnement seront approximativement compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement territorial permettront au projet d'avoir réduit les émissions cumulées de GES de 24 800 000 téq CO_2 à l'horizon 2050.



Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) suite à la mise en service progressive de l'ensemble du réseau.

Bien que ces diminutions soient non négligeables, elles ne correspondent qu'à une petite partie de l'effort global à réaliser (objectif de -75% des émissions entre 1990 et 2050). En effet, la réduction des émissions liées au trafic routier engendrées par le projet (-385 000 téq/an à l'horizon 2030) correspond à une diminution d'environ -2,1% des émissions totales issues du trafic routier en Ile-de-France en 2005 (18 000 000 téqCO_2). Concernant le développement territorial, la réduction des émissions de GES induite par le projet de -885 500téq CO_2 à l'horizon 2050 correspond à environ -3,4% des émissions totales des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France en 2005 (26 000 000 téqCO_2).

Le programme Grand Paris Express contribue donc de manière significative à la réduction des émissions de GES mais ne constitue qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommation énergétiques.

3.2.17.2 Mesures d'optimisation

Utilisation d'énergies renouvelables

En ce qui concerne l'apport énergétique du réseau, le choix des énergies renouvelables est particulièrement important. En effet, les facteurs d'émissions des énergies renouvelables sont nettement en dessous de ceux de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles.

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du Réseau de Transport du Grand Paris ne permettent pas de s'approvisionner uniquement à partir de ressources renouvelables disponibles en interne (surfaces disponibles pour la production d'énergie éolienne restreinte, énergie géothermique limitée, etc.), il sera cependant intéressant d'envisager les opportunités de production d'énergie renouvelable ou de favoriser les fournisseurs d'électricités produisant une grande proportion de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

Mobilité : report modal vers les transports en commun

Toutes les mesures encourageant un report modal de la route vers les transports en commun auront comme effet de maximiser les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au projet.

Développement territorial

Le développement territorial nouveau induit par le programme Grand Paris Express est responsable d'une grande quantité d'émissions de CO_2 potentiellement évitées. Afin d'en assurer la maximisation, il sera cependant nécessaire de la part des acteurs responsables de l'aménagement du territoire de mettre en place des mesures d'accompagnements visant notamment à réduire l'étalement urbain et à favoriser la densification autour des gares. Tous les détails sur ces mesures d'accompagnement sont précisés dans la partie « occupation du sol ». De manière simplifiée, les principales mesures ayant un impact fort sur les émissions de GES sont les suivantes :

- Limiter l'étalement urbain en préservant le plus possible les espaces vierges de la construction nouvelle et en définissant les périmètres d'urbanisation dans le tissu urbain existant ;
- Définir des Coefficient d'Occupation du Sol (COS) adaptés à l'accessibilité des zones en transport en commun ;
- Promouvoir une mixité fonctionnelle et urbaine adaptée à ce même indicateur d'accessibilité ;
- Définir l'affectation future des périmètres d'aménagement en fonction de l'accessibilité des terrains qui s'y situent ;
- Inciter à l'augmentation des programmes de démolitions/reconstruction et de constructions pour augmenter le taux de renouvellement du parc bâti ;
- Définir des règles de construction favorisant des taux de mitoyenneté importants ;
- Promouvoir des programmes de construction d'immeubles collectifs au détriment de maisons individuelles ;

- Définir des objectifs de performance énergétique à atteindre pour les futurs programmes de construction/rénovation allant au-delà des exigences réglementaires en vigueur, par exemple en promouvant la certification environnementale des nouveaux bâtiments ;
- Inciter les communes à l'instauration d'incitations financières (primes, prêts à taux intéressants, etc.) afin d'encourager les particuliers à engager des travaux énergétiques dans les bâtiments ;
- Inciter les communes à encourager les promoteurs publics ou privés à l'instauration d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments et la diffusion de l'information aux particuliers.

De manière opérationnelle au niveau locale, ces politiques peuvent passer par la révision de documents tels que les Plans Locaux d'Urbanisme.

3.2.18 La qualité de l'air et la santé

3.2.18.1 Impacts concernant la qualité de l'air

Grâce à une diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers et une fluidification du trafic, le réseau Grand Paris Express engendrera à l'horizon 2030 une diminution de 2% à 3% des émissions des divers polluants par rapport à la situation de référence.

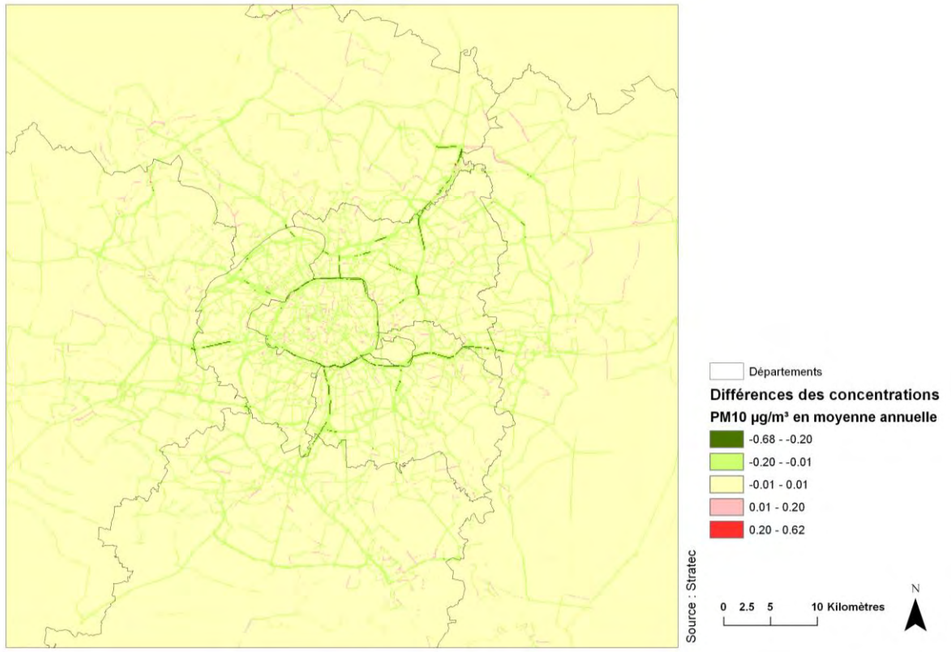
Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2030 pour les PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, SO_2, Nickel et Cadmium.

Horizon 2030	PM_{10}	NO_x	CO	COVNM	benzène	SO_2	Ni	Cd
	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	kg/an	kg/an
projet - référence	-38	-254	-499	-99	-6	0	-4	-1
réduction des émissions par rapport à la référence (%)	-3%	-3%	-2%	-3%	-3%	0	-3%	-3%

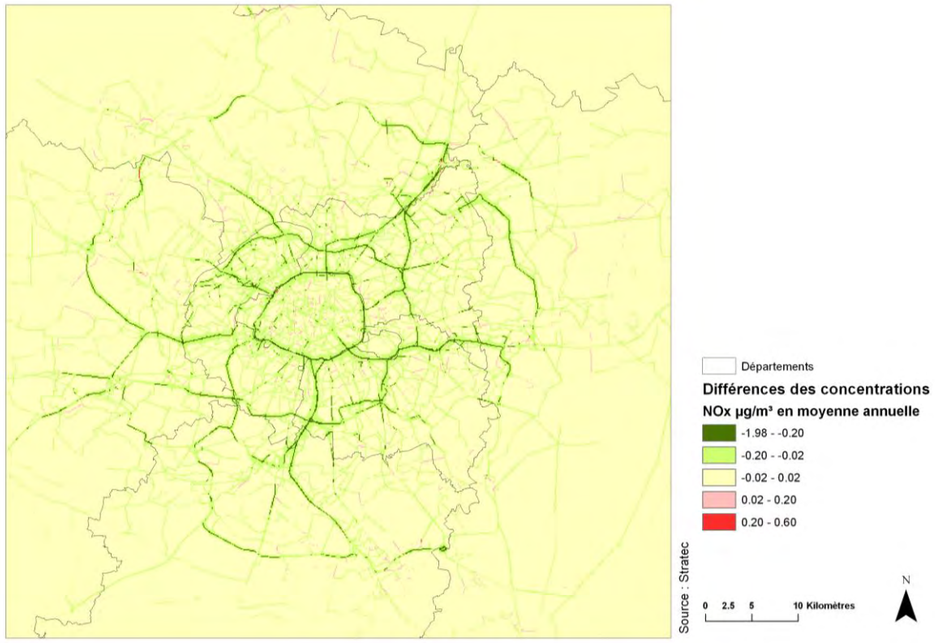
Ces variations sont non négligeables, mais relativement faibles par rapport aux diminutions qui devraient être réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

Le Grand Paris Express permettra néanmoins une réduction des émissions de particules fines issues du trafic routier et d'oxydes d'azote.

La diminution des émissions et des concentrations en polluants sera directement liée au trafic routier et donc localisée sur la plupart des axes routiers subissant une réduction des flux de trafic suite à l'arrivée du projet. Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de PM_{10} et NO_2 entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030.



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour les PM_{10}



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour le NO_2

Comme illustré, l'impact du réseau Grand Paris Express sur les concentrations de particules fines est généralement positif avec une réduction des concentrations le long de nombreux axes routiers. Les concentrations d'oxydes d'azote subissent également une diminution le long de la plupart des axes routiers.

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs du métro représente également un enjeu important, car plusieurs études ont montré que les concentrations en particules fines dans les enceintes ferroviaires souterraines sont souvent supérieures qu'à l'extérieur. L'analyse des risques révèle cependant que ceux-ci sont modérés. Des mesures de réduction seront néanmoins mises en place pour limiter au maximum les concentrations en particules fines et les concentrations seront suivies au cours du temps afin d'éviter tout risque pour la santé des utilisateurs.

3.2.18.2 Mesures d'accompagnement concernant la qualité de l'air

Les mesures pouvant être mises en œuvre à l'échelle du réseau Grand Paris Express concernent :

- L'incitation au report modal vers les transports en commun :

  L'impact du Grand Paris Express sur la qualité de l'air étant directement lié au report modal qu'il induit de la voiture particulière vers les transports en commun, toutes les mesures incitant à l'utilisation des transports en commun au détriment des véhicules particuliers devraient donc entraîner une augmentation du report modal et par conséquent provoquer une amélioration supplémentaire de la qualité de l'air.

- La limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames :

  Les concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares et des tunnels peuvent être élevées et présenter un risque potentiel pour la santé des usagers. Dans le but d'atténuer les concentrations de particules fines présentes dans ces espaces confinés, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France recommande :

  - De réduire les émissions à la source par des actions portant à la fois sur les matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies ;
  - D'optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, de les dimensionner en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et de veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
  - D'encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
  - De poursuivre la surveillance de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de toutes les agglomérations françaises, afin d'apprécier les évolutions de la contamination particulaire ainsi que l'impact des actions correctives entreprises.

3.2.18.3 Impacts concernant la sécurité routière

L'impact de l'infrastructure sur les accidents de la route étant directement lié aux diminutions de trafic, la mise en service de l'ensemble du Grand Paris Express devrait permettre de réduire sensiblement les accidents de la route. Il faut rappeler cependant que les moyens de transport, qu'ils soient collectifs ou individuels, ne sont pas à l'abri d'accidents. Les accidents sur un réseau de métro automatique existent, mais sont très rares : la présence de portes palières sur les quais empêche les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

Sur base de la même méthodologie que celle appliquée à la Ligne 15 Sud, les impacts de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 ont été évalués.

Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de l'ensemble du réseau Grand Paris Express en 2030

Nombre évité avec la mise en service de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030	Nombre d'accidents évités	185
	Nombre de blessés légers évités	172
	Nombre de blessés graves évités	65
	Tués évités	4

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express permettrait d'éviter 185 accidents, 172 blessés légers, 65 blessés graves et 4 tués.

Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une amélioration significative des conditions de trafic en Ile-de-France suite à l'arrivée des lignes constituant le réseau du Grand Paris Express.

4. Synthèse des impacts et des mesures associées

4.1 Synthèse des impacts et mesures en réponse aux enjeux localisés

Les impacts et mesures en phase d'exploitation sont principalement des éléments à l'échelle de l'ensemble de la Ligne 15 Sud, par exemple pour la qualité de l'air, ou sont similaires pour l'ensemble des ouvrages au niveau d'une synthèse,

Les éléments en phase chantier comportent beaucoup plus de caractéristiques spécifiques et d'éléments spécifiques pour chaque ouvrage. Cela justifie une représentation spatiale sous forme de carte.

Cette synthèse est organisée selon la structure suivante :

- Synthèse des impacts et des mesures génériques du projet de Ligne 15 Sud en phase exploitation : ces éléments se retrouvent au niveau de tous les ouvrages ou à l'échelle de la ligne : ces éléments sont présentés sous forme de tableau ci-dessous.

- Synthèse des impacts et mesures spécifiques en phase chantier : ces éléments sont présentés sous forme de cartes ci-dessous.

Synthèse des impacts et des mesures génériques du projet de Ligne 15 Sud du Grand Paris Express en phase exploitation

Thématique	Impacts génériques	Mesures génériques
Vibrations	Risque d'instabilité des sols et perturbation d'établissements sensibles	Poursuite des modélisations prédictives pour évaluer les sensibilités
		Mise en place d'un système de mesure pour suivi au droit des ouvrages et bâtiments sensibles
		Modification du tracé en plan et/ou du profil en long
		Confortement par injection de béton pour ouvrages très sensibles
Risques technologiques	Interception de 33 ICPE et 2 Sites Seveso par le fuseau d'étude	Information, formation du personnel
		Suivi dans le temps, entretien des engins de chantier
Occupation du sous-sol	Interaction avec de nombreux réseaux, infrastructures de transport, et fondations de bâtiments	Ajustement du profil en long
		Gestion particulière du tunnelier (guidage, vitesse, etc.)
		Confortement des terrains
		Dévoiement
		Indemnisation liée aux travaux nécessaires et/ou relogement
Hydrogéologie	Impacts sur la piézométrie	Construction du tunnel au tunnelier
		Mise en œuvre de parois moulées presque systématiquement
		Période de pompage de vidange des excavations la plus courte possible
		Suivi piézométrique depuis le début du chantier
	Impact sur la qualité des eaux souterraines	Forages et travaux souterrains selon normes en vigueur
Géologie	Risques liés à la géologie – survenue des évènements à risques	Investigations sur les anciennes carrières
		Etude de la vulnérabilité du bâti aux risques identifiés
		Installation d'un système de mesure adapté et suivi depuis le début du chantier jusqu'à la mise en service
		Adaptation des techniques constructives
Eaux pluviales / Ruissellement	Volumes pris à la crue par la présence d'un ouvrages en zone inondable	Respect des préconisations des PPRI
		Restitution des volumes pris à la crue
	Augmentation du coefficient de ruissellement et pollution des eaux superficielles	Collecte et régulation des eaux pluviales
		Traitement des eaux pluviales
		Suivi des débits et de la qualité des eaux pluviales rejetées

Thématique	Impacts génériques	Mesures génériques
Déblais	Dégradation de la qualité de vie aux environs du chantier	Développement du transport fluvial et encouragement du transport ferroviaire
	Surcharge des centres de stockage	Limitation du stockage définitif des terres
	Déplacement de terres potentiellement pollués	Caractérisation de la qualité chimique des sols
Mobilité	Charroi généré par les chantiers	Suivi du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED)
	Entrave des itinéraires routiers, piétons ou cyclistes	Déviation des itinéraires et information adéquate des usagers
Population, emplois et occupation du sol	Consommation temporaire d'espaces pour la mise en œuvre des chantiers	Limitation de l'emprise des chantiers et suivi. Remise en état à la fin du chantier des espaces occupés temporairement
Santé	Emissions de polluants atmosphériques par le chantier (charroi, manutention des matériaux pulvérulents, etc.)	Suivi du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) et bonnes pratiques de chantiers
Bruit	Bruit des chantiers sur les riverains, zones calmes, établissements scolaires ou de santé	Méthodes constructives de parois moulées
		Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux
		Adaptation de l'organisation des zones de chantier
		Mise en place de supports de communication adaptés
		Pour les chantiers les plus sensibles, mise en place de panneaux antibruits autour des chantiers ou des sources les plus bruyantes
Faune, flore et continuités	Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces	Adaptation du calendrier de travaux (défrichement hors période de reproduction)
Toutes thématiques	-	Mesures de suivi en phase chantier (suivi par un écologue, monitoring du bruit, etc.)

Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Ile de Monsieur – OA Pierre Plate

ILE DE MONSIEUR

Impacts majeurs	Principales mesures
Impacts visuels sur l'ensemble paysager et patrimonial Ile de Monsieur, parc de Saint Cloud et monuments historiques proches	Insertion paysagère du chantier par écrans visuels Procédure spéciale (sites classés et monuments historiques)
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Evacuation d'une quantité importante de déblais et circulation chantier	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires, transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Bruits de chantier à proximité du parc nautique	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores et transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation de frayères et de zones humides	Compensation de frayères et zones humides

PONT DE SEVRES

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception de canalisations (GRT Gaz, IDEX, SIAAP, RTE)	Gestion particulière du tunnelier et dévoiement des canalisations
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Impactant du lit mineur de la Seine	Modélisation de l'écoulement de la Seine et optimisation de la forme de l'ouvrage
Evacuation d'une quantité importante de déblais et circulation chantier	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires, transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation de frayères et de zones humides	Compensation de frayères et zones humides

ISSY RER

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interaction avec les fondations du viaduc du RER C	Confortement des terrains
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Impacts potentiels du chantier sur la circulation routière.	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires
Bruits du chantier à proximité des riverains	Chantier réalisé en tranchée couverte

FORT D'ISSY – VANVES - CLAMART

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières et perturbation d'établissements sensibles	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières et confortement par injection de béton pour les ouvrages sensibles
Evacuation d'une quantité importante de déblais	Transport ferroviaire permettant de limiter le charroi lié au chantier
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Chantier réalisé en tranchée couverte et sous dalle, utilisation du transport ferroviaire pour limiter le charroi lié au chantier

PIERRE PLATE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

ZAC SAEM

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

PLACE DE LA RESISTANCE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception d'une canalisation GRT Gaz	Dévoiement des canalisations
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

PARC HENRI BARBUSSE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières et perturbation d'établissements sensibles	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières et confortement par injection de béton pour les ouvrages sensibles
Bruits de chantier au niveau du parc et à proximité des riverains	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

SQUARE MALLERET JOINVILLE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier au niveau du parc et à proximité de l'école Henri Barbusse	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

FORT DE VANVES / J. MERMOZ

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores
Déboisement	Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement)

CHATILLON - MONTROUGE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières

CIMETIERE PARISIEN

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité de zones calmes	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

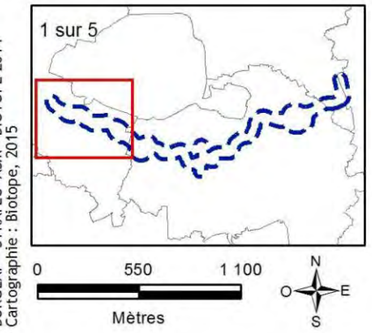
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

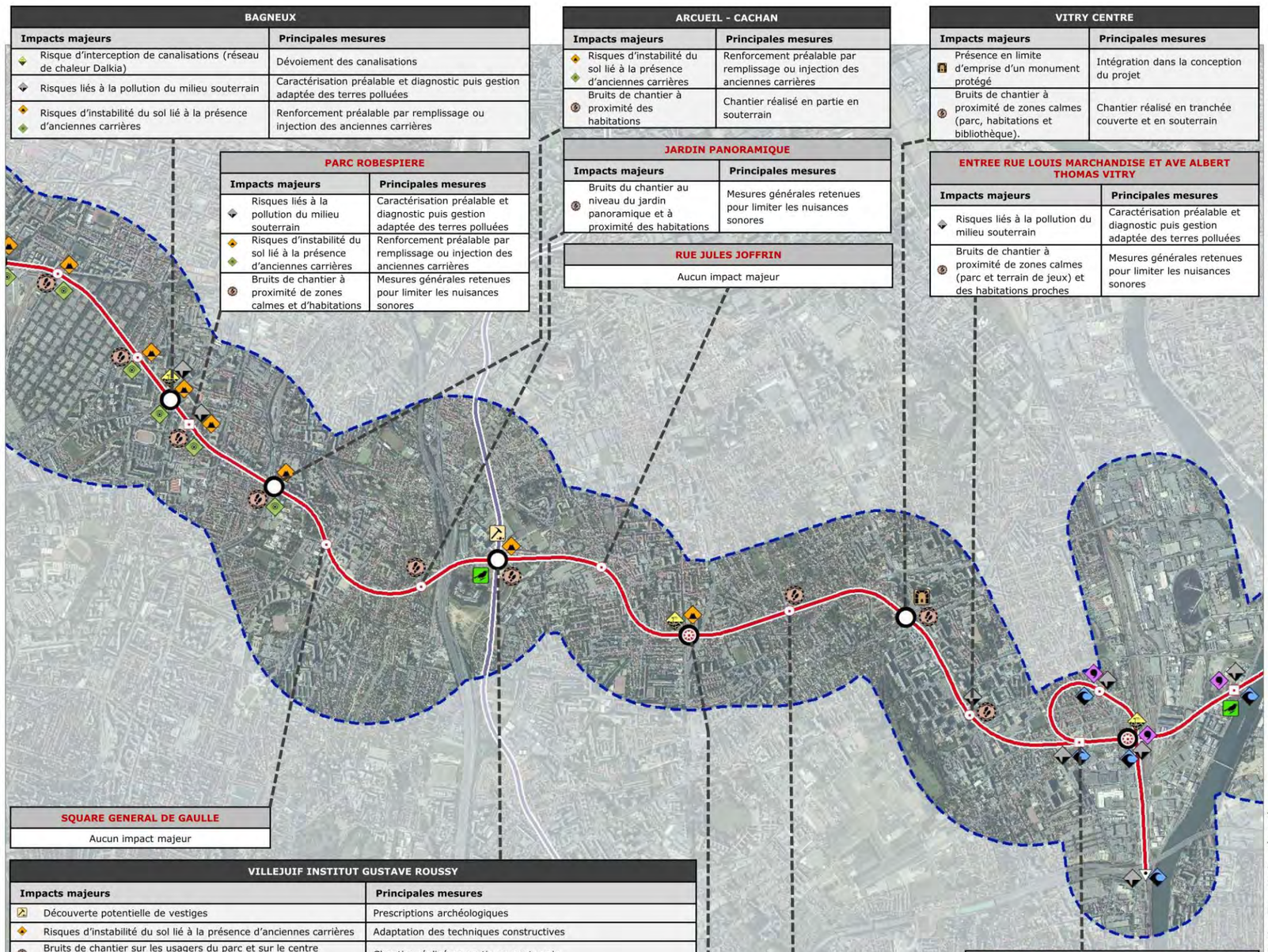
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section Gare de Bagneux – OA Centre Technique Municipal



BAGNEUX

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception de canalisations (réseau de chaleur Dalkia)	Dévoiement des canalisations
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières

PARC ROBESPIERE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité de zones calmes et d'habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

ARCUEIL - CACHAN

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité des habitations	Chantier réalisé en partie en souterrain

JARDIN PANORAMIQUE

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits du chantier au niveau du jardin panoramique et à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

RUE JULES JOFFRIN

Aucun impact majeur

VITRY CENTRE

Impacts majeurs	Principales mesures
Présence en limite d'emprise d'un monument protégé	Intégration dans la conception du projet
Bruits de chantier à proximité de zones calmes (parc, habitations et bibliothèque).	Chantier réalisé en tranchée couverte et en souterrain

ENTREE RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Bruits de chantier à proximité de zones calmes (parc et terrain de jeux) et des habitations proches	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

SQUARE GENERAL DE GAULLE

Aucun impact majeur

VILLEJUIF INSTITUT GUSTAVE ROUSSY

Impacts majeurs	Principales mesures
Découverte potentielle de vestiges	Prescriptions archéologiques
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Adaptation des techniques constructives
Bruits de chantier sur les usagers du parc et sur le centre hospitalier	Chantier réalisé en partie en souterrain
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales	Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)

VILLEJUIF LOUIS ARAGON

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception du tunnel du métro 7	Gestion particulière du tunnelier
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Adaptation des techniques constructives

RUE DU GENIE

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitats	Chantier réalisé en tranchée couverte

CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

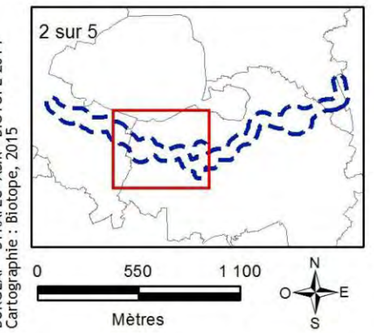
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

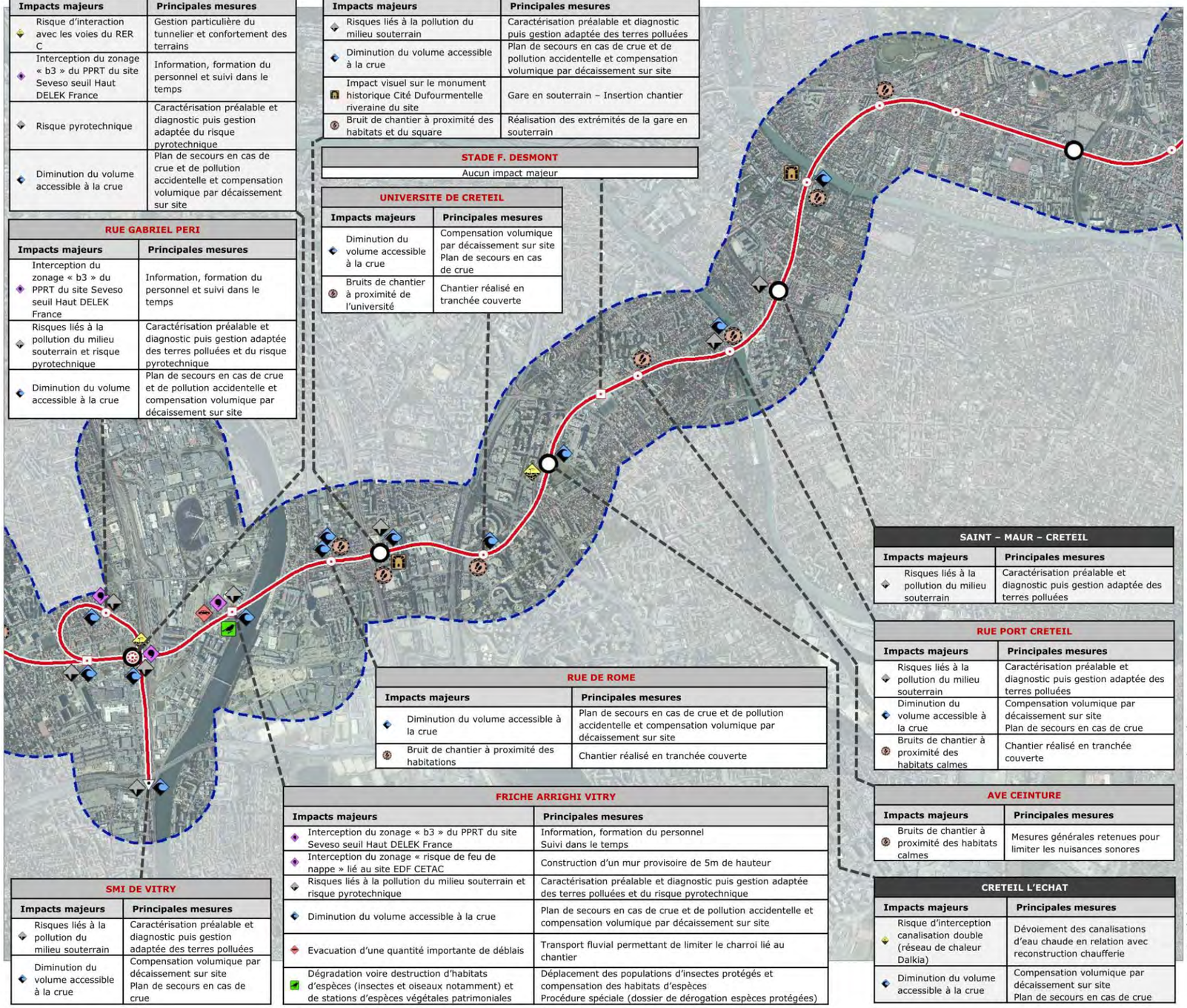
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Gare des Ardoines – Gare Saint-Maur Créteil



ARDOINES

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interaction avec les voies du RER C	Gestion particulière du tunnelier et confortement des terrains
Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France	Information, formation du personnel et suivi dans le temps
Risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

RUE GABRIEL PERI

Impacts majeurs	Principales mesures
Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France	Information, formation du personnel et suivi dans le temps
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

LE VERT DE MAISONS

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Impact visuel sur le monument historique Cité Dufourmentelle riveraine du site	Gare en souterrain – Insertion chantier
Bruit de chantier à proximité des habitats et du square	Réalisation des extrémités de la gare en souterrain

STADE F. DESMONT

Aucun impact majeur

UNIVERSITE DE CRETEIL

Impacts majeurs	Principales mesures
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue
Bruits de chantier à proximité de l'université	Chantier réalisé en tranchée couverte

RUE DE ROME

Impacts majeurs	Principales mesures
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Bruit de chantier à proximité des habitations	Chantier réalisé en tranchée couverte

FRICHE ARRIGHI VITRY

Impacts majeurs	Principales mesures
Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France	Information, formation du personnel Suivi dans le temps
Interception du zonage « risque de feu de nappe » lié au site EDF CETAC	Construction d'un mur provisoire de 5m de hauteur
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Evacuation d'une quantité importante de déblais	Transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales	Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)

SMI DE VITRY

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue

SAINT – MAUR – CRETEIL

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées

RUE PORT CRETEIL

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Chantier réalisé en tranchée couverte

AVE CEINTURE

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

CRETEIL L'ECHAT

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception canalisation double (réseau de chaleur Dalkia)	Dévoiement des canalisations d'eau chaude en relation avec reconstruction chaufferie
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue

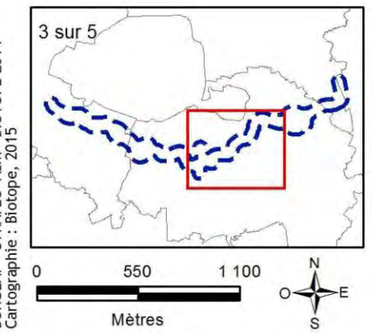
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

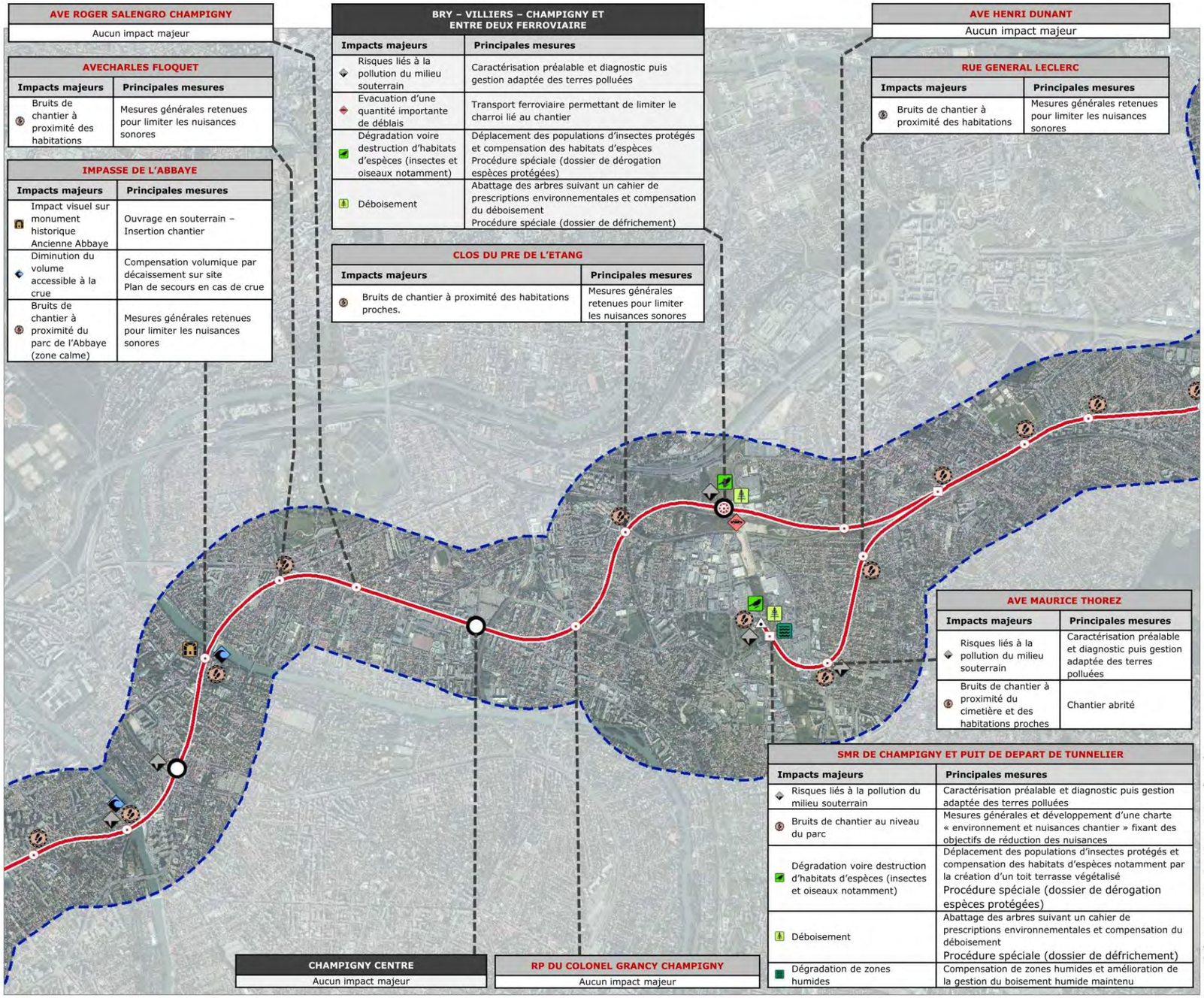
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

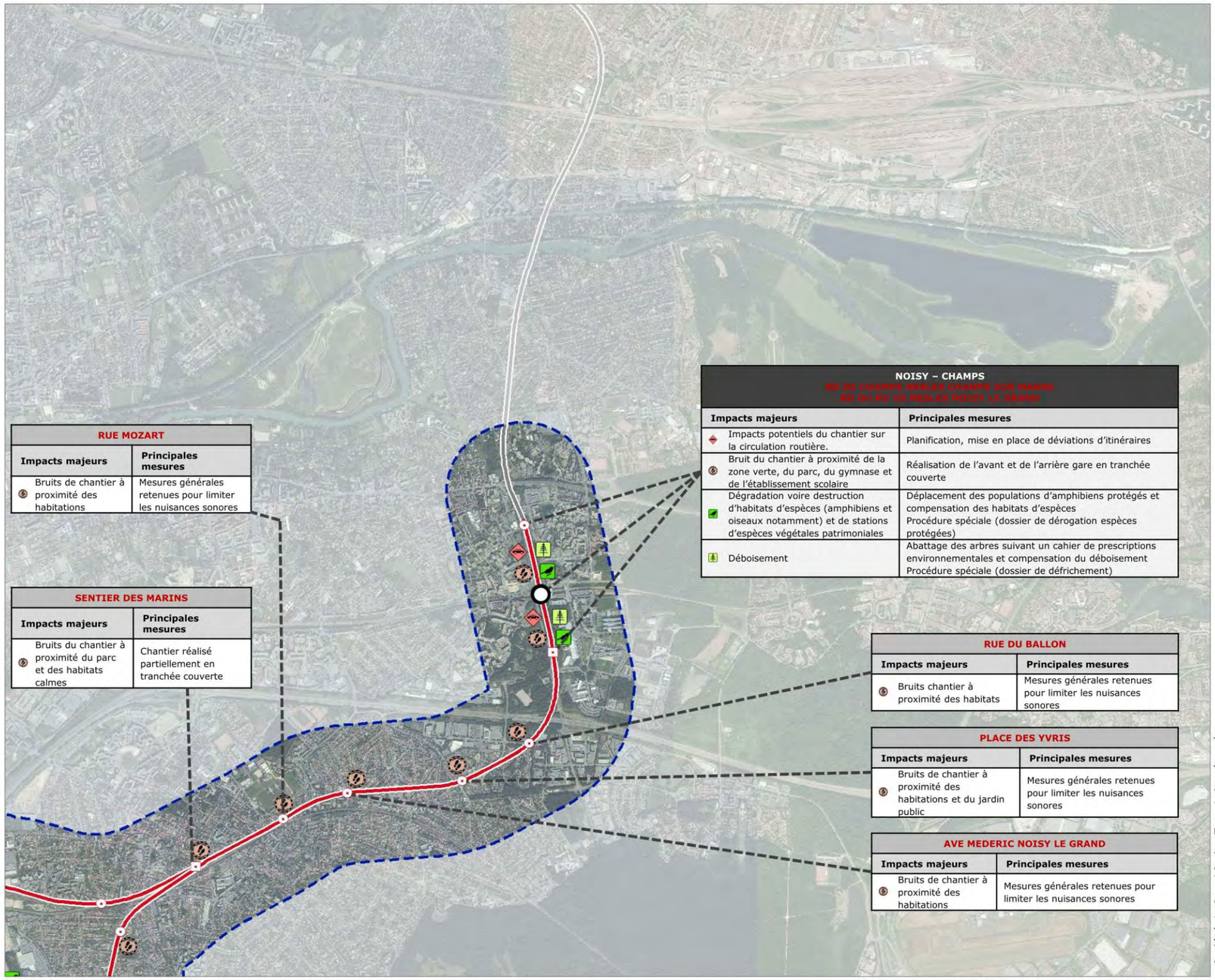


© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho© - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Impasse de l'Abbaye – OA Avenue Henri Dunant



Synthèse des impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Sentier des marins – Gare de Noisy-Champs



RUE MOZART

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

SENTIER DES MARINS

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits du chantier à proximité du parc et des habitats calmes	Chantier réalisé partiellement en tranchée couverte

NOISY – CHAMPS
BD DE CHAMPS SUR LES CHAMPS SUR MARNE
BD DU RU DE NESLES NOISY LE GRAND

Impacts majeurs	Principales mesures
Impacts potentiels du chantier sur la circulation routière.	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires
Bruit du chantier à proximité de la zone verte, du parc, du gymnase et de l'établissement scolaire	Réalisation de l'avant et de l'arrière gare en tranchée couverte
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (amphibiens et oiseaux notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales	Déplacement des populations d'amphibiens protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)
Déboisement	Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement)

RUE DU BALLON

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits chantier à proximité des habitats	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

PLACE DES YVRIS

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations et du jardin public	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

AVE MEDERIC NOISY LE GRAND

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

Grand Paris Express

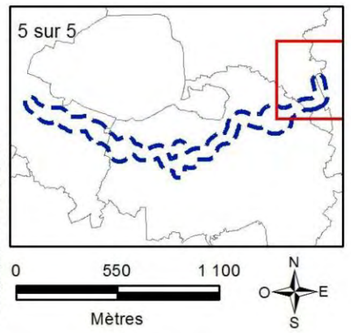
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Fuseau d'étude

Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015



4.2 Plan de Management Environnemental

La Société du Grand Paris, Maître d'Ouvrage du projet, a mis en œuvre un plan de management environnemental (PME) et une démarche d'écoconception de l'ensemble du projet pour les thématiques suivantes, en lien avec sa politique « Qualité-Sécurité-Environnement » (présentée en annexe) :

- Energie, Gaz à effet de serre,
- Déchets,
- Matériaux et équipements,
- Eau,
- Air et Santé,
- Acoustique, Vibrations, Electromagnétisme,
- Biodiversité,
- Insertion territoriale.

En phase étude, ce plan et cette démarche se présentent sous la forme des documents suivants :

- **un rapport d'écoconception** : ce document a pour objectif de mettre en lumière les opportunités étudiées, les impacts évités ou réduits afin d'améliorer la performance environnementale des ouvrages,

- **une charte environnement des chantiers** : ce document à pour objectif de définir des mesures génériques applicables à tous les chantiers SGP,

  Ce document est joint en annexe de la présente Etude d'impact.

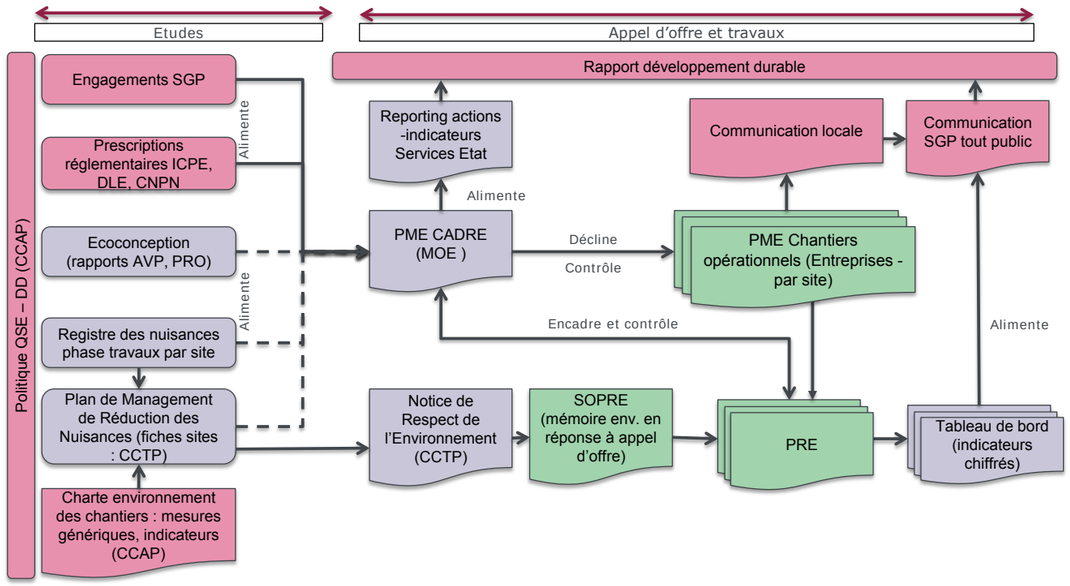
- **un registre des nuisances** : ce document permet de prendre en compte la sensibilité environnementale des différents sites de travaux pour compléter, par des mesures particulières au site, les mesures génériques de la charte environnement des chantiers et les prescriptions réglementaires. Il est utilisé en phase étude pour anticiper les impacts travaux.

Lors des appels d'offre puis de la réalisation des travaux, les étapes ou outils suivants sont mis en œuvre successivement :

- **une Notice de Respect de l'Environnement (NRE)** : ce document rédigé par le MOE (sur la base de la charte environnement des chantiers, du registre des nuisances et des prescriptions réglementaires) est une pièce constitutive des dossiers de consultation des entreprises (DCE) pour les marchés de travaux;
- **le Plan de Respect de l'Environnement (PRE)** : ce document rédigé par les entreprises assure la prise en compte des exigences du MOA,
- **un Plan de Management de l'Environnement (Cadre):** ce document recense l'ensemble des engagements à considérer, qu'ils soient **génériques ou spécifiques, réglementaires ou volontaires**. Il permet notamment au MOE d'assurer le suivi de la mise en œuvre des engagements du PRE par les entreprises.
- **un Plan de Management de l'Environnement Chantier opérationnel :** ce document est la déclinaison détaillée du PME cadre du Maître d'œuvre, décliné par site de travaux

- **un tableau de bord « environnement des chantiers »** : ce document assure le suivi de la performance environnementale des travaux.

Le schéma ci-après présente l'articulation de ces différents documents :



4.3 Bilan environnemental

Ce bilan est formalisé par le rapport d'écoconception (quatrième document de la liste ci-dessus).

Ce document est également annexé à la présente étude d'impact.

Au stade actuel, un premier bilan peut être tiré et repose principalement sur les points suivants :

- Optimisation générale du projet, en particulier des structures et des volumes souterrains :
    - Un réel travail d'optimisation de la structure du tunnel et des ouvrages a été réalisé, une phase d'études préliminaires approfondies a même été organisée dans ce seul but.
    - Ce travail a conduit à diminuer les quantités de certains paramètres de façon significative, en particulier en termes de déblais produits et de consommation de matériaux de construction.
- Minimisation des impacts de chantier par choix des méthodes constructives et phasage :
    - Le choix de creuser le tunnel au tunnelier permet de réduire significativement certains impacts par rapport à l'emploi de méthodes traditionnelles car le tunnel est posé à l'avancement : vibrations, piézométrie souterraine,
    - Le choix de privilégier la technique avec parois moulées pour les ouvrages reliant le tunnel à la surface du sol (gares, ouvrages annexes) permet de confiner de nombreux impacts à l'intérieur de la boite constituée par les parois moulées, ou d'atténuer significativement les impacts à l'extérieur de la boite : baisse de piézométrie, vibrations, certaines nuisances sonores.
    - Le racourcissement maximal de la période entre le début de l'excavation de la gare et la fin de la mise en œuvre de la structure externe (boite définitive) est également une action de réduction des impacts : volume d'eau pompé donc rejeté pour vidanger les excavations, nuisances sonores des travaux dans les fouilles.
- Conception des gares comme des lieux de vie en soignant la conception architecturale :
    - La conception des gares prend en compte à la fois les flux de voyageurs utilisant le nouveau métro et le développement d'activités au sein des gares pour en faire des lieux de vie,
    - Pour certaines gares, de réels choix architecturaux ont été effectué de manière à rendre le bâtiment visible et à en faire un élément central local. Ces gares bénéficient d'espaces extérieurs aménagés qualitativement.

L'étape de l'avant-projet n'est qu'une étape du processus de conception du projet. Aux étapes ultérieures les outils précédemment cités permettront un suivi et la réalisation de bilans.

En particulier :

- les rapports d'éco-conception permettent de tirer un bilan de la phase étude,
- le PME permet de tracer la réalisation des actions de la phase travaux et d'identifier et tracer les actions perdurant dans la phase de fonctionnement (ex. suivi des mesures compensatoires),
- les indicateurs environnementaux (à l'échelle du RTPGP, local en fonction de la sensibilité des enjeux ou demandés par les prescriptions réglementaires) permettront de tirer un bilan chiffré de certains thèmes,
- le rapport de Développement Durable de la SGP réalisé régulièrement permettra également de dresser un bilan complémentaire à l'échelle du RTPGP.

In fine, l'ensemble de ces documents permettra à la Société du Grand Paris de consolider un bilan/suivi environnemental et réglementaire en lien avec le présent dossier « Etude d'impact-Loi sur l'Eau » relatif à la Ligne 15 Sud.

5. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols

5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau

5.1.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

L'analyse faite ici porte sur le SDAGE actuellement en vigueur, soit le SDAGE 2010-2015.

5.1.1.1 Rappel : les défis du SDAGE

Il comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau. Les 8 défis généraux sont les suivants :

- 1) Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » ;
- 2) Diminuer les pollutions diffuses des milieux aquatiques ;
- 3) Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ;
- 4) Réduire les pollutions microbiologiques des milieux ;
- 5) Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;
- 6) Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides **;**
- 7) Gérer la rareté de la ressource en eau ;
- 8) Limiter et prévenir le risque inondation.

Les objectifs susceptibles d'être concernés par le projet en phase travaux et exploitation, au vu de ses caractéristiques, sont soulignés ci-dessus.

L'approche proposée ci-dessous reste générale car basée sur les éléments de projets en stade Etudes préliminaires Approfondies. L'analyse devra être poursuivie lors des études réglementaires de demandes d'autorisations (post-DUP) sur la base d'études AVP.

5.1.1.2 Défi n°1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques »

Eléments pertinents du SDAGE pour apprécier la compatibilité

Le défi n°1 a pour but de « diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » ».

Orientation 2 – Maîtriser les rejets par temps de pluie en milieu urbain par des voies préventives (règles d'urbanisme notamment pour les constructions nouvelles) et palliatives (maîtrise de la collecte et des rejets).

- Disposition 7 : Réduire les volumes collectés et déversés sans traitement par temps de pluie.
- Disposition 8 : Privilégier les mesures alternatives et le recyclage des eaux pluviales.

Il est recommandé que les nouvelles zones d'aménagement et celles faisant l'objet d'un réaménagement urbain, n'augmentent pas le débit de ruissellement généré par le terrain naturel. […]

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

Afin de répondre aux dispositions du SDAGE concernant cette thématique, la gestion des eaux pluviales, principal élément visé, prévoit la collecte et le traitement adapté (principalement par décantation) de ces eaux avant rejet au réseau ou au milieu naturel.

Cette gestion permet également de récupérer les eaux issues de pollutions accidentelles.

Phase exploitation

La construction d'un réseau de transport en commun permettra une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et de ruissellement des hydrocarbures et des MES.

D'autre part, les dispositifs d'assainissement permanents autour des nouvelles émergences (gares notamment) permettront une gestion maitrisée des ruissellements induits par le projet, au vu des nouvelles surfaces imperméabilisées générées.

Les débits ruisselés sont régulés lorsque les surfaces imperméabilisées augmentent et selon les prescriptions des gestionnaires de réseau.

5.1.1.3 Défi n°3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses

Le défi n°3 consiste à « réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ».

Orientation 6 – Identifier les sources et parts respectives des émetteurs, et améliorer la connaissance des substances dangereuses.

- Disposition 21 : identifier les principaux émetteurs de substances dangereuses concernés.

Orientation 8 - Promouvoir les actions à la source de réduction ou de suppression des rejets de substances dangereuses.

- Disposition 25 : Intégrer dans les documents professionnels les objectifs de réduction des substances dangereuses ainsi que les objectifs spécifiques des aires d'alimentation de captage (AAC) et du littoral *[exemple du cahier des charges d'entretien des infrastructures de transports]*.
- Disposition 26 : Responsabiliser les utilisateurs de substances dangereuses (activités économiques, agriculture, collectivités, associations, groupements et particuliers, …).
- Disposition 27 **:** Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de substances dangereuses par les acteurs économiques.

Les diagnostics des sources d'émission et la recherche des moyens de réduction de ces rejets, conduits par les maîtres d'ouvrages, privilégient les réductions à la source (technologies propres, substitution de produit, changement de procédé,…) ou les rejets zéro (recyclage,…).

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

Des mesures préventives et curatives sont prescrites pour permettre d'éviter et de réduire les éventuels effets d'une pollution accidentelle en phase chantier (stockage de produits polluants, aires d'entretien des engins, kits d'intervention d'urgence, …).

Phase exploitation

De même que pour le défi n°1, la construction d'un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et ruissellement des hydrocarbures et des MES.

Pour ce, un entretien adapté de infrastructure sera nécessaire, notamment vis-à-vis des produits utilisés (substances dangereuses).

5.1.1.4 Défis n°5 : Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;

Le défi n°5 consiste à « protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ».

Orientation 14 - Protéger les aires d'alimentation de captage d'eau de surface destinées à la consommation humaine contre les pollutions

- Disposition 44 : Réglementer les rejets dans les périmètres rapprochés de captages

Analyse de la compatibilité

Phase travaux et phase d'exploitation

Les captages concernés (prises d'eau de Suresnes et d'Ivry sur Seine) présentent des périmètres de protection disposant de prescriptions à respecter.

Le projet respecte les prescriptions imposées par ces périmètres en phase chantier et en phase d'exploitation.

5.1.1.5 Défi n°6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides

Le défi n°6 consiste à « protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides ».

Orientation 15 – Préserver et restaurer la fonctionnalité des milieux aquatiques continentaux et littoraux ainsi que la biodiversité.

« La préservation des profils et formes naturels des cours d'eau doit être recherchée de façon à ce qu'ils assurent le bon fonctionnement de l'hydrosystème. […] Les très petits cours d'eau (rang 1 et 2) sont notamment concernés par l'ensemble des dispositions suivantes. »

- Disposition 46 : Limiter l'impact des travaux et aménagements sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides.

  Afin d'assurer l'atteinte du bon état écologique, tout projet soumis à autorisation ou à déclaration prend en compte ses impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et humides et/ou sur le lit mineur, les berges et le fuseau de mobilité, pendant et après travaux. […]

- Disposition 56 : Préserver les espaces à haute valeur patrimoniale et environnementale.

Orientation 17 - Concilier lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et le bon état

- Disposition 69 : Concilier le transport par voie d'eau, la production hydroélectrique et le bon état

Orientation 19 – Mettre fin à la disparition, la dégradation des zones humides et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité.

- Disposition 78 : Dans le cadre d'un examen des projets soumis à autorisation ou déclaration entraînant la disparition de zones humides, les mesures compensatoires prévoient la création de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la biodiversité à hauteur de 150 % de la surface perdue sur la masse d'eau.

- Disposition 84 : Préserver la fonctionnalité des zones humides.

  Les zones humides qui ne font pas l'objet d'une protection réglementaire mais dont la fonctionnalité est reconnue par une étude doivent être préservées.

- Disposition 85 : Limiter et justifier les prélèvements dans les nappes sous-jacentes à une zone humide.

Analyse de la compatibilité

Le projet détruit environ 1 ha de zones humides localisées sur le site du SMR de Champigny, de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes de l'Ile de Monsieur et de la Friche Arrghi.

Des mesures de compensation sont prévues en regard de cette destruction.

Phase travaux

Le projet et les choix de conception s'accordent avec la disposition 46 ; cette dernière préconise de prendre en compte les impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et notamment sur les caractéristiques de zones humides présentes, pendant et après travaux. Elle implique la prise en compte de l'ensemble des effets du projet et l'évaluation des effets cumulés, ce qui a été réalisé.

De manière à être en accord avec l'orientation 19, les prélèvements prévus dans les nappes sous-jacentes aux zones humides reconnues doivent être limités. Ce cas n'existe pas pour la Ligne 15 Sud : les études hydrogéologiques ont montré que les nappes faisant l'objet de pompages ne sont pas en relation avec les zones humides.

Enfin, l'évacuation des déchets par voie fluviale sera préconisée et nécessitera une gestion adaptée pour le maintien de l'état écologique du cours d'eau, et éventuellement sont amélioration au vu des objectifs fixés par le SGADE 2010-2015.

Phase exploitation

Les impacts sur la fonctionnalité des milieux et les caractéristiques des cours d'eau ont été étudiés ; ils s'avèrent être nuls en phase travaux ainsi qu'en phase exploitation.

5.1.1.6 Défi n°7 : Gérer la rareté de la ressource en eau

Le défi n°7 a pour objectif la gestion de la rareté en eau. Cette gestion vise à assurer l'atteinte de niveaux suffisants dans les nappes ou de débits dans les rivières afin de garantir la survie des espèces aquatiques et le maintien d'usages prioritaires, notamment l'AEP, ainsi qu'un usage partagé et durable de la ressource.

Orientation 23 - Anticiper et prévenir les surexploitations globales ou locales des ressources en eau souterraine.

L'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, et lorsque l'alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes est assurée.

- Disposition 111 : Adapter les prélèvements en eau souterraine dans le respect de l'alimentation des petits cours d'eau et des milieux aquatiques associés.

Orientation 24 – Assurer une gestion spécifique par masse d'eau ou partie de masses d'eau souterraines.

- Disposition 112 : Modalités de gestion pour la masse d'eau souterraine 3218 ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF,

- Disposition 115 : Modalités de gestion locales pour les masses d'eau souterraines 3001, 3202 et 3211 en Haute-Normandie,

- Disposition 118 : Modalités de gestion de l'Yprésien de la masse d'eau souterraine 3104 EOCENE DU VALOIS.

Orientation 28 - Inciter au bon usage de l'eau.

Il existe un ensemble de techniques permettant de faire un bon usage de l'eau. […]

- Disposition 130 : Maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux.

  Tout ouvrage dans le sous-sol, y compris les ouvrages de géothermie, quel que soit sa profondeur et son usage, doit être réalisé, exploité et abandonné dans les règles de l'art et répondre aux contraintes réglementaires existantes, afin de préserver la ressource en eau. […]

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

Les débits résiduels pompés au sein des ouvrages lors des travaux sont indiqués dans le chapitre 5 partie hydrogéologie du présent dossier. Ils ont été établis sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées que celles réalisées au stade de la présente étude d'impact DUP. Ils devront être respectés.

En ce qui concerne cette thématique, la disposition 130 vise à maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux. Dans le cadre des études complémentaires en relation avec le projet du Grand Paris, de tels ouvrages seront réalisés.

La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.

La gestion des pompages futurs sera incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de pompages avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts.

Phase exploitation

En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'approvisionnement énergétique des stations par exemple.

Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.

5.1.1.7 Défi n°8 : Limiter et prévenir le risque inondation

Le défi n°8 a pour objectif de limiter et de prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation […], et, d'autre part de ne pas aggraver l'aléa […]. Il faut systématiquement privilégier la prévention plutôt que la protection qui peut aggraver la situation en amont de la zone protégée et pénaliser les milieux aquatiques.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations :

- Orientation 29 : améliorer la sensibilisation, l'information préventive et les connaissances ;
- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues ;
- Orientation 32 : limiter les impacts des ouvrages de protection contre les inondations, qui ne doivent pas accroître le risque à l'aval ;
- Orientation 33 : limiter le ruissellement en zone rurale et en zone urbaine pour réduire les risques d'inondation.

Chacune de ces orientations sont déclinées en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- **Orientation 30, disposition 133**. **« Élaborer des diagnostics de vulnérabilité dans les zones à risque d'inondation »**
- **Orientation 30, disposition 134.** « **Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »**
- **Orientation 31, disposition 139.** « **Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »**

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

La majorité des ouvrages de surface étant localisé dans des zones urbanisées, leur construction n'impliquera pas de gros volumes de ruissellement supplémentaires.

Les ruissellements sont maîtrisés par la régulation des débits issus des bases chantiers.

Quoi qu'il en soit, la gestion des eaux pluviales sera prise en compte dès la phase chantier afin de limiter les rejets non contrôlés, dans le ruissellement.

Concernant le volet inondation, l'ensemble des travaux réalisés au sein d'une zone inondable (soit zone de PHEC, soit zonage réglementaire de PPRI) a fait l'objet d'études spécifiques ayant conduit à évaluer les impacts. Les compensations nécessaires ont été intégrées au projet.

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les modalités exactes de gestion figurent dans le présent dossier.

L'analyse relative au volet inondation sera traitée simultanément en phase travaux et en phase exploitation est fournie dans le présent dossier.

Le projet intègre les compensations nécessaires en termes de volume et de transparence hydraulique.

5.1.1.8 Conclusion sur la compatibilité du projet avec le SDAGE 2010-2015 actuellement en vigueur

Dans sa configuration actuelle, **le projet de Ligne 15 Ouest est compatible avec le SDAGE**.

5.1.1.9 SDAGE en projet 2016-2021

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau cotiers normands est en cours de révision. Il entrera en vigueur début 2016.

Le SDAGE 2016-2021 est actuellement en phase terminale d'élaboration : il est en consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015,

Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

Globalement, le nouveau SDAGE en projet renforce les politiques de l'eau dans les 8 grands défis en confortant les objectifs affichés et en développant les moyens pour y parvenir.

En ce qui concerne les défis 1 et 5 (voir chapitre précédent), les objectifs de réduction des pollution et de protection des captages sont réaffirmés.

Le projet est compatible avec ces aspects du SDAGE car il intègre les éléments nécessaires au respect des objectifs affichés. Il est en particulier compatible avec les périmètres de protection de captage en vigueur (prise d'eau de Suresnes dans la Seine) ou en cours d'élaboration (prise d'eau de Saint-Maur des Fossés dans la Marne).

Pour le défi 6 relatif à la protection des milieux aquatiques et humides, le nouveau SDAGE suit l'évolution de la réglentation et de son application en renforçant les objectifs affichés et en affirmant fortement la nécessité de protéger ces milieux. Cela passe par le développement de l'identification des ces milieux en application des protocoles et réglementations récents et de l'intégration de leur protection et d'éventuelles opérations de restauration dans la co,nuite des projets.

Le projet est compatible avec les évolutions prévues car, sur le territoire pris en compte, le travail d'identification des milieux humides et aquatiques a été mené et, pour les rares zones que le projet perturbe, des mesures compensatoires sont mises en œuvre (SMR Champigny, Noisy-Champs, Ile de Monsieur).

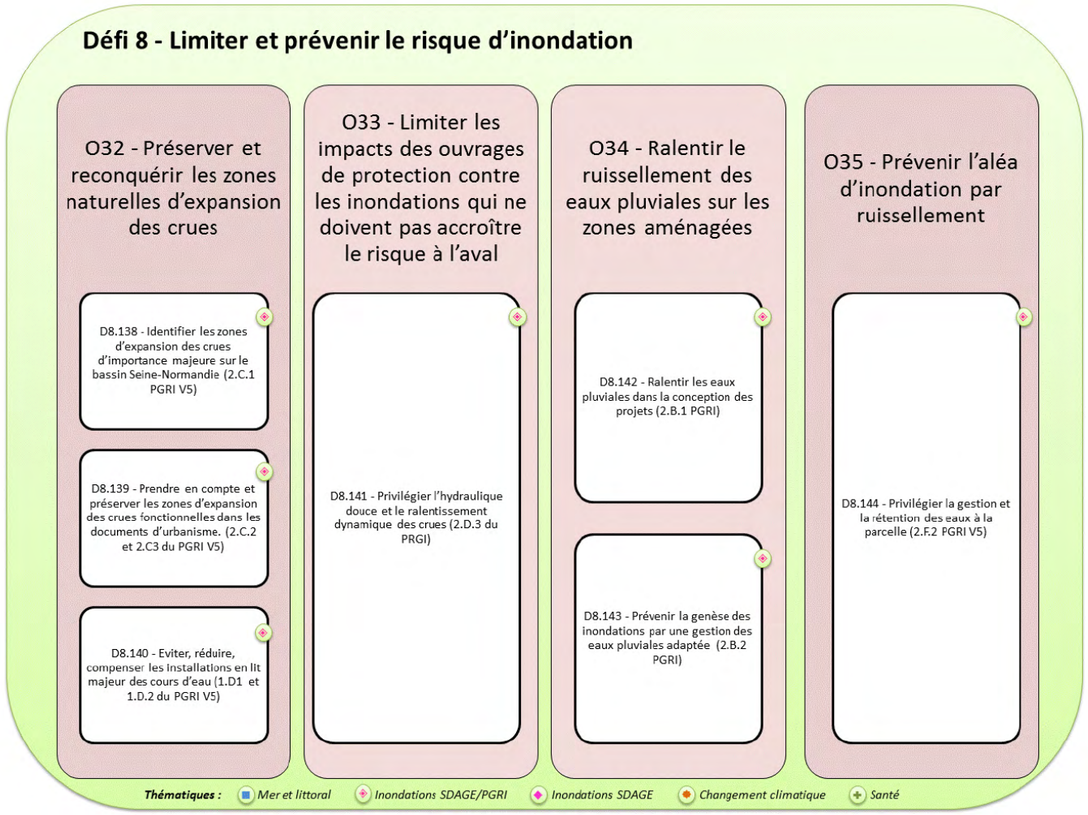
Pour le défi 7, relatif à la gestion de la rareté de la ressource en eau, les objectifs affichés sont réaffirmés. En particulier, les politiques visant à la réalimentation des nappes souterraines par l'infiltration des eaux superficielles sont renforcées. Les gestionnaires de réseaux de collecte des eaux pluviales accompagnent cette politique en restreignant les possibilités de rejet. De même, les politiques de réduction des prélèvements (en nappe ou dans les eaux superficielles), en relation avec les politiques de réduction de la consommation d'eau potable, sont elles aussi renforcées dans le but de sécuriser les usages vitaux.

Le projet est compatible avec ces aspects du SDAGE. Les faibles possibités d'infiltration des eaux pluviales, liées au caratère souterrain principal de l'infrastructure, sont utilisées.

La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

Le défi 8 du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.



En fonction des dispositions qui seront *in fine* approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Éviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.

Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.

S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.

Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.

Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.

Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.

La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

5.1.2 Compatibilité avec les SAGE

Il n'y a pas de SAGE en vigueur dans la zone concernée par la Ligne 15 Sud.

5.2 Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets

5.2.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC34

5.2.1.1 Eléments pertinents du PREDEC pour évaluer la compatibilité

L'article 202 de la loi Grenelle 2, « portant engagement national pour l'environnement », a rendu obligatoire la mise en application de plans de gestion des déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics. Il en a attribué la compétence au Conseil régional pour l'Île-de-France et aux Conseils départementaux pour le reste du territoire.

Le Plan Régional de prévention et de gestion des Déchets de Chantiers du bâtiment et des travaux publics (PREDEC), poursuit trois objectifs :

- 1) Prévenir la production des déchets de chantier,
- 2) Assurer le rééquilibrage territorial et développer le maillage des installations,
- 3) Réduire l'empreinte écologique de la gestion des déchets de chantiers.

Les données sont issues du projet de PREDEC datant du 5 juillet 2013.

5.2.1.2 Analyse de la compatibilité

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

De fait, ce schéma est compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.

5.2.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP

5.2.2.1 Eléments pertinents du Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne pour évaluer la compatibilité

Ce plan de gestion a été approuvé en juillet 2004 et comprend les éléments suivants :

- 1) La quantification des déchets de chantiers prenant en compte la catégorie des déchets selon la nomenclature des déchets et les filières matériaux,
- 2) Le recensement des filières de traitement existantes et prévues ainsi que leurs capacités,
- 3) La détermination des installations nouvelles nécessaires dans une logique de proximité.

5.2.2.2 Analyse de compatibilité

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

De fait, ce schéma sera compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.

[34] *PREDEC : Plan REgional de prévention et de gestion des DEchets de Chantier*

5.3 Compatibilité du projet avec le SRCE

La Ligne 15 Sud s'inscrit dans le périmètre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique de la région Ile de France.

Approuvé par délibération du Conseil régional du 26 septembre 2013, le schéma régional de cohérence écologique (SRCE) d'Ile-de-France a été adopté par arrêté n°2013294-0001 du préfet de la région d'Ile-de-France et par le préfet de Paris, le 21 octobre 2013.

5.3.1 Notion d'opposabilité du SRCE

Le SRCE est un outil d'aménagement durable du territoire qui contribue à un état de conservation favorable des habitats naturels et des espaces et au bon état écologique des masses d'eau. L'article L. 371-3 du Code de l'environnement dispose que « *les documents de planification et les projets de l'Etat, des collectivités territoriales et de leurs groupements prennent en compte les schémas régionaux de cohérence écologique et précisent les mesures permettant d'éviter, de réduire et, le cas échéant, de compenser les atteintes aux continuités écologiques que la mise en œuvre de ces documents de planification, projets ou infrastructures linéaires sont susceptibles d'entrainer* ». Sa vocation est de rendre lisible les enjeux régionaux en matière de biodiversité. Tout porteur de projet, doit alors prendre en compte cette dimension, au même titre que d'autres enjeux sociaux, économiques, cadre de vie,…

La « prise en compte » est le niveau le moins contraignant de la notion juridique d'opposabilité. La notion de « prise en compte » induit une obligation de compatibilité sous réserve de possibilités de dérogation pour des motifs déterminés, avec un contrôle approfondi du juge sur la dérogation.

La prise en compte du SRCE s'effectue donc sur les différentes composantes du SRCE présentés ci-dessous.

5.3.2 Les composantes de la Trame verte et bleue régionale

Il convient de rappeler que :

- Les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques sont définis dans le SRCE au 1/100 000ème, à une échelle régionale, par définition non « zoomable » à l'échelle d'un projet,

- Le niveau local se doit de mener les investigations nécessaires pour identifier les continuités écologiques adaptées à son échelle territoriale.

Le SRCE, comprend :

- Un volet identifiant les espaces naturels, les corridors écologiques et les éléments de la trame bleue, dans le Tome I « Les composantes de la trame verte et bleue »,

- Un diagnostic et une présentation des enjeux régionaux relatifs à la préservation et à la restauration des continuités écologiques, un plan d'action stratégique, un dispositif de suivi et d'évaluation, réunis dans le Tome II intitulé « Enjeux et plan d'action »,

- Une cartographie de la trame verte et bleue à l'échelle du 1:100 000, une cartographie de la trame verte et bleue des départements de Paris et de la petite couronne au 1:75 000, et des cartes régionales thématiques dans le Tome III intitulé « Atlas cartographique »,

- Un rapport environnemental, dans le Tome IV,

- Un résumé non technique.

Le SRCE IDF comprend quatre sous-trames : arborée, herbacée, de grandes cultures, des milieux aquatiques et des corridors humides.

5.3.3 Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France

Le diagnostic des enjeux établi dans l'état initial de l'étude d'impact a permis de mettre en lumière les composantes de continuités écologiques régionales concernées par le projet de la Ligne 15 Sud.

Cinq réservoirs de biodiversité sont identifiés sur le fuseau d'étude et deux corridors d'intérêt régionaux interceptent le fuseau d'étude.

Un corridor alluvial est identifié dans la sous-trame aquatique dans le sillon de la Seine et de la Marne. Le deuxième corridor souligne la continuité arborée entre le bois de Vincennes et le bois Saint-Martin

Par ailleurs, le trame verte et bleue de Paris et la petite couronne identifiée par le SRCE présente 9 secteurs d'intérêt en contexte urbain : le parc de Billancourt à Boulogne Billancourt, le boisement avenue de la Glacière à Meudon, le parc de l'île Saint-Germain, le cimetière Parisien de Bagneux, les ensembles verts de Arcueil Cachan (parc le Vallon, parc Raspail, etc), le parc des Hautes Bruyères à Villejuif, les abords du parc des Lilas, le Golf du parc du Tremblay, le boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand.

Cinq liaisons d'intérêts en contexte urbain sont également soulignées, de la coulée verte d'Issy les Moulineaux, du cimetière parisien, de la coulée Bièvre-Lilas, du Golf de Villiers sur Marne et au niveau de Noisy-le-Grand.

Il est important de rappeler que les éléments de cette trame régionale sont identifiés à l'échelle régionale et qu'il s'agit d'axes larges indiquant les « principes de connexion » où l'occupation du sol est globalement favorable au déplacement des espèces inféodées aux milieux ouverts et agricoles.

Au regard du projet qui est prévu en totalité en souterrain, les impacts sur les continuités écologiques se limitent aux émergences d'ouvrages ou de gares de la Ligne 15 Sud.

Les continuités de milieux à l'échelle de chaque entité écologique cohérente ont été conservées pour assurer les fonctions de nourrissage, de déplacement et de reproduction pour les groupes présents sur les sites.

Le SRCE préconise plusieurs orientations relatives aux infrastructures linéaires, à savoir :

- Atténuer la fragmentation du territoire régional pour assurer la fonctionnalité des continuités, en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale.

- Assurer la requalification des infrastructures existantes en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale.

- Améliorer la transparence des infrastructures linéaires ayant un effet de coupures dans les réservoirs de biodiversité et sur les corridors.

- Préserver les continuités dans le cas des nouveaux projets, les restaurer dans le cas des infrastructures existantes.

La prise en compte de ces orientations a permis de proposer une mesure de réduction de perte de fonctionnalité de certains corridors : replantation d'arbres pour recréer un corridor en « pas japonais », non imperméabilisation des sols au niveau des plantations en contexte urbain dense au niveau d'Issy-les-Moulineaux, création d'un toit végétalisé au niveau du SMR, recréation d'une mare forestière sur le parc de la Butte verte. Enfin, la perte de fonctionnalité des corridors au niveau du SMR de Champigny et de Noisy-Champ reste significative par le déboisement et l'imperméabilisation d'une partie des milieux naturels. De ce fait, les compensations d'habitat naturels se fait en intégrant la dimension relatives aux continuités écologiques.

De ce fait, les différentes analyses et propositions du projet de la Ligne 15 Sud concernant les milieux naturels ont pris en compte le SRCE d'Ile-de-France. Dans le respect strict des mesures de réduction et de compensation proposées, il n'y a pas d'incompatibilité entre le SRCE et ce projet de la Ligne 15 Sud.

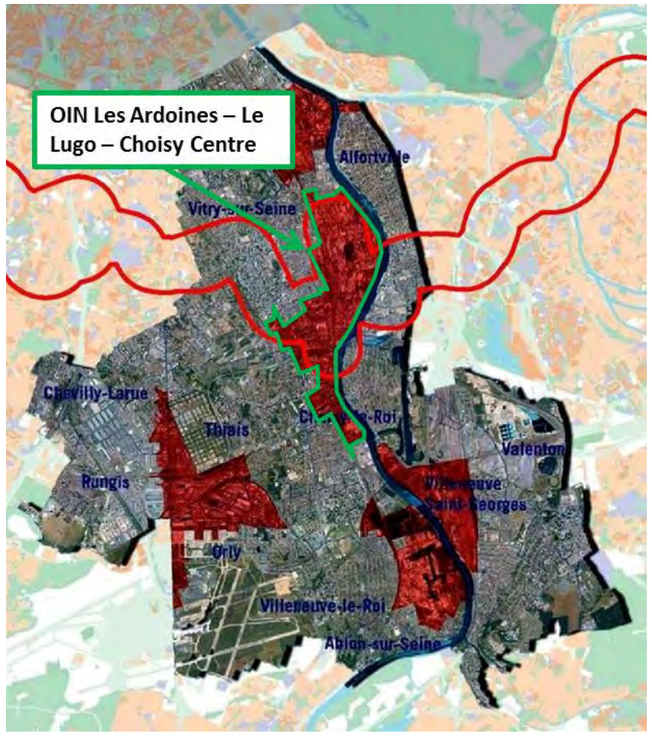
Suite à l'entrée en vigueur du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, la présente étude d'impact doit nécessairement présenter les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec l'affectation des sols définie par le document d'urbanisme opposable, ainsi que, si nécessaire, son articulation avec les plans, schémas et programmes soumis à évaluation environnementale, et la prise en compte du schéma de cohérence écologique. Cette analyse est précisément l'objet du présent chapitre 5 dans son ensemble.

5.4 Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace

5.4.1 Opération d'Intérêt National (OIN) Orly Rungis – Seine Amont

Les principaux enjeux et objectif des deux OIN sont présentés ci-dessous :

- **Secteur Seine Ardoines/ Lugo/ Choisy Centre**



Périmètre de l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre au sein du territoire de l'EPA Orly-Rungis-Seine-Amont (Source : EPA ORSA)

L'OIN Orly-Rungis-Seine-Amont (ORSA) mise en œuvre en 2007, marque la volonté de l'Etat d'agir en partenaire des acteurs locaux pour accélérer les dynamiques du développement intercommunal.

Les enjeux et objectifs poursuivis par l'EPA-ORSA au niveau de son territoire consistent à :

- Conforter le positionnement et le rôle du territoire dans la structuration de l'agglomération centrale. De par sa position, Orly–Rungis–Seine-Amont peut jouer un rôle de jonction entre Paris et la seconde couronne mais aussi entre les grandes polarités du Sud de l'agglomération centrale.

- Identifier et rendre visible le territoire, au croisement de différentes dynamiques économiques fortes au niveau régional (domaines des biotechnologies, de l'agroalimentaire, de la mécatronique,..) en apportant notamment une contribution décisive aux pôles de compétitivité, et en soutenant la dynamique de ses pôles tertiaires. Territoire d'accueil d'activités et de services métropolitains, il constitue un appui essentiel au développement des éco-industries en devenir. Ce territoire a vocation à devenir et à être reconnu comme un territoire d'économie productive industrielle moderne, dynamique, et attractif.

- Développer une offre foncière et immobilière adaptée à chacune de ces orientations, et qui favorise le maintien et le développement du tissu de PME/PMI, déjà implantées sur le territoire.

- Élargir et renforcer l'offre de logements pour favoriser la mobilité résidentielle au sein du territoire, accueillir les salariés des entreprises actuelles et futures, et mettre en œuvre la « ville des courtes distances ».

- Réaliser une armature urbaine des espaces publics, structurant la ville, qui contribue à une meilleure lisibilité du territoire ; dégager des espaces publics confortables, capables d'accueillir des transports en commun performants et un usage démultiplié des modes de déplacement doux, à la mesure du développement attendu.

Parmi ces cinq secteurs, l'OIN Les Ardoines – Le Lugo – Choisy Centre est le seul à être concerné par l'arrivée de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

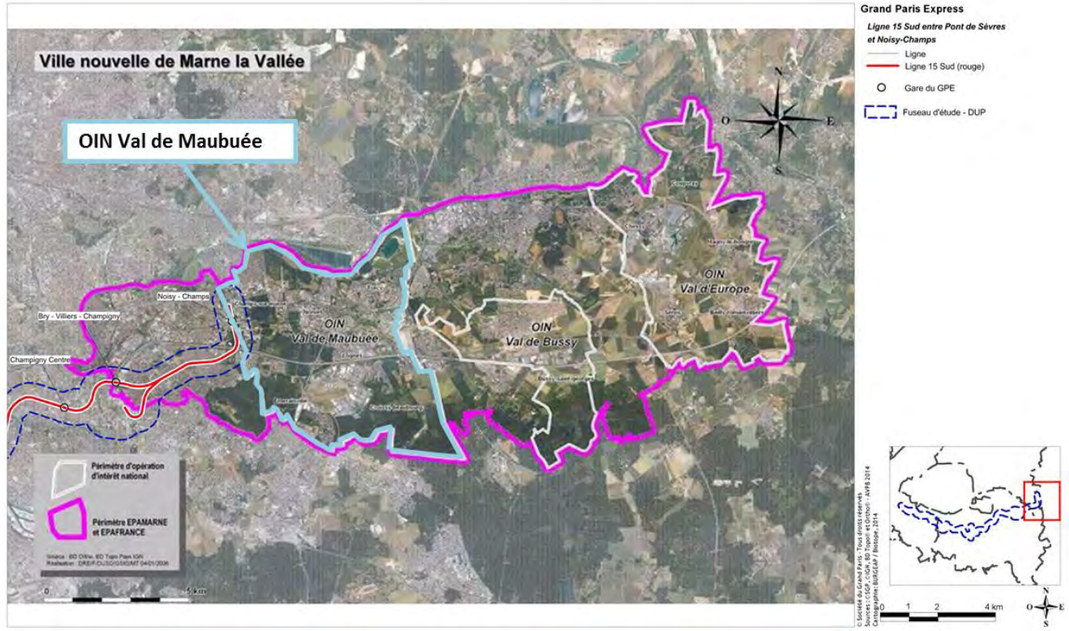
Au sein de cet OIN, le projet Les Ardoines intercepte le fuseau de la Ligne 15 Sud. Celui-ci représente la construction de 2,9 millions de m² de Surface Hors Œuvre Nette (SHON) dont près de deux tiers de bureaux et activités. Ainsi, le projet Les Ardoines s'appuie sur une forte dynamique économique confortée par la création d'un pôle de biotechnologie et l'offre importante de locaux tertiaires et d'activités.

Par ailleurs, le développement résidentiel accompagnera le développement économique, afin d'accueillir de nouveaux salariés mais également répondre aux besoins locaux actuels.

Par rapport aux objectifs de l'OIN rappelés ci-dessus, la gare des Ardoines apportera une desserte en transports en commun supplémentaire de grande capacité. Cette desserte est à mettre en rapport avec les objectifs attendus en termes d'emploi et de logement.

Le projet est donc compatible avec les objectifs de l'OIN.

5.4.2 Opération d'Intérêt National (OIN) Val Maubuée



Périmètres de l'OIN Val de Maubuée au sein du territoire de l'EPA Marne-la-Vallée (Source : EPAMARNE)

De manière générale, les objectifs poursuivis par l'EPAMARNE et l'EPAFRANCE se basent sur trois axes principaux : la transition énergétique, l'économie d'espace et la mobilité alternative, au service d'un territoire aux multiples intérêts :

- *La vocation urbaine : Le développement du Val d'Europe dans le cadre du Projet d'Intérêt National (PIG) prévoit une densification résidentielle qui s'accompagne, notamment, d'équipements et de transports en commun. Il en va de même pour l'aménagement du cœur du cluster Descartes qui ouvre de nouvelles opportunités de développement urbain. Enfin, les projets de restructuration urbaine en cours au Val Maubuée attestent de la capacité du territoire à régénérer ses quartiers anciens pour mieux répondre aux besoins de ses habitants, d'aujourd'hui comme de demain.*

- *La vocation écologique : Des démarches nouvelles ont été adoptées pour le développement de l'agriculture urbaine et la prise en compte de la biodiversité sur le territoire. Les nouvelles opérations d'aménagement intègrent systématiquement les exigences du développement durable, les nouveaux bâtiments présentent des caractéristiques énergétiques et environnementales à la pointe des savoir-faire, et de nouveaux écoquartiers, outre ceux de Montévrain et de Bussy Saint-Georges, émergeront dans les prochaines années.*

- *La vocation de recherche : Premier pôle de recherche et d'enseignement supérieur dédié à la ville durable, la Cité Descartes accueille l'Université de Marne-la-Vallée, une quinzaine de grandes écoles, plus de 50 laboratoires de recherche, un incubateur d'entreprises innovantes, une pépinière d'entreprises et un parc d'activités de près de 230 sociétés. L'année 2012 a constitué un tournant dans le renforcement de ce pôle d'excellence avec la livraison des bâtiments Bienvenüe et Coriolis qui regroupent près de 2 000 étudiants et chercheurs, l'arrivée de l'Institut technologique de la filière bois et le lancement de l'Institut français sur l'efficacité énergétique des villes, Efficacity.*

- *La vocation touristique : Le projet de cluster Tourisme – dixième cluster métropolitain – ouvre la perspective de créer une filière d'excellence d'enseignement supérieur dans les métiers du tourisme. Inscrit dans ce cluster, le projet Villages Nature est entré dans sa phase opérationnelle avec les signatures de la promesse de vente et du programme détaillé du projet entre l'EPA et la société Villages Nature. Les travaux débuteront au second semestre 2013.*

Sources : EPAMARNE : http://projets.epa-marnelavallee.fr/ (visité en décembre 2014)

Le secteur du Val Maubuée est le seul à être en interaction avec la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

Parmi les communes de l'OIN Val Maubuée, seule celle de Champs-sur-Marne est concernée par l'arrivée de la Ligne 15 Sud du Grand Paris Express.

Par rapport aux objectifs de l'OIN rappelés ci-dessus, la gare de Noisy-Champs apportera une desserte en transports en commun supplémentaire de grande capacité. Cette desserte est à mettre en rapport avec les objectifs attendus en termes d'emploi et de logement.

Le projet est donc compatible avec les objectifs de l'OIN.

5.4.3 Contrat de Développement Territorial (CDT)

La loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris précise dans son article 1er que le Métro Grand Paris « s'articule autour de contrats de développement territorial définis et réalisés conjointement par l'Etat, les communes et leurs groupements. Ces contrats participent à l'objectif de construire chaque année 70 000 logements géographiquement et socialement adaptés en Ile-de-France et contribuent à la maîtrise de l'étalement urbain ».

Les Contrats de Développement Territorial sont donc issus de la Loi relative au Grand Paris qui sert aussi de base au projet de Grand Paris Express, notamment le Schéma d'Ensemble.

Ces contrats ont été conçus à l'origine pour organiser l'évolution urbaine engendrée par l'arrivée des gares du Grand Paris Express.

Ils intègrent donc les projets des collectivités concernées en les adaptant à l'arrivée des gares du Grand Paris Express.

Le projet est donc compatible de fait à tous les CDT.

5.4.4 Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF)

A l'échelle régionale, le SDRIF, approuvé par le décret n° 2013-1241 du 27 décembre 2013, intègre explicitement le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris. En effet, la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris est incluse dans les différentes pièces du SDRIF, dont notamment la « Carte de destination générale des différentes parties du territoire » qui constitue le cœur réglementaire du SDRIF.

Ainsi, le SDRIF 2013 est explicitement compatible avec le projet de réseau de transport public du Grand Paris.

5.4.5 Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD)

Le SCoT Coteaux et Val de Seine

Datant initialement de 1996, le SCoT Coteaux et Val de Seine couvre un territoire de 11 communes dans les Hauts de Seine, comptant environ 350 000 habitants.



Territoire du SCoT Coteaux et Val de Seine (Source : Syndicat des coteaux et du Val de Seine)

Sa révision du 26 novembre 2009 a permis de (re)définir six objectifs de développement et d'aménagement durable à l'échelle de son territoire d'intervention. Les six objectifs du SCOT Coteaux et Val de Seine sont :

- Garantir une croissance équilibrée du territoire, visant notamment à la mixité sociale,
- Renforcer l'attractivité des Coteaux et du Val-de-Seine,
- Faciliter les déplacements pour améliorer l'accessibilité,
- Offrir un cadre de vie harmonieux,
- Protéger l'environnement, prévenir les risques naturels et technologiques et lutter contre les nuisances de toute nature,
- Mettre en œuvre les principes du SCOT dans le respect des spécificités locales.

Les gares de la Ligne 15 Sud concernées, Pont de Sèvres et Issy RER, vont contribuer à plusieurs des objectifs de ce SCOT :

- Faciliter les déplacements : cela est évident pour la zone concernée par les gares,
- Renforcer l'attractivité du territoire : l'offre de transports en commun est l'un des critères de l'attractivité d'un territoire,
- Protéger l'environnement : en contribuant à réduire les usages de la voiture dans les zones concernées, les gares contribuent à la protection d el'environnement.

Le projet est donc compatible avec le SCOT.

Le SDL Val Maubuée

L'agglomération de Marne-la-Vallée/Val Maubuée a été créée par décret du 11 août 1972. Le Schéma Directeur Local Val Maubuée date de 1998. Le projet d'élaboration de SCoT, arrêté le 21 septembre 2012 a permis de redéfinir les objectifs d'aménagement et de développement du territoire. Ainsi, les objectifs du SCoT de Val Maubuée sont :

- Développer de manière cohérente, équilibrée, et maîtrisée l'évolution urbaine tout en tenant compte de l'identité et du vécu du territoire,
- Inscrire Val Maubuée dans un rôle de moteur économique de l'Est Francilien,
- Préserver les ressources naturelles et le patrimoine local, valoriser le potentiel du territoire, et gérer de manière écologique le développement, dans une dynamique d'Eco-territoire.

La gare de Noisy-Champs s'inscrit pleinement dans l'objectif de développement cohérent du territoire.

Le projet est donc compatible avec le SDL.

5.5 Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS/PLU)

La Déclaration d'Utilité Publique du projet de la Ligne 15 Sud a fait l'objet du décret 2014-1607 du 24 décembre 2012.

La DUP du projet implique la mise en compatibilité des documents d'urbanisme des communes concernées.

Le dossier d'enquête publique préalable à la DUP comporte, outre l'étude d'impact du projet, un fascicule relatif à la Mise En Compatibilité du Document d'Urbanisme (MECDU) par commune.

Le projet de Ligne 15 Sud est donc de fait compatible avec le POS ou le PLU de chaque commune concernée.

En ce qui concerne les servitudes associées à ces documents, elles sont de deux types :

- Elles engendrent des procédures réglementaires spécifiques (périmètre de monument classé, site classé, etc) : ces procédures :
    - sont associées à la présente procédure Loi sur l'eau. Ces procédures ne nécessitent que la vérification de respects de seuils (servitudes radioélectrique) ou un avis consultatitif (comme pour les sites et monuments inscrits),
    - font l'objet d'un dossier spécifique car elles n écessitent un parcours d'instruction spécifique : autorisation de travaux en site classé, autorisation de défrichement, autorisation de dérogation à la destruction d'espèces protégées. Chacune de ces procédure est conduite à part sur la base d'un dossier spécialement constitué,
    - ne nécessient que la consultation de services identifiés dans le règlement du document d'urbanisme : c'est le cas des servitudes associées aux canalisations de transport de matières dangereuses.

Le dossier MECDU de chaque commune indique que les servitudes en vigueur au droit des éléments du projet n'interdisent pas le projet mais nécessitent certaines vérifications.

Le projet est donc compatible avec les servitudes associées à chaque document d'urbanisme.

5.6 Compatibilité avec les périmètres de protection de captage d'eau potable

Ce point est la suite du précédent car les périmètres de protection de captage d'eau potable des collectivités donnent lieu à des servitudes instituées par arrêté préfectoral.

Seul le périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine située sur le territoire de la commune de Suresnes est concerné par des ouvrages et zones de travaux. Les éléments détaillés relatifs à ce périmètre et aux prescriptions associées ont été indiquées au chapitre 2.3.4.1 de la pièce B1 relatif aux usages des eaux superficielles – Alimentation en eau potable.

Les éléments du projet concernés sont l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur et les installations de chantier associées au puits d'attaque de tunnelier.

Sur ce site, les eaux d'exhaure, pompées en phase chantier, seront rejetées exclusivement au réseau. Il n'y aura pas de rejet direct en Seine.

En ce qui concerne les eaux pluviales, les eaux collectées en phase chantier seront rejetées au réseau pour garantir la gestion des pollutions accidentelles. En phase d'exploitation, les eaux seront infiltrées dans l'espace vert restitué autour de l'ouvrage définitif. Il n'y a donc pas de rejet direct à la Seine.

Ce site comporte une installation portuaire destinée à évacuer les déblais produits par le tunnelier et à réceptionner certains approvisionnements.

Vis-à-vis des prescriptions figurant dans l'arrête du 17 juillet 2012, modifié par l'arrêté du 29 septembre 2014, l'installation portuaire est la plus sensible :

- Le transbordement des déblais a un statut peu clair : il y a discordance entre la **prescription P16**, qui soumet ce type d'opération à des précautions particulières, et la nouvelle rédaction **de la prescription P17**, qui vise à l'interdire. Les opérations de chargement et de déchargement seront organisées et conduites avec toutes les précautions nécessaires pour éviter toute chute de déblai ou bjet dans la Seine.

- Le dragage de la Seine au droit des installations, qu'il soit d'aménagement des emplacements des barges ou d'entretien de ces emplacements, doit être réalisé moyennant des précautions relatives à la préservation de la qualité de l'eau de la Seine. Il en est de même pour l'implantation des Ducs d'Albe.

- Les prescriptions 18 et 19 demandent que le SEPG et le gestionnaire de réseau d'eaux pluviales soient consultés à toutes les phases du projet, en conception et en réalisation.

  La prescription P9 de l'arrêté concerne le périmètre rapproché restreint, non concerné par l'emplacement des travaux et des ouvrages. Cette prescription demande à ce que l'Agence Régionale de Santé, qui informera le gestionnaire de l'usine alimentée par la prise d'eau, soit avertie de tous travaux dans le lit mineur de la Seine. Les dragages et l'implantation des Ducs d'Albe sont concernés. La Société du Grand Paris respectera cette prescription.

Le projet est compatible avec les prescriptions figurant dans larrêté instituant le périmètre de protection rapproché étendu de la prise d'eau en Seine de Suresnes.

Concernant **la prise d'eau en Marne de Saint-Maur-des-Fossés**, gérée par la commune, les périmètres de protection ne sont pas encore officiellement établis. La démarche en phase terminale, l'enquête publique préalable étant prévue en 2015.

Le périmètre éloigné dessiné sur la carte du chapitre 2.2.4.1 de la pièce B1), concerne la Marne au droit de l'ouvrage annexe Rue du Port. Il n'est pas prévu d'interaction du projet avec le lit mineur de la Marne au niveau de cet ouvrage, que ce soit en phase chantier ou en phase d'exploitation.

Il convient cependant que la Société du Grand Paris, Maître d'ouvrage du projet, informe le gestionnaire de la prise d'eau du planning du chantier et réalise un suivi qualitatif de l'eau de la Marne entre l'ouvrage et la prise d'eau.

Le projet est comaptible avec les périmètres de protection de la prise d'eau.

5.7 Compatibilité du projet avec le PDUIF

Le projet de Plan de déplacements urbains d'Ile-de-France, finalisé par le STIF en février 2011 et arrêté par le Conseil régional d'Ile-de-France en février 2012, a finalement été définitivement approuvé par ce dernier en juin 2014.

Ce Plan, qui a pour objectif d'atteindre un équilibre entre la mobilité des personnes et des biens, la qualité de vie et l'impact sur l'environnement, recense neuf défis principaux développés en 34 actions opérationnelles.

Ces défis et actions sont repris dans le tableau suivant, en évaluant la compatibilité correspondante du Grand Paris Express. Seules les actions en lien avec le projet ont été retenues.

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
Défi 1 : Construire une ville plus favorable aux déplacements à pied, à vélo et en transports collectifs	1.1 Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture	L'offre apportée par le projet générera du report modal vers les transports publics et une moindre utilisation de la voiture particulière. La densification autour des gares du projet rendra la ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture.
Défi 2 : Rendre les transports collectifs plus attractifs	2.1 Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant	Le projet permettra de désengorger les lignes ferrées radiales et améliorera ainsi leurs performances.
	2.2 Un métro modernisé et étendu	Le projet participera directement à l'extension du réseau de métro.
	2.3 Tramway et T Zen : une offre de transport structurante	Le projet sera connecté aux lignes de tramway et de Bus à Haut Niveau de Service existantes et futures.
	2.4 Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé	Le projet sera déclencheur de la réorganisation des réseaux de surfaces en correspondance avec les nouvelles gares.
	2.5 Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité	Les gares du projet ont vocation à devenir des pôles multimodaux interconnectés.
	2.6 Améliorer l'information voyageurs dans les transports collectifs	Des informations sur le trajet seront données aux voyageurs tout au long du voyage.
Défis 3 et 4 : Redonner à la marche de l'importance dans la chaîne de déplacement et donner un nouveau souffle à la pratique du vélo	3/4.1 Pacifier la voirie	L'aménagement des voiries impactées par les travaux et de celles à proximité des gares est compatible avec ces objectifs.
	3/4.2 Résorber les principales coupures urbaines	
	3.1 Aménager la rue pour le piéton	
	4.1 Rendre la voirie cyclable	
	4.2 Favoriser le stationnement des vélos	Les gares du projet seront de véritables pôles multimodaux, où la pratique du vélo sera promue : espaces de stationnement, vélos en libre-service etc.

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
Défi 5 : Agir sur les conditions d'usage des modes individuels motorisés	5.1 Atteindre un objectif ambitieux de sécurité routière	Les impacts du projet évalués par la présente étude sont positifs du point de vue de la sécurité routière. Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.2 Mettre en œuvre des politiques de stationnement public au service d'une mobilité durable	La Société du Grand Paris réalise des études sur la question du stationnement de rabattement à proximité des futures gares. Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.3 Encadrer le développement du stationnement privé	Les nouveaux bâtiments construits à proximité du projet devront répondre aux exigences du PDU en la matière. Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.5 Encourager et développer la pratique du covoiturage	Des incitations au covoiturage pour se rendre aux gares du projet pourront être mises en œuvre (places dédiées, zone de dépôt…). Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.6 Encourager l'autopartage	Les gares du projet offriront de places de stationnement dédiées à l'autopartage. Le projet est donc compatible avec cette action.
Défi 6 : Rendre accessible l'ensemble de la chaîne de déplacement	6.1 Rendre la voirie accessible	Le projet est compatible avec cette action : le réaménagement de la voirie proche des futures gares et de celle impactée par les travaux permettra de la rendre plus accessible.
	6.2 Rendre accessibles les transports en commun	Le projet sera accessible aux personnes à mobilité réduite.
	7.2 Favoriser l'usage de la voie d'eau	Le projet est compatible avec cette action : une partie des déblais engendrés par le chantier sera évacuée par voie d'eau.

6. Analyse des coûts collectifs induits par le projet

6.1 Introduction

L'«analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité» est une partie réglementaire des études d'impacts spécifiques aux infrastructures de transport et faisant suite à l'exercice de quantification des impacts du projet. Cette analyse permet de monétariser les externalités du projet pour l'environnement afin de pouvoir les mettre en balance avec les avantages que la collectivité peut en attendre. L'analyse des coûts collectifs représente donc un enjeu important pour le développement d'un système de transport plus durable, en accord avec les engagements du Grenelle de l'environnement.

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du réseau de transport du Grand Paris dans son ensemble, il s'agit donc principalement d'évaluer les coûts collectifs liés aux pollutions atmosphériques, aux nuisances sonores, à la sécurité routière, aux émissions de gaz à effet de serre et aux effets sur l'urbanisme.

Les méthodologies à appliquer sont principalement régies par la note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport (DGITM) et son référentiel méthodologique.

6.2 Coûts de la pollution atmosphérique

6.2.1 Méthodologie

Les effets sur la santé de la pollution de l'air étant dépendants de la concentration de polluants et de la densité de population des zones polluées, la méthode proposée se base sur les flux de trafic selon différentes zones de densité de population. Cinq types de zones sont définies comme suit :

- l'urbain très dense avec une densité supérieure à 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain dense avec une densité comprise entre 1 500 et 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain avec une densité comprise entre 450 et 1 500 habitants/km² ;
- l'urbain diffus avec une densité comprise entre 37 et 450 habitants/km² ;
- l'interurbain avec une densité inférieure à 37 habitants/km².

Les coûts externes associés au trafic dans ces différentes zones sont repris dans le tableau ci-dessous :

Coûts externes de la pollution atmosphérique, valeurs 2010 (€$_{2010}$/100veh.km)

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Véhicule particulier	15,8	4,3	1,7	1,3	0,9
Poids lourd	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4

Ces valeurs peuvent être considérées comme le produit de deux valeurs, l'une proportionnelle aux émissions polluantes et l'autre proportionnelle à la valeur de la vie humaine. Les progrès techniques qui permettent de réduire petit à petit les émissions de polluants atmosphériques sont considérés comme faisant décroître la valeur de 6% par an entre 2010 et 2020. La valeur de la vie humaine augmente, par contre, comme la dépense de consommation par tête[35]. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2020 sont les suivantes :

Coûts externes de la pollution atmosphériques, valeurs 2020 (€$_{2010}$/100veh.km)

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Véhicule particulier	10,27	2,80	1,11	0,85	0,59
Poids lourds	121,32	24,06	11,51	6,11	4,16

L'impact du projet sur les véh.km parcourus en Ile-de-France selon les différents types de tissu urbain (Urbain très dense, urbain dense, urbain, urbain diffus et interurbain) a ensuite été calculé sur base des résultats du modèle de transport et de la densité de population projetée pour chaque commune d'Ile-de-France.

6.2.2 Calcul des coûts

Les résultats de l'analyse de l'impact du projet sur les distances parcourues sont repris dans le tableau ci-dessous avec les coûts annuels qui y sont associés :

Impact du projet sur les distances parcourues en Ile-de-France par les véhicules légers à l'horizon 2020 et coûts annuels de la pollution atmosphérique associés (en €$_{2010}$).

	Urbain Très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain	Hors IDF
Différence des distances parcourues annuellement (10^6 véh.km)	-218,2	-97,8	-46,5	-34,5	-5,0	-3,2
Coûts annuels associés millions €$_{2010}$ /an	-22,41	-2,73	-0,51	-0,29	-0,03	-0,02
	-25,99					

La diminution des distances parcourues grâce au projet de la Ligne 15 Sud permet ainsi une diminution des coûts de la pollution atmosphérique s'élevant à environ 25,99 millions €$_{2010}$ par an à l'horizon 2020.

6.3 Coûts des accidents de la route

6.3.1 Méthodologie

Le calcul des coûts des accidents de la route se base sur les valeurs de la vie humaine et des blessés définies dans la Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports. Selon cette note, les valeurs sont les suivantes :

[35] selon l'évolution de l'indice de consommation finale des ménages (Insee) +1.9% entre 2010 et 2020.

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier pour l'année 2010

	Transport routier
Tué	3 000 000 €$_{2010}$
Blessé grave	375 000 €$_{2010}$
Blessé léger	15 000 €$_{2010}$
Accident	4 600 €$_{2010}$

Ces valeurs sont considérées comme évoluant au même rythme que la dépense de consommation finale des ménages par tête. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2020 sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier à l'horizon 2020

	Transport routier
Tué	3 621 288 €$_{2010}$
Blessé grave	452 661 €$_{2010}$
Blessé léger	18 106 €$_{2010}$
Accident	5 553 €$_{2010}$

L'impact du métro sur le nombre d'accidents a, quant à lui, été estimé sur base des distances parcourues par les véhicules routiers. Le nombre d'accidents et leur gravité étant largement dépendant du type de route, un taux a été défini pour trois différents types de routes : les autoroutes, les routes nationales (RN) et départementales (RD), et les routes d'agglomération.

Les taux d'accidents ont été calculés sur base des statistiques issues de l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière[36], et projetés à l'horizon 2020 selon une baisse annuelle du taux d'accidents de 5% jusqu'en 2025. Ils sont repris dans le tableau ci-dessous :

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2020 (source : projections : STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011))

Taux d'accidents/blessés/tués par millions de véh.km				
Type de route	Accidents	Blessés légers	Blessés graves	Tués
Autoroutes	0,0398	0,0370	0,0215	0,0014
RN + RD	0,1261	0,1172	0,0703	0,0047
Agglomération	0,2233	0,2076	0,0371	0,0025

[36] Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011)

6.3.2 Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2020

	Autoroutes	RN + RD	Agglomération
10^6 véh.km	-154,7	-194,9	-55,6

La combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et des taux d'accidents permet ainsi d'évaluer les impacts du projet sur les accidents de la route. Ces impacts permettent alors sur base des valeurs associées à la vie humaine et aux accidents de calculer les résultats suivant à l'horizon 2020 :

Impacts du projet sur les accidents de la route à l'horizon 2020 et coûts externes annuels associés.

	Accidents	blessés légers	blessés graves	tués
Différence du nombre annuel d'accidents corporels	-43	-40	-19	-1
Coûts externes associés Millions €$_{2010}$	- 0,24	-0,73	-8,64	-4,63
	-14,24			

Les résultats montrent que le projet engendre donc une diminution des accidents de la route en Ile-de-France correspondant à des gains annuels de plus de 14 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2020.

6.4 Coûts des émissions de gaz à effet de serre

6.4.1 Méthodologie

Les résultats du groupe de travail présidé par A. Quinet sur la valeur tutélaire du carbone repris dans le rapport du Centre d'analyse stratégique (2013) permettent d'évaluer la valeur de la tonne équivalent CO_2. Il est important de noter que contrairement aux valeurs de pollution de l'air, de bruit ou des accidents, la valeur de la tonne de CO_2 n'a pas été définie selon une démarche coût-avantages en évaluant les dommages causés mais bien sur une démarche coût-efficacité en

évaluant le niveau de taxation qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements de Kyoto[37].

Les valeurs tutélaires du carbone recommandées par ce rapport et reprises dans le référentiel méthodologique pour l'évaluation des projets de transport sont détaillées dans le tableau suivant :

Valeur tutélaire d'une tonne de CO_2 selon le CAS (Valeur tutélaire du carbone, 2009)

	2010	2030	2050
Valeur en $€_{2010}$	32	100	200 (150-350)

La croissance de la valeur s'élève donc à 5.8% par an entre 2010 et 2030 puis de 4,5% après 2030. En tenant compte de cette évolution, la valeur de la tonne de carbone serait ainsi de 56,2$€_{2010}$ en 2020, 124,6$€_{2010}$ en 2035 et 241,2$€_{2010}$ en 2050.

6.4.2 Calcul des coûts

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en termes d'émissions totales évitées grâce au projet aux horizons, 2020, 2030, 2035 et 2050.

Emissions totales (cumul de toutes les années précédentes) induites ou évitées aux horizons 2020, 2035 et 2050 et coûts associés en millions d'euros$_{2010}$

année	Emissions de gaz à effet de serre induites ou évitées	Coûts associés Millions $€_{2010}$
2020	+ 656 690 $t_{éq}$ CO_2	+ 36,93
2030	-1 005 300 $t_{éq}$ CO_2	-100,53
2035	- 2 684 300 $t_{éq}$ CO_2	- 334,51
2050	- 7 590 300 $t_{éq}$ CO_2	-1 830,56

Les résultats montrent que les émissions de gaz à effet de serre nécessaires à la construction de l'infrastructure engendrent des coûts non négligeables évalués à approximativement 36,9 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2020. Cependant, les résultats aux années ultérieures montrent que cet « investissement » est largement et rapidement compensé par les émissions évitées dès sa mise en service. Ainsi, en 2035, ce sont 334 millions d'euros$_{2010}$ épargnés et en 2050, environ 1,8 milliards d'euros$_{2010}$ épargnés.

Les grandes différences entre les valeurs aux horizons 2020 et suivants proviennent essentiellement de l'amortissement plus ou moins étalé de la construction sur les années de fonctionnement.

[37] Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, 25 mars 2004 et mise à jour du 27 mai 2005 puis le 16 juin 2014

6.5 Coûts des nuisances sonores

6.5.1 Méthodologie

Selon la méthodologie préconisée la Note technique du 27 juin 2014, la valorisation du bruit est fonction de la densité humaine, du type d'infrastructure et de la densité du trafic routier. Les coûts des nuisances sonores, en $€_{2010}$/1000véh.km, sont repris ci-dessous :

Valorisation du coût des nuisances sonores, en $€_{2010}$/1000véh.km, pour le mode routier

Type de peuplement	Type d'infrastructure	Coût marginal VL trafic peu dense	Coût marginal VL trafic dense
Rural	Autoroute	0,03	0,021
	Nationale ou départementale	0,12	0,108
	Communale	0,63	0,567
Semi-urbain	Autoroute	0,12	0,084
	Nationale ou départementale	0,20	0,18
	Communale	1,01	0,909
Urbain	Autoroute	0,34	0,238
	Nationale ou départementale	0,34	0,306
	Communale	1,89	1,701
Urbain dense	Autoroute	0,50	0,35
	Nationale ou départementale	0,55	0,495
	Communale	2,28	2,052
Urbain très dense	Autoroute	0,84	0,588
	Nationale ou départementale	1,01	0,909
	Communale	2,58	2,322

Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête

6.5.2 Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2020 (véh.km)

	Autoroutes	RN + RD	Agglomération
Hors IDF (rural)	+ 629 963	-3 810 307	-2 705
Interurbain (rural)	-920 389	-4 102 801	-249
Urbain diffus (semi-urbain)	+ 7 434 374	-41 512 659	-423 315
Urbain	-19 762 817	-26 405 554	-323 311
Urbain dense	-43 385 119	-52 924 943	-1 458 599
Urbain très dense	-98 687 766	-66 101 462	-53 389 187

En tenant compte de l'augmentation de la dépense de consommation, la combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et de la valorisation du coût des nuisances sonores permet ainsi d'évaluer les résultats suivant à l'horizon 2020 :

Coûts externes annuels du bruit associés au projet à l'horizon 2020 en millions d'€$_{2010}$

	Agglomération	Autoroute	RN RD
Coûts externes associés 10^6 €$_{2010}$	-0,15	-0,09	-0,12
	-0,36		

Comme l'a montré l'analyse des impacts du projet sur le bruit sonores, les variations des flux de véhicules routiers ne sont pas susceptibles d'influencer de manière significative les niveaux de bruit. Les coûts externes associés sont donc logiquement faibles et représentent pour le projet un gain annuel de l'ordre de 360 000 euros.

6.6 Coûts de périurbanisation éludables

La croissance prévisible de la population et de l'emploi en Ile-de-France, accentuée par la mise en œuvre du projet, générera des besoins importants en surfaces de plancher. Afin d'être en mesure d'accueillir ces besoins, le parc bâti francilien devra nécessairement évoluer pour accroître l'offre en surfaces de plancher disponibles. Or, le taux de croissance du parc est aujourd'hui relativement faible dans les centres d'agglomérations où l'espace disponible est rare. C'est pourquoi, en l'absence de mesures restrictives d'usage du sol, il est attendu un report naturel des besoins de nouvelles constructions vers les franges urbaines périphériques et à une consommation progressive des espaces ruraux de seconde couronne et des régions limitrophes au profit d'un paysage d'habitat pavillonnaire.

Pour qu'un tel accroissement de populations puisse se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il est nécessaire que l'urbanisation future soit structurée par des opérations planifiées plus denses. Celles-ci devraient s'appuyer sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet. En effet, la mise en place d'une infrastructure de transport d'une telle envergure, en améliorant significativement l'accessibilité d'une partie du territoire, crée la polarisation requise et rend possible et attractive la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords.

Dans l'exercice d'évaluation des impacts du projet sur l'occupation du sol, il a été souligné, que, sous réserve des conditions nécessaires à une concentration des surfaces nouvelles à proximité du réseau de transport en commun, la mise en œuvre du projet aurait un impact très positif en matière de limitation de l'étalement urbain et, ce, à grande échelle. Il se traduirait notamment par la préservation de 1 470 ha d'espaces ouverts de l'urbanisation nouvelle.

L'objet de l'exercice proposé ici est de valoriser en termes financiers la participation du projet à la limitation de l'étalement urbain. Sont estimés ici les bénéfices potentiels imputables au Métro du Grand Paris et dus à ce que sa réalisation rend possible une urbanisation plus dense que celle qui se produirait sans projet. « Potentiels » car ces bénéfices ne seront visibles que si des mesures d'accompagnement visant à la densification aux abords des arrêts de transport en commun et au renouvellement du parc bâti ne sont mises en œuvre en parallèle du projet.

Les coûts externes liés à l'étalement urbain sont les coûts marginaux de la construction d'un nouveau bâtiment en termes de consommation d'espace, d'équipements, d'infrastructures et de services publics. Les coûts résultant de l'étalement urbain seront donc plus élevés dans un contexte urbain à faible densité que dans un environnement urbain dense. Ces coûts ne sont généralement pas couverts par les ménages ou l'activité qui les créent mais par la collectivité toute entière ; il s'agit ainsi de « coûts externes ».

Les coûts externes pris en compte dans ce bilan économique sont :

- Les coûts liés à la consommation des espaces ruraux situés en périphérie en lien avec la valeur monétaire que leur accordent les citoyens ;
- Les investissements d'extensions des voiries et réseaux divers (VRD) nécessaires à l'extension des zones d'habitat et d'activité ;
- Les suppléments de coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD causés par la dispersion des habitations dans les zones peu denses.

6.6.1 Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle

La valorisation de la préservation des espaces ruraux de l'urbanisation nouvelle s'inspire des valeurs monétaires estimées selon les recommandations du rapport « Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK » réalisé pour le Department for Environment, Food and rural Affairs du Royaume-Uni. Ce rapport analyse les évaluations de la disposition à payer pour la proximité d'espaces ouverts obtenues dans différents contextes et avec différentes méthodes et en tire des estimations à utiliser pour comparer des programmes de développement urbain dans les différentes villes du pays. Les valeurs par hectare ont été obtenues principalement par deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport.

La première méthode d'évaluation contingente (MEC) consiste à reconstituer un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler leurs préférences, c'est-à-dire la valeur qu'ils accordent à un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés. De manière générale, il s'agit de « consentement à payer » (CAP). Sa mise en œuvre repose sur la réalisation d'enquêtes, auprès d'un échantillon représentatif de la population, au cours desquelles sont soumis aux personnes des scénarii fictifs destinés à les aider à formuler cette valeur. Le CAP reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

La seconde méthode d'évaluation par le coût de transport considère, quant à elle, que cette valeur est implicitement révélée par le temps consacré par les individus pour se rendre en visite à un site particulier (sa valeur monétaire est le plus souvent calculée en référence au salaire), auquel s'ajoutent les dépenses consenties (essence, etc.). L'évaluation donne lieu à des enquêtes auprès des personnes pratiquant les loisirs, qui peuvent être réalisées sur site ou hors contexte.

Selon cette étude, les surfaces économisées peuvent être classées en quatre catégories : milieu naturel et semi-naturel, agricole intensif, agricole extensif et forêts. Cette même étude a analysé les évaluations de la disposition à payer des habitants pour la proximité d'espaces ruraux dans différents contextes et avec deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport. Les valeurs par hectare obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ces estimations sont le prix que les citoyens seraient prêt à payer collectivement chaque année pour préserver l'usage existant de ces espaces périphériques.

Consentement à payer annuellement par hectare de frange urbaine par les citoyens selon la frange urbaine considérée (Source : Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK, Department for environment food and rural affairs, Appendix K, April 2004)

Type de frange urbaine	Consentement à payer annuel par hectare (€$_{2010}$)	Etude de référence[38]	Méthode d'évaluation utilisée
Milieu naturel et semi-naturel	2 409	Hanley & Spash (1993)	MEC - MECT
Agricole intensif	149	Bowker & Diychuck (1994)	MEC
Agricole extensif	1 172	Willis et al (1995)	MEC
Forêts	3 766	Bishop (1992)	MEC

MEC : méthode d'évaluation contingente – MECT : méthode d'évaluation par le coût de transport

Nota : le « consentement à payer » issu de la méthode d'évaluation contingente reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats de la MEC peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

[38] Voir détails de ces références dans la partie « Bibliographie »

Pour exploiter ces estimations dans le cadre du projet, il est fait l'hypothèse que l'extension de l'urbanisation à la périphérie de Paris consommera les espaces naturels agricoles et forestiers dans les mêmes proportions que celles observées en Ile-de-France entre 1996 et 2007[39], soit 84,9 % de terres agricoles[40], 14,5 % d'espaces naturalisés et 0,6% de boisements. A partir de cette hypothèse, une valeur annuelle moyenne pondérée de l'hectare préservé de 522€$_{2010}$/ha/an est retenue.

Ainsi, à l'horizon de la mise en service complète du projet (2020), l'économie d'espaces ruraux urbanisés réalisée grâce au projet évaluée à -1 470 ha, correspond à une valeur de 767 340 euros$_{2010}$ par an en faveur du projet. Ces gains continueront à croître avec le temps et devraient s'élever à - 1 833 264 euros annuellement à l'horizon 2030.

Remarque : ces estimations monétaires ont été obtenues à partir d'une évaluation basée sur le transfert de données issues d'une méthode d'évaluation contingente et d'une évaluation par le coût de transport réalisées durant les années 90 dans un contexte anglo-saxon, différent de celui de l'Ile-de-France.

6.6.2 Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle

La consommation des espaces non bâtis nécessaires à la construction des surfaces de plancher pour l'accueil des populations et des emplois nouveaux va nécessiter des coûts de viabilisation qui dépendront du parcellaire construit. Il a en effet été souligné dans l'analyse des impacts sur la population, l'emploi et l'occupation des sols que le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influençait la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, la diffusion périurbaine a pour conséquence de dédensifier les formes d'habitats et d'activités et de disperser les bâtis sur de très vastes étendues territoriales.

En raison de ces processus, il est donc nécessaire, pour desservir un même nombre de ménages et d'activités, que les longueurs des infrastructures et des réseaux augmentent. Suite à cet allongement, des surcoûts de viabilisation à la construction apparaissent donc.

Le tableau suivant montre des estimations de coûts primaires moyens d'équipements pour trois types de parcelles dans un lotissement (avec création de voirie) en fonction de leur largeur à front de voirie : respectivement 7, 20 et 30 mètres. D'après ces chiffres, les coûts de viabilisation s'élèvent à approximativement 180 000€$_{2010}$ par hectare.

[39] Source : Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement Ile-de-France. Observation de la consommation des espaces agricoles et naturels en Ile-de-France et en Essonne entre 2004 et 2007.
[40] Par défaut : 90% d'intensif, 10% d'extensif

Estimation du coût primaire moyen d'équipement (en € 2008) de trois types de parcelles dans un lotissement avec création de voirie (largeurs à front de voirie de 7, 20 et 30 m) (Source : Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau, J.M. Halleux, J.M. Lambotte, 2008, p.28)

	Coût unitaire	Part	*7 m*	*20 m*	*30 m*
Coûts « variables »					
Électricité (2 côtés)	35 € m	1	245 €	700 €	1 050 €
Éclairage public (1 côté)	62 € m	½	217 €	620 €	930 €
Eau (2 côtés)	100 € m	1	700 €	2 000 €	3 000 €
Incendie (1 côté)	10 € m	½	35 €	100 €	150 €
Gaz (2 côtés)	37 € m	1	259 €	740 €	1 110 €
Voirie (6 m de large) (commune aux 2 côtés) avec égout complet sans égout	 495 € m 320 € m	 ½ ½	 1 733 € 1 120 €	 4 950 € 3 200 €	 7 425 € 4 800 €
Total coûts variables (maisons des deux côtés de la voirie)			**3 190 €**	**9 110 €**	**13 660 €**
Coûts « fixes » (y compris raccordements)					
Électricité	185 € parcelle (cabine de transformation)				
Eau	1 100 € parcelle (raccordement)				
Gaz	40 € parcelle (poste de transformation) 745 €/parcelle (raccordement)				
Total (coûts variables et coûts fixes)			**5 260 €**	**11 180 €**	**15 730 €**

Le projet devrait induire une réduction des VRD nouvellement construits qui représente un coût d'approximativement 265 millions d'euros à l'horizon 2020, croissant jusqu'à environ 632 millions d'euros à l'horizon 2030. En posant l'hypothèse qu'en moyenne 60% des coûts d'investissements ne sont pas supportés par l'occupant mais par la collectivité, il est alors possible d'en déduire les coûts externes de l'étalement urbain en termes de viabilisation de l'urbanisation nouvelle. Ceux-ci s'élèvent respectivement à 159 millions d'euros à l'horizon 2020 et 379 millions d'euros à l'horizon 2030.

6.6.3 Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD

Aux gains de viabilisation précédemment calculés s'ajoutent les gains annuels en termes de services publics collectifs. Plus précisément, la mise en œuvre du projet va permettre d'épargner annuellement des surcoûts créés :

- D'une part, par la **maintenance et le renouvellement des VRD**. Si les ménages occupants peuvent être sollicités pour couvrir une partie des coûts de viabilisation, ils ne sont pas tenus de couvrir les coûts liés à l'entretien ou à la réparation des réseaux. Dès lors, ce sont soit les distributeurs (qui répercutent ces frais via la facturation auprès des usagers) soit les autorités communales (qui se servent de l'argent des contribuables) qui couvrent le financement de ces charges récurrentes ;

- Et, d'autre part, par l'**exploitation des services publics** qui desservent les zones d'habitat et d'activité (distribution du courrier, ramassage des ordures, transports en commun, etc.). En effet, *« à chaque service collectif correspond un surcoût influence par son coût social global, c'est-à-dire le coût réel supporté par l'ensemble de la collectivité. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, les surcoûts générés seront évidemment d'autant plus importants que le secteur considéré est important »*[41]. Le type d'urbanisation (dense ou diffuse) influence la longueur des déplacements, mais aussi le choix du mode de transport utilisé, la fréquence des trajets ou encore la nature et la quantité des biens transportés par les services publics collectifs, ce qui joue aussi sur les coûts d'exploitation de ces services.

Par hypothèse, ces coûts récurrents ont été fixés à 10% du montant total initial des coûts de viabilisation. Cela représente donc des coûts externes de l'étalement urbain en termes d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD préservés grâce au projet de l'ordre de 26 millions d'euros annuellement à l'horizon 2020 et 63 millions d'euros à l'horizon 2030.

6.7 Synthèse des coûts collectifs

Les résultats des différents coûts collectifs sont résumés dans le tableau suivant. Ces résultats montrent que les gains liés aux émissions de gaz à effet de serre et à la périurbanisation éludables dominent largement. Les gains liés aux pollutions atmosphériques et aux accidents de la route sont proportionnellement beaucoup plus faibles tandis que les coûts liés aux nuisances sonores sont pratiquement négligeables.

Synthèse des coûts collectifs

	Pollution atmosphérique (2020)	Accidents de la route (2020)	Nuisances sonores (2020)	Gaz à effet de serre	Coûts de périurbanisation éludable (2020)	
Coûts externes	-25,99 M€/an	-14,2 M€/an	-0,36 M€/an	2020 + 36,9 M€	Consommation des espaces ruraux	0,77 M€/an
				2035 -334,5 M€	Coûts de viabilisation	159 M€
				2050 -1 830,6 M€	Coûts d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD	26 M€/an

Ceci illustre, à nouveau, l'importance d'intégrer la construction d'une telle infrastructure de transport en commun dans une stratégie politique complète de développement territorial et de mettre en place des mesures d'accompagnement adéquates pour favoriser le développement d'une structure urbaine plus durable.

[41] *Les surcoûts des services publics collectifs liés à la périurbanisation : les réseaux d'infrastructures et les services de desserte. S.E.G.E.F.A, Université de Liège, mars 2000*

7. Analyse des méthodes et difficultés rencontrées

7.1 Préambule

Il convient de rappeler le contexte général de la réalisation de cette étude.

- Le projet est défini au niveau de l'avant-projet, habituel pour une étude d'impact. Cependant, les modalités de la conduite du projet font que certaines études techniques ne sont pas totalement réalisées, en particulier parmi celles permettant d'atteindre un niveau réel d'avant projet. C'est en particulier le cas des études géotechniques, des études relatives à la pollution des sols et des eaux souterraines, et des études relatives au système ferroviaire. La présente étude a été menée en recouvrement avec les études d'avant projet qui se sont achevées au deuxième semestre 2014**.**

- Les études géotechniques de base, la mission G1 au sens de la norme NF P 94 500, ont été réalisées en 2012/2013. Les résultats de cette mission ont été utilisés. Cette mission a permis d'améliorer la connaissance, mais ne constitue que la première étape du processus géotechnique défini par la norme ci-dessus. Ce processus prévoit d'autres missions en phase de conception, en particulier les missions G2, G3 et G4, dont la première n'est pas terminée. La connaissance issue des missions géotechniques reste donc partielle et à compléter.

- La présente étude d'impact a été établie en vue d'obtenir des autorisations de travaux pour une infrastructure de transport de grande envergure. Elle reprend et complète l'étude d'impact produite pour l'obtention de la Déclaration d'Utilité Publique (DUP).

Les éléments ci-dessus expliquent le niveau général de précision de cette étude et l'existence d'éléments non définis du projet ne permettant pas une analyse détaillée.

Les éléments de cette étude d'impact sont donc à prendre en compte comme étant des éléments présentant un degré de précision qui reste à améliorer sur de nombreux sujets, pour lesquels les éléments sont présentés au niveau maximal de précision disponible.

Les éléments de ce chapitre détaillent les techniques et analyses réalisées.

7.2 Méthodes et limites de l'analyse du milieu physique – climat, topographie, eaux superficielles et pédologie

7.2.1 Climat

Seules les données météorologiques ont été prises en compte dans ce thème. Le changement climatique et les éléments associés sont traités par ailleurs, en liaison avec les analyses portant sur les gaz à effet de serre.

Les données proviennent des services de Météo France.

7.2.2 Topographie

L'analyse topographique et la cartographie reposent sur le Modèle Numérique de Terrain fourni par l'Institut Géographique National et mis à disposition par le Maître d'Ouvrage.

Les éléments figurant sur l'orthophotographie et le scan 25 de l'IGN ont également été utilisés.

Les emprises des ouvrages ont fait l'objet de levés topographiques précis par des géomètres-experts à partir desquels les études de conception ont été menées. Ces éléments sont utilisés pour les analyses à l'échelle de l'ouvrage.

7.2.3 Eaux superficielles

Les données proviennent de l'IGN pour la représentation cartographique générale, de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et de la DRIEE pour les représentations cartographiques relatives à la qualité des cours d'eau, aux masses d'eau et aux aquifères.

Les éléments du SDAGE Seine-Normandie et des SAGE concernés proviennent de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et de sites internet institutionnels sur ce sujet.

Le caractère souterrain de l'ouvrage facilite grandement l'analyse.

7.2.4 Pédologie

L'analyse repose sur la carte pédologique régionale établie par l'INRA. Le niveau de précision de cette carte suffit largement au niveau d'analyse de la présente étude.

Pour le volet zone humide de cette étude, des sondages spécifiques ont été réalisés en application du protocole défini par la réglementation, c'est-à-dire à la tarière à main sur 1,20 m de profondeur au maximum.

7.3 Méthodes et limites de l'analyse de la géologie et de l'hydrogéologie

7.3.1 Géologie

La description de la géologie a été réalisée à partir de deux sources d'informations distinctes et particulières :

- La géologie de surface a été analysée sur la base des cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

  Des précisions lithologiques et stratigraphiques ont été apportées grâce aux informations disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS, site internet INFOTERRE) et grâce aux informations contenues dans l'ouvrage de G. FILLIAT « La pratique des sols et fondations ».

- La géologie « profonde » a pu être étudiée sur la base des résultats de la campagne de reconnaissance géotechnique G1 menée par la Société du Grand Paris.

  Les résultats partiels disponibles de la campagne de reconnaissance G2 menée par la Société du Grand Paris ont également été utilisés. Cette analyse de la géologie sera précisée via l'exploitation des données qui seront recueillies lors des futures missions géotechniques (fin de la mission G2 notamment) réalisées le long du tracé.

7.3.2 Hydrogéologie

7.3.2.1 Contexte général

La description de l'hydrogéologie a été réalisée à partir :

- Des cartes hydrogéologiques de l'Atlas des Nappes Aquifères de la Région Parisienne du BRGM (Service Géologique Régional Bassin de Paris, 1970),
- De la carte hydrogéologique de Paris du BRGM (DIFFRE, 1970),
- De la synthèse hydrogéologique de la région parisienne du BRGM (Feuille N°183, rapport BRGM DSGR.66.A66/1966),
- De l'ouvrage Hydrogéologie du Bassin de Paris de Claude Mégnien (1979),
- Du SDAGE du Bassin de la seine et des cours d'eau côtiers normands,
- Des Etudes d'avant projet fournies par la Société du Grand Paris,
- Des résultats des campagnes de mesures piézométriques menées par la Société du Grand Paris, alimentant les données relatives au contexte souterrain, et nécessaires à la réalisation des Etudes Préliminaires Approfondies,
- Des banques de données ADES et BSS,
- Des archives BURGEAP (précisions locales).

La piézométrie des nappes aquifères rencontrées sera affinée grâce aux ouvrages piézométriques qui seront réalisés ultérieurement. Des essais d'eau seront menés pour évaluer les paramètres hydrodynamiques locaux des nappes et définir les débits d'exhaures à gérer au sein des ouvrages (gares et puits).

7.3.2.2 Qualité des eaux souterraines

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines a été réalisée à partir des données publiques disponibles dans la base de données ADES. Les analyses d'eau disponibles dans les qualitomètres situés à l'intérieur du fuseau du projet ont été croisées avec les valeurs seuils définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixés par l'OMS.

Dans le but de synthétiser les informations disponibles, quatre indices de pollution synthétiques ont été retenus : Indice hydrocarbure (hydrocarbures totaux, HCT), somme des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), somme des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) et somme des composés organo-halogénés volatil (COHV). Dans le détail, les seuils suivants ont été retenus :

- Indice HCT ≥ 1 mg/l,
- Sommes des HAP ≥ 0,1 µg/l,
- Sommes des BETEX ≥ 100 µg/l,
- Sommes des COHV ≥ 100 µg/l.

Afin de qualifier l'état le plus actuel possible de l'eau des nappes aquifères, seules les dernières analyses réalisées dans les ouvrages ont été retenues. Cependant, les analyses disponibles sont parfois anciennes et ne reflètent pas forcément l'état qualitatif actuel des nappes (dégradation naturelle des polluants, non prise en compte des éventuels chantiers de dépollutions récents. Le non-dépassement des seuils 2, 3, 4 définis ci-dessus ne garantit pas que l'eau de nappe concernée respecte l'ensemble des valeurs seuil définies dans le décret 2007-49 pour l'eau potable et l'eau brute, ainsi que les valeurs seuils 2011 fixés par l'OMS. Les sommes des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylène) et des composés organo-halogénés volatils (COHV) n'ont pas de valeur réglementaire en tant que telle, mais permettent d'apprécier la qualité générale des eaux souterraines.

Cette première analyse de la qualité des eaux souterraines a été complétée à l'aide des données disponibles dans les bases de données BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration). Ces deux bases de données donnent essentiellement des informations concernant la qualité des sols. Toutefois, par extrapolation, les zones présentant une concentration en sites BASIAS ou BASOL constituent des zones de pollution possible des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols.

La Société du Grand Paris a entrepris des études sur ce sujet en liaison avec la gestion des sols pollués. Les résultats disponibles issus d'analyses d'eaux souterraines provenant de forages réalisés spécifiquement sont partiels et limités.

7.3.2.3 Usages de l'eau

Alors que le recensement des ouvrages utilisés pour l'alimentation en eau potable est exhaustif, le recensement des autres usages des eaux souterraines est plus délicat. Les ouvrages mis en jeu pour ces autres usages ont été recensés à partir de la BSS du BRGM. Cette base de données n'intègre pas toujours les ouvrages les plus récents (ouvrages à usage géothermique par exemple)

et recense parfois, à l'inverse, des ouvrages qui n'existent plus ou qui ne sont plus en fonctionnement (nombreux anciens forages industriels par exemple).

Cette information a été complétée par la consultation des services de la DRIEE.

Les zones faisant l'objet d'une exploitation importante des eaux souterraines pour d'autres usages ont été considérées en fonction de leur distance, mais également en fonction de la nappe captée. En effet, les captages profonds du Dogger par exemple (pour l'approvisionnement géothermique) présentent une protection suffisante pour ne pas être influencés par les pompages dans les 30 premiers mètres du sous-sol.

7.3.2.4 Impact en termes de rabattement de nappe

En section courante, le tunnelier à confinement est la méthode constructive très majoritairement employée. Elle ne nécessite pas de rabattement de nappe, le tunnelier s'affranchissant des charges d'eau et réalisant l'étanchéification de l'ouvrage au fur et à mesure de l'avancement.

Toutefois, les gares, les puits d'aération ainsi que certaines sous-sections seront réalisés en tranchées ou partiellement par excavation souterraine avec engins à attaque ponctuelle : il sera alors souvent nécessaire de pomper un débit résiduel en phase chantier pour la mise hors d'eau des fonds de fouilles. Localement, le fonctionnement des dispositifs de pompage est susceptible de perturber les écoulements des nappes d'eau souterraine. De la même manière, les eaux souterraines constituent un impact potentiel sur le projet et conditionnent les méthodes constructives employées.

La construction de parois moulées avec ou sans bouchon injecté (création artificielle d'un frein hydraulique en injectant un terrain perméable pour le rendre très peu perméable et ancrer la paroi moulée) permettra de limiter au maximum les débits résiduels à pomper.

Dans le fuseau, l'impact en termes de modification des caractéristiques des nappes a été défini en considérant le « critère aquifère » des nappes souterraines concernées (productivité plus ou moins forte des nappes).

Malgré l'absence de certaines données hydrogéologiques, l'estimation des impacts du projet a été menée par modélisation hydrogéologique, les données manquantes faisant l'objet d'hypothèses quantitatives basées sur la connaissance hydrogéologique générale et sur le retour d'expérience.

La modélisation hydrogéologique repose à la fois sur des données issues de mesure et sur des hypothèses permettant de reproduire des situations hydrogéologiques connues, puis d'estimer les impacts du projet par simulation à l'échelle de l'ouvrage ou du groupe d'ouvrages.

7.3.2.5 Impact en termes « d'Effet Barrage »

Compte tenu de son diamètre de l'ordre de 9 mètres, l'ouvrage souterrain est susceptible de faire barrage à l'écoulement des nappes d'eau souterraines ; il en résulte un relèvement de la piézométrie en amont de l'ouvrage et un abaissement de la piézométrie en aval.

Cet « effet barrage » a été quantifié en considérant, d'une part, le sens d'écoulement des nappes d'eau souterraine (l'effet barrage maximal est induit lorsque l'ouvrage souterrain est perpendiculaire au sens d'écoulement de la nappe interceptée), et d'autre part, en considérant le pourcentage d'occultation de la nappe d'eau souterraine par l'ouvrage (plus le pourcentage d'occultation de la nappe est élevé, plus l'effet barrage est important).

7.3.2.6 Qualité des eaux souterraines

D'une part, en cas de pompage des débits d'exhaure, la qualité des eaux souterraines est susceptible d'avoir un impact sur le projet (réglementation très stricte, nécessité de traitement des eaux pompées avant rejet dans le milieu naturel, difficultés à trouver un exutoire pour le rejet, coût élevé du rejet dans les réseaux d'assainissement).

D'autre part, le pompage des eaux souterraines présentant une pollution significative est susceptible de favoriser une migration des polluants et une extension des zones polluées. L'évaluation des impacts potentiels en termes de pollution des eaux souterraines a été basée sur les données recueillies dans la banque de données ADES. L'analyse des données disponibles a permis d'identifier des zones de pollution avérée des eaux souterraines. Cette première analyse a été complétée à l'aide des données disponibles dans les bases de données BASIAS (anciens sites industriels) et BASOL (sites pollués en cours de traitement par l'administration).

Ces deux bases de données donnent essentiellement des informations concernant la qualité des sols. Toutefois, par extrapolation, les zones présentant une concentration en sites BASIAS ou BASOL constituent des zones de pollution possible des eaux souterraines, majoritairement les nappes d'eau proches de la surface qui constituent le milieu récepteur de certains polluants contenus dans les sols.

7.3.3 Occupation du sous-sol et risques naturels et technologiques

7.3.3.1 Réseaux et ouvrages souterrains

Dans l'agglomération parisienne, l'occupation du sol est fortement marquée par l'urbanisation et les infrastructures.

Parallèlement à l'occupation de la surface du sol, il existe une occupation du sous-sol qui est une contrainte à la réalisation de projets, en particulier souterrains.

L'objectif de cette partie est de quantifier l'occupation du sous-sol, à la fois en termes de répartition spatiale et de profondeur.

Compte tenu du degré de précision du projet, l'analyse portera sur les composantes principales des infrastructures souterraines : il s'agit des éléments assurant l'architecture générale des réseaux.

L'analyse repose entièrement sur la prise en compte et la cartographie de données relatives à ces réseaux. Elle considère principalement un projet souterrain, un projet aérien ayant une incidence négligeable sur cette thématique, sauf cas particulier.

Les éléments fins des réseaux, la desserte locale au niveau des bâtiments, ne sont pas pris en compte dans la présente analyse pour les raisons suivantes :

- Le niveau de définition actuel du projet ne permet pas une analyse à ce niveau de détail,
- En zone urbanisée, leur densité est très forte, les réseaux sont denses,
- Ces éléments sont pour la plupart situés à faible profondeur, dans les 10 premiers mètres.

Ces éléments devront être pris en compte lors des études de définition du projet. Néanmoins, ces éléments sont systématiquement déplacés dans les projets ayant une phase Voirie et Réseaux Divers.

Pour un réseau aérien au sol, ces éléments fins se déplacent hors de l'emprise du projet si cela est nécessaire : c'est une opération courante.

Pour un réseau aérien sur infrastructure, seuls les ancrages sont concernés de la même façon, la profondeur étant, en général plus importante (5 à 10m).

Pour un réseau souterrain, le tunnel passera en dessous de ces réseaux. En effet, les 10 premiers mètres sont également occupés par les fondations des bâtiments, les sous-sols (à usage de parking ou autre) et il n'est pas envisageable d'y faire passer un tunnel. A titre d'exemple, la dernière ligne de métro construite, la ligne 14, a été creusée à 40 m de profondeur.

Les éléments pris en compte sont donc les suivants :

- Les canalisations de transport de produits divers : gaz naturel haute pression, pétrole, produits chimiques, eau chaude/réseau CPCU, eau potable, EDF,

- Les grands collecteurs d'assainissement des eaux usées.

7.3.3.2 Bâti et niveau de sous-sol

Les bâtiments à usage d'habitation, de bureaux ou d'activités, les bâtiments industriels ou militaires, les hôpitaux, les postes électriques, les stations de pompage, en somme tous les bâtiments destinés à tous les usages, présentent généralement un ou plusieurs niveaux au-dessus du niveau du sol, et parfois un ou plusieurs niveaux de sous-sols.

Le type de fondation des bâtiments dépend à la fois des caractéristiques propres de chaque bâtiment et des caractéristiques géotechniques du sol sur lequel ils sont implantés.

Le réseau et les ouvrages liés au projet du Grand Paris, du tunnel jusqu'aux gares, en passant par les émergences, sont donc contraints par le bâti présent en surface, à la fois par la couverture de ce bâti, et par le mode de construction opéré. Le tunnel peut en effet croiser des fondations de types pieux profonds, ou des niveaux de sous-sols, ou bien encore l'implantation des gares peut être prévue à l'emplacement de bâtiments existants.

La connaissance de la couverture bâtie en surface, et de sa typologie constitue donc une approche générale pour évaluer les impacts du projet sur le bâti, et a fortiori les contraintes que le bâti existant impose au projet. Elle est un préalable à une étude plus détaillée du bâti et des fondations.

Les impacts ou interactions possibles sont de différentes natures :

- Impacts par vibrations émises par le déplacement des trains sur des sites sensibles, identifiés,

- Nécessité d'acquisition de terrains dans le cas de constructions présentes à l'emplacement prévu d'une gare, ou d'une émergence,

- Impacts sur les fondations en cas de fondations profondes,

- Impacts sur les fondations ou niveaux de sous-sols en cas de présence de nombreux niveaux de sous-sols, comme à la Défense par exemple.

La typologie du bâti a été établie à partir des éléments suivants :

- Carte IGN,

- Plans cadastraux,

- Données du site internet www.géoportail.fr.

Ces données ont été croisées avec le site internet Google Maps, dont l'outil Street View a notamment permis la vérification des niveaux des bâtiments sur le fuseau.

Enfin, des visites sur site ont confirmé les données initialement récoltées.

Le zonage différencie les bâtiments à usage classiques (usages résidentiels ou tertiaires) d'une part, selon leur hauteur, les hôpitaux, dont il est considéré qu'ils ont au moins un voire deux niveaux de sous-sols, et qu'ils présentent une sensibilité particulière (par exemple les canalisations d'oxygène), les sites sensibles de type sites militaires, aéroports, industriels, qui ne présentent pas nécessairement de niveaux de sous-sols, mais sont des espaces particuliers demandant une attention spécifique.

Les éléments remarquables ponctuels, comme des bâtiments de grande hauteur ponctuels dans un zonage à bas niveaux, ou bien les postes électriques, stations d'épuration, réservoirs d'eau… sont également représentés selon deux symboles. Ils nécessitent également une attention spécifique, sans toutefois présenter systématiquement une interaction avec le réseau du projet.

Les résultats sont donc ceux d'une grande échelle, l'objectif du présent rapport n'étant pas de déterminer au bâtiment près, hors cas particulier, l'impact du projet sur chaque bâtiment. Cependant, ce type d'étude sera nécessaire dans la définition du projet.

La méthodologie employée ne permet pas de connaître le type de fondation, puisqu'il faudrait une étude exhaustive bâtiment par bâtiment, les caractéristiques géotechniques du sous-sol pouvant changer dans une même rue. Elle ne permet pas non plus de connaître précisément la profondeur des bâtiments, et donc les niveaux de sous-sols.

En revanche, la hauteur des bâtiments, ainsi que la présence à proximité, ou non, de parkings aériens, permet de supputer leur profondeur, et de déterminer les zones à sensibilité plus ou moins forte.

7.4 Milieux naturel, faune et flore

7.4.1 Niveaux d'enjeux appliqués pour les expertises naturalistes

*Niveau d'enjeu**	*Commentaire*
TRES FORT **De portée nationale à supra-nationale voir mondiale**	**Espèces de faune** ou de flore indigène** Présence d'au moins une espèce très rare/très menacée (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) au sein des cortège(s) associé(s) Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés) Diversité pressentie importante
	Habitats Habitat (semi-)naturel très rare et menacé en France et dans la région administrative du site d'étude. Habitat d'intérêt communautaire au titre de la directive Habitat. Selon l'état de conservation de l'habitat.
FORT **Enjeu de portée régionale à supra-régionale**	**Espèces de faune** ou de flore indigène** Présence d'au moins une espèce rare/ menacée (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) au sein des cortège(s) associé(s) Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés) Diversité pressentie importante
	Habitats Habitat (semi-)naturel rare et menacé dans la région administrative du site d'étude. Selon l'état de conservation de l'habitat.
MOYEN **Enjeu de portée départementale à supra-départementale**	**Espèces de faune** ou de flore indigène** Cortège(s) associé(s) principalement constitué(s) d'espèces communes, présence de quelques espèces moins fréquentes (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur dominé par les milieux naturels spontanés) Diversité pressentie importante
	Habitats Habitat (semi-)naturel fréquent mais menacé OU habitat rare mais non menacé dans la région administrative du fuseau d'étude. Selon l'état de conservation de l'habitat.
FAIBLE **Enjeu de portée locale, à l'échelle d'un ensemble cohérent du paysage écologique (vallée, massif forestier, etc.)**	**Espèces de faune** ou de flore indigène** Cortège(s) associé(s) constitué(s) d'espèces communes (= liste rouge UICN régionale ou nationale ou outil équivalent) / déterminante Znieff Présence d'au moins un milieu favorable au groupe biologique considéré (secteur occupé par une mosaïque de milieux naturels et de milieux artificiels) Faible diversité pressentie
	Habitats Habitat (semi-)naturel rudéralisé dont la flore est rendue banale et commune OU habitat fréquent et non menacé en France et dans la région administrative du fuseau d'étude. Selon l'état de conservation de l'habitat.
NEGLIGEABLE **Enjeu de portée locale, à l'échelle de la seule aire d'étude**	**Espèces de faune** ou de flore indigènes** Absence de milieu favorable au groupe biologique considéré, qui est donc présumé absent du fuseau d'étude (secteur dominé par une occupation du sol urbaine ou industrielle)
NUL **Absence d'enjeu (taxons exotiques notamment)**	**Habitats** Milieu très artificialisé (route, parking goudronné…) peu favorable à la biodiversité.

*Le niveau de patrimonialité est généralement basé sur le croisement des statuts de rareté et de menace des différentes espèces. Cette hiérarchisation des enjeux reste **théorique** et peut être ajustée en fonction du « dire d'expert ».

En effet, en l'absence d'évaluation des statuts de rareté franciliens et en l'absence de liste rouge francilienne pour certaines espèces (Orthoptères entre autres), la patrimonialité donnée pour certains groupes est issue d'une estimation à dire d'expert largement basée sur les publications spécifiques pour chaque groupe (les références détaillées sont indiquées dans chaque bioévaluation).

**= à pondérer pour les oiseaux selon le statut de nicheur en Ile-de-France.

7.4.2 Statuts réglementaires et statuts de rareté/menace des espèces et habitats et définitions

7.4.2.1 Protection d'espèces

Une espèce protégée est une espèce pour laquelle s'applique une réglementation contraignante particulière. La protection des espèces s'appuie sur des listes d'espèces protégées sur un territoire donné.

a. Droit international

La France est signataire de nombreux traités internationaux visant à protéger les espèces sauvages, parmi lesquels :

- La Convention de Bonn (23 juin 1979) concernant les espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ;
- La Convention de Berne (19 septembre 1979) sur la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel en Europe ;
- La Convention de Washington (CITES, 1973) sur le commerce international des espèces sauvages menacées d'extinction ;
- La Convention de Paris (1902) concernant la protection des oiseaux utiles à l'agriculture, toujours en vigueur.

b. Droit européen

En droit européen, ces dispositions sont régies par les articles 5 à 9 de la directive 2009/147/CE du 20 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages, dite directive « Oiseaux », et par les articles 12 à 16 de la directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que la flore et la faune sauvage, dite directive « Habitats / Faune / Flore ».

L'Etat français a transposé ces directives par voie d'ordonnance (ordonnance n°2001-321 du 11 avril 2001).

c. Droit français

En droit français, la protection des espèces est régie par le code de l'Environnement (article L411-1) :

« I. - Lorsqu'un intérêt scientifique particulier ou que les nécessités de la préservation du patrimoine naturel justifient la conservation […] d'habitats naturels, d'espèces animales non domestiques ou végétales non cultivées et de leurs habitats, sont interdits :

1° La destruction ou l'enlèvement des œufs ou des nids, la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle, la naturalisation d'animaux de ces espèces ou, qu'ils soient vivants ou morts, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur détention, leur mise en vente, leur vente ou leur achat ;

2° La destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement de végétaux de ces espèces, de leurs fructifications ou de toute autre forme prise par ces espèces au cours de leur cycle biologique, leur transport, leur colportage, leur utilisation, leur mise en vente, leur vente ou leur achat, la détention de spécimens prélevés dans le milieu naturel ;

3° La destruction, l'altération ou la dégradation de ces habitats naturels ou de ces habitats d'espèces ;

[…]. »

Ces prescriptions générales sont ensuite précisées pour chaque groupe par un arrêté ministériel fixant la liste des espèces protégées, le territoire d'application de cette protection et les modalités précises de celle-ci (article R. 411-1 du code de l'Environnement).

Un régime de dérogation à la réglementation sur les espèces protégées est possible dans certains cas listés à l'article R. 411-2 du code de l'Environnement. L'arrêté ministériel du 19 février 2007 modifié (NOR : DEVN0700160A) en précise les conditions de demande et d'instruction.

7.4.2.2 Statut de rareté/menace des espèces

Les listes de protection ne sont pas nécessairement indicatrices du statut de rareté / menace des espèces. Si pour la flore ces statuts réglementaires sont assez bien corrélés à la rareté des espèces, aucune considération de rareté n'intervient dans la définition des listes d'espèces animales protégées.

Cette situation conduit à utiliser d'autres outils, établis par des spécialistes, pour évaluer la rareté et/ou le statut de menace des espèces présentes : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent.

Ces documents de référence pour l'expertise, présentés pour chaque groupe, n'ont pas de valeur juridique.

7.4.2.3 Espèces potentielles

Sont considérées comme potentielles les espèces :

- Dont il est fait mention de la présence dans une source bibliographique fiable et récente ;
- Connues sur des territoires géographiques proches ;
- Disposant sur l'aire d'étude de milieux adaptés à leur écologie.

Une espèce potentielle est donc une espèce non inventoriée dont il n'est pas possible d'écarter définitivement la présence.

7.4.3 Prospections flore / habitat naturel

7.4.3.1 Méthodologie d'approche

L'étude de la flore a été réalisée dans l'optique de révéler la biodiversité floristique globale pour dégager les principaux enjeux et expertiser les différents habitats présents sur les zones d'étude.

Ces prospections avaient pour objet de caractériser les différents types de végétations et de rechercher d'éventuelles plantes protégées et/ou à statut de rareté sur la zone d'étude.

Certaines dates de prospections peuvent se révéler tardive pour certaines espèces précoces et ne permettent évidemment pas de prétendre à l'exhaustivité des inventaires (certains taxons non identifiables en l'état) ; aussi l'analyse ne peut-elle proposer qu'un aperçu de l'intérêt patrimonial supposé de la flore et des habitats du site.

Les limites techniques inhérentes aux prospections de terrain reposent sur la difficulté voire l'impossibilité d'accès à certaines zones (terrains et propriétés privés et clôturés, zones de chantier, carrières en activité).

7.4.3.2 Nomenclature

La nomenclature des plantes à fleurs et des fougères utilisée dans cette étude est celle de la Base de Données Nomenclaturale de la Flore de France (B.D.N.F.F., consultable et actualisée en ligne sur le site www.tela-botanica.org).

En ce qui concerne les habitats naturels, la nomenclature utilisée est celle de la typologie CORINE BIOTOPES (BISSARDON M *et al*, 1997), référentiel de l'ensemble des habitats naturels présents en France et en Europe. Dans ce document, un code et un intitulé sont attribués à chaque habitat naturel décrit.

Les habitats naturels d'intérêt communautaire listés en annexe I de la directive européenne 92/43/CEE (dite directive « Habitats/Faune/Flore ») possèdent également un code spécifique. Parmi ces habitats d'intérêt européen, certains possèdent une valeur patrimoniale encore plus forte et sont considérés à ce titre comme « prioritaires » (leur code Natura 2000 est alors complété d'un astérisque *).

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Flore	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 20 janvier 1982 (modifié) relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire	Arrêté du 11 mars 1991 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Île-de-France complétant la liste nationale

7.4.3.3 Outils de bioévaluation

Les listes d'espèces recensées sur la zone d'étude sont rapprochées des listes de protection réglementaires et autres outils de bio-évaluation, établis par des spécialistes, pour apprécier le degré de rareté des espèces présentes. Ces éléments rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Ces listes de référence n'ont pas toujours une valeur juridique (seules les listes d'espèces protégées et la directive Habitat apportent une protection réglementaire) mais sont des outils indispensables à l'évaluation patrimoniale des espèces.

7.4.4 Caractérisation des boisements

La localisation et la caractérisation des boisements au sens du Code forestier a été réalisée lors des expertises dédiées aux habitats.

Pour cela, l'ensemble des entités boisées situées sur ou à proximité des ouvrages du projet ont fait l'objet d'une expertise afin de répondre aux deux questions suivantes :

- L'entité boisée correspond-elle à un boisement au sens du Code forestier ?
- Si un boisement est identifié au sens du Code forestier, une demande d'autorisation de défrichement est-elle nécessaire ?

Afin de répondre à ces questions, plusieurs critères ont été étudiés. Ils sont synthétisés dans le schéma ci-contre. Ces critères sont définis sur la base des définitions présentées dans le Code forestier :

L'Article L341-1 du Nouveau Code Forestier définit l'état boisé d'un terrain « *comme le caractère d'un sol occupé par des arbres et arbustes d'essences forestières, à condition que leur couvert (projection verticale des houppiers[42] sur le sol) occupe au moins 10% de la surface considérée. Lorsque la végétation forestière est constituée de jeunes plants ou de semis naturels, l'état boisé est caractérisé par la présence d'au moins 500 brins d'avenir bien répartis à l'hectare. La formation boisée doit occuper une superficie d'au moins 5 ares (bosquet) et la largeur moyenne en cime doit être au minimum de 15 m* ».

L'Article L342-1 du Nouveau Code Forestier précise les cas pour lesquels l'autorisation de défrichement n'est pas requise :

« 1° Dans les bois et forêts de superficie inférieure à un seuil compris entre 0,5 et 4 hectares, fixé par département ou partie de département par le représentant de l'Etat, sauf s'ils font partie d'un autre bois dont la superficie, ajoutée à la leur, atteint ou dépasse ce seuil ;

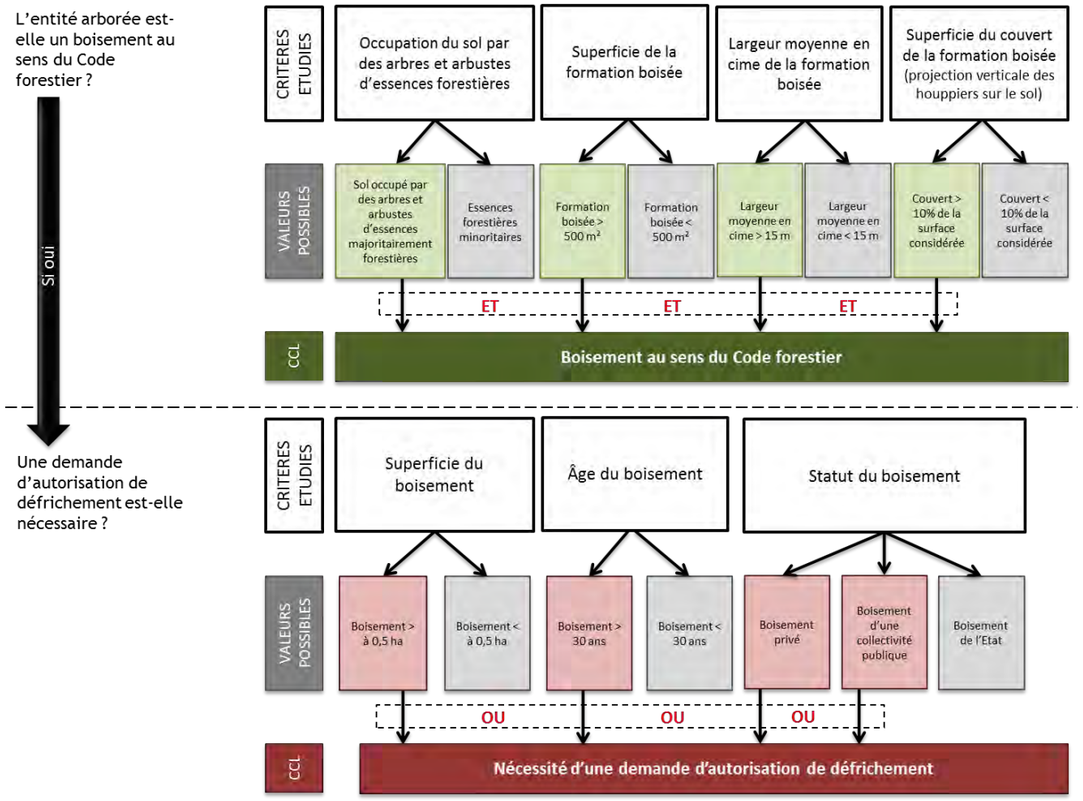
2° Dans les parcs ou jardins clos et attenants à une habitation principale, lorsque l'étendue close est inférieure à 10 hectares. Toutefois, lorsque les défrichements projetés dans ces parcs sont liés à la réalisation d'une opération d'aménagement prévue au titre Ier du livre III du code de l'urbanisme ou d'une opération de construction soumise à autorisation au titre de ce code, cette surface est abaissée à un seuil compris entre 0,5 et 4 hectares, fixé par département ou partie de département par le représentant de l'Etat ;

3° Dans les zones définies en application du 1° de l'article L. 126-1 du code rural et de la pêche maritime dans lesquelles la reconstitution des boisements après coupe rase est interdite ou

[42] *Ensemble des branches, des rameaux et du feuillage d'un arbre*

réglementée, ou ayant pour but une mise en valeur agricole et pastorale de bois situés dans une zone agricole définie en application de l'article L. 123-21 du même code ;

4° Dans les jeunes bois de moins de trente ans sauf s'ils ont été conservés à titre de réserves boisées ou plantés à titre de compensation en application de l'article L. 341-6 ou bien exécutés dans le cadre de la restauration des terrains en montagne ou de la protection des dunes. »



7.4.5 Inventaire insectes

7.4.5.1 Méthodologie de prospection

Les insectes et les reptiles ont été recherchés sur l'ensemble des sites par une prospection visuelle des habitats favorables, l'identification se faisant en vue rapprochée ou après capture/relâche au filet en cas de nécessité. Le relevé des orthoptères s'est également appuyé sur l'écoute des stridulations.

Limites des inventaires

Les limites méthodologiques liées aux prospections de terrain sont, d'une part le nombre de passages réalisés par site (un passage sur les sites à enjeu faible et deux passages sur les sites à enjeux avérés) qui contribue à ne fournir que des observations partielles quant à la richesse spécifique d'un milieu et d'autre part la date de ces passages centrés sur les mois de juillet à août. Ces mois sont considérés comme adaptés pour de nombreux groupes (et tout particulièrement les Orthoptères) mais négligent le printemps et le début de l'été qui constituent les périodes optimales d'observation de certains taxons comme les Rhopalocères précoces et les Reptiles.

7.4.5.2 Nomenclature utilisée

L'objectif principal des relevés est de recenser les espèces protégées (au niveau national ou régional pour les insectes) ou patrimoniales sur l'aire d'étude, ainsi que de localiser les habitats utilisés par ces espèces.

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Insectes	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 23 avril 2007 fixant les listes des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection	Arrêté du 22 juillet 1993 fixant la liste des insectes protégés en région Île-de-France et complétant la liste nationale

7.4.5.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.

Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

Les outils de bioévaluation sont très variables d'un groupe à l'autre. Le niveau de patrimonialité est généralement basé sur le croisement des statuts de rareté et de menace des différentes espèces.

En l'absence d'évaluation des statuts de rareté pour de nombreux groupes franciliens depuis la sortie du guide de modernisation des znieff en 2002, la patrimonialité donnée dans le chapitre « Bioévaluation » est une estimation à dire d'expert largement basée sur les publications suivantes (les références détaillées sont dans la partie bibliographie) :

a. *Orthoptères*

- Atlas des Orthoptères ; UEF, 2009 ;
- Atlas des Orthoptères et mantidés de France ; Voisin, 2003 ;
- Guide de modernisation des Znieff d'Île-de-France, 2002 ;
- Liste rouge des Orthoptères de France ; Sardet & Defaut 2004 ;
- Sardet, 2008 (Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques N°12) ;
- Liste des Orthoptères d'Île-de-France, version 2013, OPIE ;
- Diverses communications personnelles de M. Serge Gadoum.

b. Lépidoptères

- Les papillons de jour d'Ile-de-France et de l'Oise, Doux& Gibeaux, 2007 ;
- http://www.lepinet.fr/
- Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002)
- ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007)
- Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France

c. Odonates

- Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002)
- ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007)
- Liste des espèces SCAP (Stratégie de Création d'Aires Protégées) validée par la région Ile-de-France
- Liste rouge des Odonates de la région Île-de-France (autochtonie, rareté, fréquence et occupation), SFO/OPIE, 2013

7.4.6 Inventaire avifaune

7.4.6.1 Méthodologie de prospection

Afin d'évaluer la capacité d'accueil de l'aire d'étude pour les oiseaux nicheurs, des inventaires ponctuels ont été réalisés de manière à échantillonner l'ensemble des types de milieux présents. L'objectif principal était de contacter les espèces remarquables présentes sur l'aire d'étude et cibler les secteurs à enjeu de conservation.

Afin d'évaluer les cortèges des oiseaux nicheurs sur l'ensemble de la zone d'étude, des inventaires ponctuels inspirés des IPA ont été réalisés de manière à échantillonner l'ensemble des milieux présents.

Deux techniques de prospection complémentaires ont été utilisées au cours de ces inventaires :

- L'écoute des chants et cris des oiseaux à partir de parcours réalisés sur l'ensemble de l'aire d'étude (méthode semi-quantitative inspirée des IPA), dans les différents milieux naturels présents. L'observateur note également les différents contacts visuels qu'il peut effectuer ;

- Pour les oiseaux ne se détectant pas par le chant (rapaces et grands échassiers essentiellement), une prospection visuelle aux jumelles et à la longue vue.

Ces techniques doivent être pratiquées le matin à l'heure où les oiseaux sont les plus actifs. Elle a l'avantage de pouvoir être réalisée lors d'un seul passage (en général au mois de juin) par point d'écoute si les conditions météorologiques sont favorables (temps sec, vent faible).

Concernant l'inventaire des espèces précoces, telles que les pics, sur l'aire d'étude, un passage spécifique a eu lieu plus tôt en saison (entre mi-février et mi-avril). C'est, en effet, à cette période de l'année que certaines espèces affirment leur territoire. La méthode de la repasse a été employée. Elle a pour but d'identifier les espèces présentes et d'estimer le nombre d'individus présents sur l'aire d'étude et ses abords immédiats.

Les noms scientifiques et français utilisés dans cette étude proviennent de la « Liste officielle des Oiseaux de France », diffusée par la Commission de l'Avifaune Française en 2007.

Limites de la méthode pour l'inventaire des oiseaux

La méthode d'échantillonnage, assez efficace, n'est cependant pas applicable aux espèces nocturnes ou celles à grand territoire telles que les rapaces qu'il faut donc considérer à une autre échelle. Chez ces derniers, le nombre de couples est estimé à la vue ou à partir de trace sur les sites fréquentés (fientes, pelotes) et leur statut (nicheur, de passage) apprécié en fonction du comportement (vol battu direct, pompes ou orbes d'individus observées en plein ciel). La méthode des échantillonnages est également plus difficile à réaliser si la zone à couvrir comporte un relief trop accidenté.

Les dates d'inventaires sont calées de manière à prendre en considération la majeure partie des espèces d'oiseaux susceptibles d'occuper ou de survoler le site. Il reste néanmoins important de noter que les passages effectués ne permettent pas de prendre en compte toutes les espèces.

7.4.6.2 Nomenclature utilisée

Synthèse des textes de protection faune applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Oiseaux	Directive 2009/147/CE du 30 novembre 2009, dite directive « Oiseaux »	Arrêté du 29 octobre 2009 fixant la liste des oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département	(néant)

Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Oiseaux	Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Birds in Europe 2 (BirdLife International, 2004) Birds in the European Union – a status assessment (BirdLife, 2004)	Liste des espèces menacées en France, dans Oiseaux menacés et à surveiller en France, Liste rouge et priorité (YEATMAN-BERTHELOT D. & ROCCAMORA G. 1999) Rapaces nicheurs de France (THIOLLAY & BRETAGNOLLE, 2004) UICN France, MNHN, ONCFS & SEOF. 2011. La Liste rouge des espèces menacées en France, selon les catégories et critères de l'UICN. Chapitre Oiseaux nicheurs de France métropolitaine.	Liste des espèces déterminantes d'Ile-de-France (CSRPN/DIREN Ile-de-France, 2002) Les oiseaux d'Île-de-France – nidification, migration, hivernage (CORIF-Delachaux et Niestlé d'après Le Marechal, Laloi & Lesaffre, 2013) ORGFH Ile-de-France (DIREN Ile-de-France, 2007) Birard J., Zucca M., Lois g. et natureparif, 2012. Liste rouge régionale des oiseaux nicheurs d'Île-de-France. Paris. 72 p.

7.4.6.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège).). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

7.4.7 Inventaire amphibiens

7.4.7.1 Méthodologie de prospection

Les prospections ont été réalisées sur l'ensemble des habitats favorables à ces espèces, situés sur l'aire d'étude. Les individus ont été recensé et localisé les individus et les zones de pontes des différentes espèces, leurs territoires potentiels d'hivernage, et les éventuels axes de migrations présents sur le site d'étude.

Deux protocoles d'observation ont été utilisés :

- La détection directe

Ce terme regroupe toutes les procédures de détection visuelle et auditive.

La détection visuelle est appliquée aussi bien en milieu terrestre qu'en milieu aquatique. Sur les sites de reproduction, tous les stades de développement sont concernés (adultes, larves, œufs…).

De plus, certaines espèces utilisent des signaux sonores pour signaler leur position à leurs rivaux et aux femelles. Ces chants sont caractéristiques de chaque espèce et peuvent être entendus à grande distance d'un site de reproduction.

Outre l'inventaire des espèces présentes, l'arpentage du milieu terrestre organisé selon un itinéraire de recensement permet de mettre en évidence les voies de déplacements des animaux.

Les visites, nocturnes et diurnes, ont été réalisées à pied mais aussi en voiture.

- La capture en milieu aquatique

Une technique classique de capture est la pêche à l'épuisette, très utile dans des points d'eau turbides et/ou envahis de végétation. Cette technique, susceptible de perturber le milieu naturel, a été utilisée avec parcimonie. Les animaux capturés ont rapidement été libérés sur place.

Limites des inventaires

Le printemps 2014 n'a pas été très favorable aux amphibiens : temps sec et températures nocturnes relativement basses.

7.4.7.2 Nomenclature utilisée

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (http://www.lashf.fr/).

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Amphibiens	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département	(néant)

Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Amphibiens	2004 Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC et al., 2004)	Inventaire de la faune menacée en France (MNHN, 1994) Les Amphibiens de France, Belgique, Luxembourg (Duguet & Melki, 2003) Les Reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (Vachet JP. et Geniez M., 2010)	Liste des espèces déterminantes d'Île-de-France (CSRPN/DIREN Île-de-France, 2002) Massary J.-C. & Lescure J., 2006. Inventaire des Amphibiens et Reptiles d'Île-de-France. Bilan 2006. SHF. Région Île-de-France ORGFH Île-de-France (DIREN Île-de-France, 2007)

7.4.7.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

7.4.8 Inventaire reptiles

7.4.8.1 Méthodologie de prospection

Les reptiles sont recherchés sur l'ensemble des habitats favorables : lisières forestières, haies, talus, zones xérophiles, bords de points d'eau…

Les prospections consistent essentiellement en une recherche diurne à vue (et à l'ouïe) des reptiles, de préférence lors de journées couvertes mais chaudes et moites au printemps ou à la fin de l'été. Les reptiles sont diurnes mais il peut également être observé certains serpents de nuit, en été, principalement au niveau des zones humides.

Les reptiles ont tendance à rechercher, pour s'abriter ou réguler leur température interne, des refuges à la surface du sol (pierres plates, rochers, souches…). Ces micro-habitats ont été recherchés et inspectés sur le fuseau d'étude.

7.4.8.2 Nomenclature utilisée

La nomenclature utilisée provient du site internet de la Société Herpétologique de France (http://www.lashf.fr/).

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Reptiles	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 19 novembre 2007 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés sur l'ensemble du territoire Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département	(néant)

Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Reptiles	2004 Red List of threatened species – A global species assessment (UICN, 2004) Atlas of amphibians and reptiles in Europe (GASC et al., 2004)	Inventaire de la faune menacée en France (MNHN, 1994) Les Amphibiens de France, Belgique, Luxembourg (Duguet & Melki, 2003) Les Reptiles de France, Belgique, Luxembourg et Suisse (Vachet JP. et Geniez M., 2010)	Liste des espèces déterminantes d'Île-de-France (CSRPN/DIREN Île-de-France, 2002) Massary J.-C. & Lescure J., 2006. Inventaire des Amphibiens et Reptiles d'Île-de-France. Bilan 2006. SHF. Région Île-de-France ORGFH Île-de-France (DIREN Île-de-France, 2007)

7.4.8.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège).). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

7.4.9 Inventaire chiroptères

7.4.9.1 Méthodologie de prospection

Les enjeux chiroptères étant très limités sur le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, seule une recherche de gîte a été opéré sur le secteur de la gare de Noisy-Champs et de la Butte verte.

Les boisements de secteur ont été parcourus sur une bande de 100 m à la recherche de sujets favorables au gîte des chauves-souris. Il s'agit d'arbres présentant des cavités, des loges de pic, des décollements d'écorces et autres caries pouvant accueillir des chiroptères, en période hivernale et/ou estivale. Plusieurs éléments sont relevés sur le terrain comme :

- l'essence de l'arbre, son diamètre et sa hauteur ;
- le type de gîte (fissure, trou de pic, branche creuse, écharde cassée, écorce décollée…), son orientation et sa situation (dans les bois, en lisière, en berge de rivière ou en bord de chemin).

7.4.9.2 Nomenclature utilisée

Les critères utilisés pour définir le degré de potentialité sont :

- gîte faiblement potentiel : gîte favorable à la présence de chauves-souris mais aucune trace visible d'utilisation
- gîte moyennement potentiel : gîte très favorable à la présence de chauves-souris mais aucune trace visible d'utilisation
- gîte fortement potentiel : arbre avec traces visibles d'utilisation

Synthèse des textes de protection faune applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Mammifères dont les Chiroptères	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département.	

Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Mammifères dont les Chiroptères	The UICN red List of Threatened Species 2008 The Status and Distribution of European Mammals (Temple & Terry 2007)	La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Mammifères de France métropolitaine (MNHN, UICN, SFEPM & ONCFS 2009) « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)	Guide méthodologique pour la création de znieff en Île-de-France (DIREN 2002) Statuts départementaux des espèces *in* « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009) Plan Régional d'Actions en faveur des chiroptères en Île-de-France : 2012-2016 (BIOTOPE, 2011)

7.4.9.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège).). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

7.4.10 Inventaire mammifères

7.4.10.1 Méthodologie de prospection

Les observations ont été réalisées par les différents experts faunistes au cours de leurs prospections relatives aux autres groupes de faune.

L'inventaire des mammifères a été réalisé en utilisant deux techniques complémentaires :

- **Recherches d'indices de présence**

Les « indices de présence » sont autant de signatures laissées sur le terrain par une faune souvent très discrète et nocturne. Lors des reconnaissances et des investigations de terrain, les indices de présence sur chaque transect sont notés (dégâts sur les végétaux, indices sur les fruits et graines, indices sur les coquilles d'œufs, empreintes de pattes, traces de griffes, excréments, coulées, terriers et gîtes). Chaque indice est photographié et précisément localisé avec un GPS.

- **Observations directes**

Nos mammalogues mettront à profit sur le terrain leur connaissance de l'écologie et du comportement des grands mammifères (cerf, chevreuil, sanglier …) pour conduire des investigations de terrains qui leur permettront d'effectuer des contacts avec ces animaux. L'étude préalable sur fonds aériens des terrains d'investigation permettra une appréhension des zones de contacts potentiels avec les animaux permettant de cibler les prospections.

7.4.10.2 Nomenclature utilisée

Synthèse des textes de protection faune applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Mammifères dont les Chiroptères	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	Arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Arrêté du 9 juillet 1999 fixant la liste des espèces de vertébrés protégées menacées d'extinction en France et dont l'aire de répartition excède le territoire d'un département.	

Synthèse des outils de bioévaluation faune potentiellement applicables sur l'aire d'étude

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Mammifères dont les Chiroptères	The UICN red List of Threatened Species 2008 The Status and Distribution of European Mammals (Temple & Terry 2007)	La liste rouge des espèces menacées en France. Chapitre Mammifères de France métropolitaine (MNHN, UICN, SFEPM & ONCFS 2009) « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009)	Guide méthodologique pour la création de znieff en Île-de-France (DIREN 2002) Statuts départementaux des espèces *in* « Les Chauves-souris de France, Belgique, Luxembourg et Suisse » (Arthur & Lemaire 2009) Plan régional d'Action pour les chiroptères

7.4.10.3 Support de l'analyse des enjeux par espèce

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège).). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

7.4.11 Inventaire piscicole et expertise des berges

7.4.11.1 Méthodologie de prospection

Les résultats de cette étude sont essentiellement basés sur des observations de terrain réalisées au mois de juin 2014. Elles ont été complétées par les données bibliographiques.
L'expertise de terrain a été menée suivant les méthodes suivantes :

- Evaluation des potentialités d'accueil des cours d'eau ou fleuves expertisés;
- Recherche des frayères potentielles de bordure ;
- Observation des espèces à vue et capture éventuelle.

La recherche des habitats favorables sur les secteurs d'étude a présenté certaines limites en raison de l'existence de turbidité des eaux sur certains secteurs, ce qui rend la définition du substrat difficile, ainsi que l'identification des massifs d'herbiers aquatiques et l'observation de la faune aquatique. La prospection s'est donc déroulée par l'analyse de secteurs clefs (points d'observation) accessibles.

La définition des zones d'accueil, et notamment des zones potentielles de frayères, pour les différentes espèces présentes reste donc globale, et est basée sur l'évaluation de la qualité écologique générale des milieux.

7.4.11.2 Nomenclature utilisée

a. <u>Statut de protection</u>

En droit européen comme en droit français, le statut de protection des poissons est très variable selon les espèces.

Certaines espèces comme l'Esturgeon (*Acipenser sturio*) et l'Apron (*Zingel asper*) bénéficient d'une protection stricte, incluant celle de leurs « sites de reproduction et aires de repos », au titre de la directive européenne 92/43/CEE du 21 mai 1992 (dite directive « Habitats / Faune / Flore »). Cette protection du « milieu particulier » est reprise en droit français pour les deux espèces citées (arrêté du 20 décembre 2004).

Certains autres poissons peuvent bénéficier, en droit français, de la protection de leurs « milieux particuliers, et notamment [de leurs] lieux de reproduction », ces derniers devant au préalable être désignés dans le cadre d'un arrêté préfectoral (arrêté du 8 décembre 1988). C'est le cas par exemple de certaines zones humides dites d'intérêt environnemental particulier, dont le régime de submersion permet la reproduction d'espèces piscicoles menacées telles que le brochet. Il est d'ailleurs à noter qu'à l'échelon national, les deux tiers des poissons consommés sont dépendants de ces milieux associés au réseau hydrographique pour leur reproduction ou leur développement (Commissariat Général du Plan, 1993).

	Niveau européen	Niveau national	Niveau régional et/ou départemental
Ichtyofaune	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive Habitats : articles, annexe II, annexe IV Directive2006/44/CE DU 6 septembre 2006 concernant la qualité des eaux douces ayant besoin d'être protégées ou améliorées pour être aptes à la vie des poissons Règlement (CE) N° 1100/2007 du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes	Arrêté du 4 décembre 2012 établissant la liste des cours d'eau mentionnée au 2° du I de l'article L.214-17 du code de l'environnement sur le bassin Seine-Normandie Décret du 22 septembre 2010 relatif à la gestion et à la pêche de l'anguille Décret du 25 mars 2008 relatif aux frayères et aux zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole, Décret du 14 décembre 2007 relatif aux obstacles à la continuité écologique, au sens du 1° du I de l'article L. 214-17 et de l'article R. 214-1 Arrêté du 20 décembre 2004 relatif à la protection nationale de l'esturgeon. Arrêté du 08 décembre 1988 fixant la liste des poissons protégés sur l'ensemble du territoire	(néant)

La protection des habitats reste donc la priorité en matière de protection des espèces piscicoles et de leur devenir. Le décret du 25 mars 2008 relatif aux frayères et aux zones de croissance et d'alimentation de la faune piscicole fixe d'ailleurs que « le fait de détruire les frayères ou les zones de croissance ou d'alimentation de la faune piscicole est puni de 20 000 euros d'amende, à moins qu'il ne résulte d'une autorisation ou d'une déclaration dont les prescriptions ont été respectées ou de travaux d'urgence exécutés en vue de prévenir un danger grave et imminent ».

☞ Dans tous les cas, l'implication réglementaire peut être forte pour un projet d'aménagement.

b. <u>Statut de rareté / menace des espèces</u>

Les listes d'espèces protégées ne sont pas nécessairement indicatrices du caractère remarquable des espèces. Si pour la flore les protections légales sont assez bien corrélées à leur statut de conservation, aucune considération de rareté n'intervient par exemple dans la définition des listes d'oiseaux protégés.
Cette situation amène à utiliser d'autres outils de bioévaluation, établies par des spécialistes, pour évaluer la rareté des espèces présentes (voir tableau ci-après et bibliographie) : listes rouges, synthèses régionales ou départementales, littérature naturaliste... Elles rendent compte de l'état des populations d'espèces dans le secteur géographique auquel elles se réfèrent : l'Europe, le territoire national, une région, un département. Ces listes de référence n'ont pas de valeur juridique.

	Niveau européen	Niveau national	Niveau local

Ichtyofaune	Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992, dite directive « Habitats / Faune / Flore », articles 12 à 16	MNHN, 1994 - Inventaire de la faune menacée en France, MNHN, 1997 - Statut de la faune de France métropolitaine, KEITH & ALLARDI, 2001 - Atlas des poissons d'eau douce de France. KEITH & MARION, 2002 – Methodology for drawing up a Red list oh threatened freshwater fish in France. P. KEITH, H. PERSAT, E. FEUNTEUN & J. ALLARDI (coord.), 2011 - Les poissons d'eau douce de France	Liste des espèces déterminantes de ZNIEFF (guide DIREN IDF 2002)

7.4.11.3 Support de l'analyse des enjeux

Dans le cadre de cette étude réglementaire, une évaluation des enjeux de préservation du patrimoine naturel sur l'aire d'étude a été réalisée. La méthodologie employée est détaillée en annexe ; elle n'intègre aucune considération de statut réglementaire.
Chaque niveau d'enjeu est associé à une portée géographique indiquant le poids de l'aire d'étude, ou d'un secteur de celle-ci, en termes de préservation de l'élément considéré (espèce, habitat, habitat d'espèce, groupe biologique ou cortège). L'échelle retenue est présentée en début d'annexe.

7.4.12 Méthodologie appliquée aux services écosystémiques et limites

7.4.12.1 Échelles de travail

Dans le cadre de cette étude, l'échelle de travail inclue le fuseau d'étude, zone tampon large de 500 m de part et d'autre des différents tracés potentiels du métro, incluant les éléments connexes (gares, ateliers de maintenance, etc.,).

7.4.12.2 Typologie retenue pour l'occupation du sol

La première étape de ce travail a consisté à lister les différents types d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude. Une typologie d'occupation des sols a été réalisée sur la base des données issues des couches d'occupation du sol produites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU-Île-de-France) :

- Le MOS 47 postes, cartographie détaillée du mode d'occupation des sols axée sur l'urbanisation (version réactualisée en 2008) ;

- L'ECOMOS, cartographie des milieux naturels basée sur la réinterprétation des postes « naturels » du MOS, de façon à créer une couche compatible avec ce dernier (version unique de 2000).

Certains milieux (ou postes du MOS et de l'ECOMOS) présentant le même fonctionnement ont été regroupés. Les milieux ne produisant ni biens ni services écosystémiques ont été supprimés (ex : habitats, commerces, gares routières, zones de chantier, …). Le tableau de correspondance entre les intitulés du MOS/ECOMOS et la typologie utilisée pour l'étude des services écosystémiques est présenté ci-dessous.

Correspondance entre les intitulés des postes du MOS (47 postes, 2008), de l'ECOMOS (2000) et la typologie utilisée pour l'étude des services écosystémiques (SE)

Source	Typologie des milieux (semi)naturels présents dans le fuseau d'étude selon le MOS 47 postes (2008) et l'Ecomos (2000)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par sous-catégories)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par catégories)
Ecomos	Feuillus sur sable	Espaces boisés	Milieux forestiers
Ecomos	Forêt mélangée mésophile	Espaces boisés	Milieux forestiers
MOS 47	Bois ou forêts	Espaces boisés	Milieux forestiers
Ecomos	Feuillus xéro à mésophile	Espaces boisés	Milieux forestiers
Ecomos	Prébois calcicole	Espaces boisés	Milieux forestiers
Ecomos	Forêt mélangée sur platière ou chaos gréseux	Espaces boisés	Milieux forestiers
MOS 47	Coupes ou clairières en forêts	Espaces boisés	Milieux forestiers
Ecomos	sol nu, décapé	Espaces boisés	Milieux forestiers
MOS 47	Peupleraies	Plantations	Milieux forestiers
Ecomos	Peupleraie	Plantations	Milieux forestiers
Ecomos	Résineux	Plantations	Milieux forestiers
Ecomos	Forêt marécageuse	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Feuillus humides	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Prairie humide	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Roselière	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Mégaphorbiaie	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Autre type de zone humide intérieure	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Mouillère	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Zone marécageuse avec saules	Zones humides	Milieux aquatiques
Ecomos	Tourbière	Zones humides	Milieux aquatiques
MOS 47	Eau	Eau	Milieux aquatiques
Ecomos	Plan d'eau avec végétation aquatique	Plans d'eau	Milieux aquatiques
Ecomos	Plan d'eau permanent libre	Plans d'eau	Milieux aquatiques
Ecomos	Plan d'eau avec nénuphar	Plans d'eau	Milieux aquatiques
MOS 47	Surfaces en herbe à caractère agricole	Cultures	Milieux agricoles
MOS 47	Terres labourées	Cultures	Milieux agricoles
Ecomos	Culture à gibier + parcelle boisée	Cultures	Milieux agricoles
MOS 47	Cultures intensives sous serres	Cultures intensives	Milieux agricoles
MOS 47	Maraîchage, horticulture	Cultures spécialisées	Milieux agricoles
MOS 47	Jardins familiaux	Jardins familiaux	Milieux agricoles
Ecomos	Verger non entretenu	Vergers	Milieux agricoles
Ecomos	Verger en friche	Vergers	Milieux agricoles
MOS 47	Vergers, pépinières	Vergers	Milieux agricoles
MOS 47	Jardins de l'habitat	Jardins	Parcs et jardins
MOS 47	Parcs liés aux activités de loisirs	Parcs urbains	Parcs et jardins

Source	Typologie des milieux (semi)naturels présents dans le fuseau d'étude selon le MOS 47 postes (2008) et l'Ecomos (2000)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par sous-catégories)	Typologie retenue pour l'étude des SE (par catégories)
Ecomos	Formations multistrates liées aux infrastructures ou installations	Parcs urbains	Parcs et jardins
MOS 47	Parcs ou jardins	Parcs urbains	Parcs et jardins
Ecomos	Végétation clairsemée	Friches	Milieux ouverts
	Friche herbacée	Friches	Milieux ouverts
Ecomos	Friche sur ancienne terre agricole	Friches	Milieux ouverts
Ecomos	Pelouse en carrière	Prairies	Milieux ouverts
Ecomos	Affleurement rocheux ou sableux	Prairies	Milieux ouverts
Ecomos	Pelouse calcaire	Prairies	Milieux ouverts
Ecomos	Pelouse sur sable	Prairies	Milieux ouverts
MOS 47	Surfaces en herbe non agricoles	Prairies	Milieux ouverts
Ecomos	Prairie mésophile	Prairies	Milieux ouverts
MOS 47	Terrains vacants	Terrains vacants	Milieux ouverts
MOS 47	Vacant rural	Vacants ruraux	Milieux ouverts

Les libellés de cette nouvelle typologie ainsi que leurs définitions sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Typologie générale retenue pour l'occupation du sol (définitions adaptées au contexte de l'étude)

Milieux	Sous-catégories	Définition
Milieux forestiers	**Espaces boisés**	Forêts, coupes ou clairières en forêt et sols à nu décapés.
	Plantations	Plantations de peupleraies et de résineux.
Milieux aquatiques	**Zones humides**	Etendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée.
	Eau	Tous cours d'eau permanents sans restriction de largeur maximum.
	Plans d'eau	Plans d'eau permanents libres et plans d'eau avec végétation aquatique..
Milieux agricoles	**Cultures**	Surfaces en herbe à caractère agricole. Terres labourées comprenant toutes formes de cultures annuelles, à l'exclusion des maraîchages et des cultures florales. Cultures à gibier et leurs parcelles boisées associées.
	Cultures intensives	Toutes cultures sous serres, châssis ou arceaux.
	Cultures spécialisées	Maraîchage et horticulture. Cultures intensives annuelles de plein air, cultures légumières de plein champ, maraîchages sans serres, ni châssis, cultures florales, …
	Jardins familiaux	Jardins, vergers, potagers sur des parcelles indépendantes de l'habitat d'usage familial et non de production agricole.
	Vergers	Toutes cultures fruitières de plus de 1000 m² homogènes et de production commerciale. La vigne est classée dans cette catégorie.
Milieux ouverts	**Friches**	Végétation clairsemée, friche herbacée, friche sur ancienne terre agricole.
	Prairies	Surfaces en herbe non agricoles associées aux infrastructures, aux terrains de manœuvre militaires, aux abords des pistes d'aérodromes, aux couloirs des lignes à haute tension, aux châteaux et similaires. Pelouse en carrière, pelouse calcaire, mésophiles ou herbacée.
	Vacant rural	Carrières abandonnées, terrains de manœuvres, vergers abandonnés, emprise de déboisement des lignes électriques.
	Terrains vacants	Terrains vagues en milieu urbain, terrains libres et non bâtis.
Parcs et jardins	**Jardins**	Jardins d'agrément, potagers ou vergers liés à l'habitat individuel ou rural, d'une superficie inférieure à 5000 m² et supérieure à 1000 m² environ par parcelles. Les jardins hors agglomération avec abris, cabane, etc. sont classés dans ce thème.
	Parcs et jardins[43]	Parcs et jardins (publics ou privés) dont la superficie est supérieure à environ 5000 m². Parcs liés aux activités de loisirs (parcs animaliers, zoos, parcs d'attractions, centres de loisirs sans hébergement), formations multi strates liées aux infrastructures ou installations.

7.4.12.3 Identification des services écosystémiques

Dans le cadre de cette étude, 15 services écosystémiques ont été identifiés dans le périmètre d'étude.

> ☞ Cette liste ne prétend pas être exhaustive car certains services sont parfois difficiles à qualifier ou sont parfois même contestés (voir méthodologie du rapport de l'étude globale pour plus de précisions).

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. Le tableau suivant présente le lien établi entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

> ☞ Le lien entre milieux et services, présenté dans le tableau qui suit, permet une automatisation des résultats. Néanmoins, les milieux d'une même sous-catégorie peuvent apporter des services légèrement différents (par exemple, la chasse n'est pas pratiquée dans tous les espaces boisés, …). Ceci sera détaillé lors de l'étude précise des impacts (voir section suivante).

[43] *Certains parcs urbains sont caractérisés par la présence d'espaces boisés ou prairiaux. Lorsque ces entités sont de taille importante, leur superficie a été comptabilisée dans les catégories « Milieux forestiers » ou « Milieux ouverts ». La superficie des parcs urbains caractérisée par le MOS peut donc être inférieure à la surface réelle de ces parcs.*

Lien entre les milieux (semi)naturels et les services écosystémiques

Services écosystémiques / Milieux		Milieux forestiers		Milieux aquatiques			Milieux agricoles					Parcs et jardins		Milieux ouverts			
		Espaces boisés	Plantations	Zones humides	Eau	Plan d'eau	Cultures	Cultures intensives	Cultures spécialisées	Jardins familiaux	Vergers	Jardins	Parcs urbains	Friches	Prairies	Terrains vacants	Vacant rural
APPROVISIONNEMENT	Production agricole						■	■	■		■						
	Cueillette terrestre									■							
	Récolte de bois	■	■														
REGULATION	Ecrêtement des crues			■		■								■	■	■	■
	Soutien d'étiage			■	■	■											
	Autoépuration de l'eau			■	■	■											
	Purification de la qualité de l'air	■	■	■							■	■	■				
	Régulation du climat global	■	■								■		■				
	Régulation du climat local	■	■								■	■	■				
	Contribution à la pollinisation											■	■	■	■	■	■
SOCIO-CULTUREL	Paysage	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Chasse	■		■	■	■											
	Pêche de loisir			■	■	■											
	Sports de nature	■		■	■	■							■	■	■	■	■
	Tourisme et loisirs de nature	■		■	■	■							■				

7.4.12.4 Evaluation des enjeux

Les surfaces des milieux naturels et semi-naturels[44] au sein de la Ligne 15 Ouest ont été calculées par traitement SIG du MOS 47 postes (2008) et de l'ECOMOS (2000). La correspondance entre les milieux (semi)naturels et les services écosystémiques rendus permet ensuite d'en déduire les superficies en milieux (semi)naturels à l'origine des différents services écosystémiques[45].

7.4.12.5 Evaluation des impacts liés au projet

Pour ce projet, deux types d'impact ont été analysés :

- Les **impacts liés à la phase de construction** du métro (phase chantier), c'est-à-dire les impacts temporaires liées aux gares et ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier) ;

- Les **impacts liés à la phase d'exploitation** du métro, c'est-à-dire les emprises au sol permanentes des gares et des ouvrages annexes (puits de ventilation, accès pompier). L'emprise au sol des entrées de gares n'étant pas sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris (SGP), elle n'a pas été prise en compte dans cette étude.

De même que pour l'évaluation des enjeux, les surfaces des milieux (semi)naturels impactées en phase chantier ou d'exploitation ont été calculées et mises en relation avec les différents services écosystémiques produits par ces mêmes milieux.

7.4.12.6 Services de régulation et quantification

La quantification des services écosystémiques nécessite un certain nombre de données qu'il n'a pas toujours été possible de réunir dans le cadre de cette étude. Il s'agit notamment de données issues d'études de fréquentation et de perception, de données biologiques (nombre d'arbres, capacité d'épuration d'une zone humide etc.), etc.… Lorsque ces informations ne sont pas disponibles, elles nécessitent notamment la mise en œuvre d'enquêtes auprès des usagers ou des expertises de terrain qu'il n'a pas été possible de réaliser dans le cadre de cette étude.

Seule la quantification des services écosystémiques impactés par le projet est précisée dans la présente étude.

<u>Service d'écrêtement des crues</u>

Associé à une absorption des crues par un ralentissement de leur vitesse et une augmentation du temps de résidence des eaux, la quantification de ce service correspond à une estimation du volume d'eau potentiellement stocké par les milieux (semi)naturels en période de crue. Ce volume est approché grâce à la connaissance de la hauteur des lames d'eau observées lors de crues précédentes (1910 est classiquement la crue de référence) renseignées et géolocalisées par le PPRI d'Ile-de-France. Ce renseignement est alors croisé sous SIG avec la localisation des milieux (semi)naturels participants au service d'écrêtement des crues :

$$V_{eau} = \sum_{Hauteurs\ de\ lame\ d'eau} Surfaces\ milieux\ (semi)naturels * Hauteur\ de\ lame\ d'eau\ correspondante$$

[44] Par souci de concision, l'intitulé milieux (semi)naturels sera utilisé dans le reste du document.
[45] A l'échelle de la Ligne Rouge Ouest et comme précisé dans le paragraphe précédent, la correspondance entre milieu et service est systématiquement détaillée.

Service de soutien d'étiage

L'analyse de ce service nécessite la connaissance de la capacité de stockage d'eau par les milieux participant à ce service, donnée n'ayant pu être acquise dans le cadre de cette étude. L'étude de ce service reste donc qualitative.

Service d'autoépuration des eaux

L'analyse de ce service nécessite des données précises sur les capacités épuratoires des milieux (en particulier capacité d'épuration du nitrate), données qui n'ont pu être acquises dans le cadre de cette étude. L'étude de ce service restera qualitative. Malgré tout, la prise en compte de ce service ne doit pas être négligée dans un contexte où l'augmentation de la population nécessite d'accroître en parallèle les capacités d'épuration des installations (STEP, lagunage, etc.). L'étude de ce service reste donc qualitative.

Service de purification de la qualité de l'air

Les méthodes de quantification et de monétarisation les plus robustes de ce service se basent sur une estimation de la quantité de poussières et contaminants capturés par chaque arbre (Beauchamp E.M. *et al*, 1995, Biotope & Ecowhat, 2011 et Dwyer J.F. *et al*., 1992). Ces méthodes nécessitent donc la connaissance du nombre d'arbres présents sur l'aire d'étude. Cette donnée n'ayant pu être acquise dans le cadre de cette étude[46], l'étude de ce service reste donc qualitative.

Service de régulation du climat global

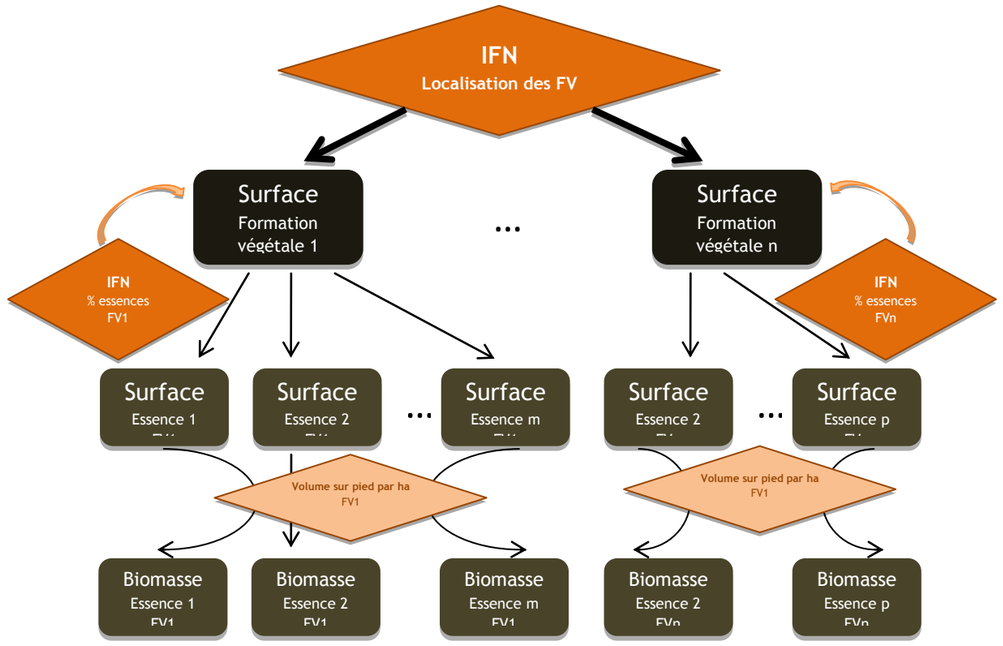
La quantification du service de régulation du climat global porté par les espaces boisés est basée sur une estimation du stockage de carbone assuré par ces milieux.

La quantification de ce service demande plusieurs étapes :

1. Estimation de la surface puis de la biomasse sur pied des milieux boisés par essence et par type de formations végétales : ces estimations sont réalisées sur la base de la localisation des différents types de formations végétales (données disponibles sur le portail cartographique de l'IFN), de la connaissance de la proportion des essences au sein de chaque formation végétale (FV) et de la connaissance du volume sur pied par hectare et par type de formation végétale (données départementales issues des inventaires forestiers départementaux réalisés par l'IFN) :

$$Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i,\ FV\ j} = Surface\ boisée_{Essence\ i} * Volume\ sur\ pied\ par\ hectare_{FV\ j}$$

[46] Les données SIG « Ecoline » produites par l'IAU-IDF et Natureparif contiennent cette information à une échelle très précise (1/1 000e) mais couvrent principalement la grande couronne et ne recoupe quasiment pas la Ligne Rouge Ouest.



Légende : se référer à la figure précédente. **IFN** **FV**

Quantification de la biomasse fournie par les espaces boisés pour le service de régulation du climat global au sein de la Ligne 15 Ouest

- Calcul de la biomasse sur pied par essence :

$$Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i} = \sum_{FV\ j} Biomasse\ sur\ pied_{Essence\ i,FV\ j}$$

- Estimation du nombre de tonnes de bois des milieux boisés :

$$Nombre\ de\ tonnes\ de\ bois = \sum_{Espèce\ i} Biomasse_{Espèce\ i} * Densité_{Espèce\ i} * 1{,}28$$

Le coefficient multiplicateur de 1,28 correspond à un facteur d'expansion des racines pour les feuillus (J-L. DUPOUEY, 2006).

- Estimation du nombre de tonnes de carbone grâce à la connaissance de la concentration en carbone d'un arbre : 47,5% (J-L. DUPOUEY*, 2006*);

- Estimation du nombre de tonnes de CO_2 séquestrées, sachant qu'une tonne de carbone correspond à 3,7 tonnes de CO_2[47].

[47] *1 mole de CO_2 = 44 g et 1 mole de C = 12g. Une tonne de C stockée équivaut donc à environ 3,7 tonnes de CO_2 stockées.*

Certains milieux arborés du fuseau d'étude ne sont pas compris dans les données issues de l'IFN (parcs urbains de petites tailles notamment). Ils participent pourtant au service de régulation du climat global et représentent une superficie non négligeable. Néanmoins, leur analyse ne peut suivre le schéma précédent. Dans ces conditions, la méthode du transfert de valeur est utilisée pour ces milieux : la quantité de CO_2 séquestrée (t/ha) déterminée sur les milieux renseignés par l'IFN est appliquée à la surface des milieux qui ne le sont pas. Cette surface est par ailleurs pondérée par un taux de recouvrement du sol de 30 %[48].

Service de régulation du climat local

Les espaces verts ont un impact sur le microclimat en réduisant la vitesse du vent en hiver et en produisant de l'ombre l'été. Proches des habitations, ils permettent ainsi de diminuer la consommation d'énergie pour le chauffage et la climatisation. Selon une étude réalisée par McPherson et Simpson (2003), les espaces verts constituent un brise-vent qui permet des économies de chauffage potentielles de 10 à 12 %. Par ailleurs, Heisler (1986) évalue une diminution des coûts liés à la climatisation de 20 à 50 % grâce à la présence d'arbres à proximité des habitations. Néanmoins, dans le cadre de cette étude, les données nécessaires à la quantification de ce service n'ont pu être acquises et l'étude de ce service restera qualitative.

7.4.12.7 Services socioculturels et quantification

Services socioculturels rendus par les parcs et les milieux boisés

La quantification des services socioculturels est habituellement approchée par des données de fréquentation (nombre de visiteurs/an) dans les parcs et espaces boisés, données disponibles lorsque des études spécifiques ont été réalisées. Néanmoins, les données de fréquentation ne sont pas disponibles pour l'ensemble des parcs et espaces boisés du fuseau d'étude.

Pour pallier à ce manque de données, la quantification a été approchée par un autre indicateur : celui de la densité d'espace vert par habitant. Il permet d'évaluer l'offre en espaces verts disponible par habitant au sein d'une commune. La circulaire ministérielle du 8 février 1973, qui fixe les objectifs et les moyens réglementaires et fonciers dans la mise en œuvre d'une politique d'espaces verts en Ile-de-France, les définit comme des « *équipements d'intérêt public* ». Elle préconise une densité d'espaces verts de 10m²/hab en zone centrale et de 25m²/hab en zone périurbaine. Ces objectifs sont aujourd'hui préconisés par l'OMS et correspondent à des valeurs de référence dans la présente étude.

Les superficies d'espaces verts dans les communes concernées par le projet sont extraites à partir du MOS 47 postes[49] (2008) et ont été calculées avant-projet (valeur de référence), pendant (prise en compte de la diminution de superficie en espaces verts par les emprises chantiers) et après projet (prise en compte de la diminution de superficie en espaces verts par les emprises permanentes). Le nombre d'habitants des différentes communes a été extrait du recensement de la population de 2011 (selon les limites territoriales au 1er janvier 2013) réalisé par l'INSEE. La densité d'espaces verts (EV) par habitant a été déduite de ces deux données :

$$Densité\ d'EV_{Commune\ i} = \frac{Superficie\ EV_{Commune\ i}}{Nombre\ habitants_{Commune\ i,2009}}$$

[48] *Coefficient arbitrairement choisi par photo-interprétation.*
[49] *Les espaces verts considérés dans l'étude correspondent aux postes « Bois ou forêt » et « Parcs ou jardins » du MOS 47 postes.*

7.4.12.8 Limites de la méthode

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet sont assortis d'un certain nombre de limites et incertitudes. Du fait de l'ampleur spatiale du projet, du manque de données chiffrées sur le territoire d'étude et de la fragilité actuelle des connaissances sur la dynamique des écosystèmes et de leur relation avec les services rendus, la quantification de certains services reste délicate. Un indicateur surfacique (superficie des milieux impactés) a donc été utilisé pour évaluer l'impact potentiel du projet du Grand Paris sur les services écosystémiques. Cette méthode assume un poids similaire entre services et sous-entend une relation linéaire entre la superficie d'un milieu et les enjeux associés aux services qu'il rend.

Concernant la quantification des **services socioculturels liés aux parcs urbains et espaces boisés** *via* l'indicateur de densité d'espaces verts par habitant, les projets d'aménagement d'espaces verts en cours ou à venir (notamment la création d'espaces verts aux abords des gares liées au projet de métro du Grand Paris) n'ont pas été pris en compte dans cette analyse. Par ailleurs, la densité en espaces verts par habitant, calculée sur la base de la population de 2011 et de la superficie en EV de 2008 est basée sur l'hypothèse qu'il n'y a eu aucune variation significative en 3 an.

7.4.13 Limites liées à la méthode de travail

7.4.13.1 Etude des continuités écologiques

L'étude des continuités écologiques a reposé sur l'analyse réalisée dans le cadre de l'ESE. Une partie du travail d'analyse de la situation initiale a consisté en une identification des continuités écologiques du territoire d'étude, à l'aide d'une méthodologie de travail basée sur l'utilisation du MOS[50] 2008 et de l'ECOMOS 2000. Ce travail a été mis en perspective avec les réservoirs de biodiversité identifiés par la DRIEE et Natureparif ainsi que l'intégration du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE, documents de l'enquête publique disponibles en ligne).

Les corridors repérés n'ont par exemple, pas fait l'objet de vérification de terrain.

7.4.13.2 Impacts cumulés

Pour des raisons pratiques, la liste des projets étudiés pour cette analyse correspond à des projets considérés comme suffisamment avancés dans leurs études réglementaires et/ou autorisations de l'autorité environnementale.

A ce stade, l'analyse des projets potentiellement en interaction a permis de lister les impacts cumulés potentiels, mais l'évaluation précise des effets nécessiterait des études complémentaires à des stades de définition des projets plus précis.

7.4.13.3 Evaluation du niveau d'impact et du niveau d'enjeux

Compte tenu du niveau de précision du projet, une part de subjectivité réside dans les évaluations du niveau d'impact. L'utilisation de critères quantitatifs tels que le nombre et les types de zonage, les espèces en présence et leur statut pour les enjeux ou les surfaces impactées permettent de limiter cet effet.

7.4.13.4 Effets visuels des ouvrages permanents

A ce stade de l'étude, les projets urbains des gares ainsi que les émergences éventuelles des ouvrages annexes sont en cours de définition. Aussi, il n'a pas été possible d'évaluer avec précision les effets visuels sur les monuments historiques à proximité. Une analyse est proposée et des recommandations sont formulées.

---

[50] *Mode d'Occupation des Sols (IAURIF)*

7.5 Population, emploi et occupation du sol

7.5.1 Méthodologie

Les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en situation avec projet et sans projet (situation « référence »), ont été définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière.

Pour évaluer les besoins en surface nécessaires à l'accueil des populations nouvelles, les ratios suivants ont été utilisés de manière uniforme sur l'ensemble du territoire d'étude :

20m²SHON/emploi ;

30m²SHON/habitant.

Ces ratios définissent respectivement la surface moyenne attribuée par emploi et par habitant, exprimée ici en mètres carrés de Surface Hors Œuvre Nette (SHON).

Pour le logement, le ratio retenu se base notamment sur la moyenne des tendances annuelles d'évolution (croissante) entre 2005 et 2030 de la surface habitable par personne estimées par l'IAURIF[51]. En supposant une moyenne de 2.3 personnes par logement[52], cela revient à considérer une surface moyenne de 70m² SHON par logement.

Pour l'emploi, les surfaces moyennes par employé varient fortement selon le secteur d'activité concerné et il est très difficile d'estimer, d'ici à l'horizon du projet, l'évolution de cette surface moyenne. Ce, d'autant plus que les hypothèses d'évolution de l'emploi fournies par le Maître d'Ouvrage ne distinguent pas ces différentes catégories socioprofessionnelles. Dès lors, par souci de précaution, il a été jugé utile d'augmenter le ratio qui avait été utilisé lors de l'évaluation stratégique environnementale (à savoir 12m²SHON/emploi) et de le porter à 20m²SHON/emploi.

En multipliant ces ratios par les estimations d'évolution de la population et de l'emploi, il a été possible d'évaluer les surfaces supplémentaires nécessaires pour accueillir ces populations et ces emplois.

Il faut bien distinguer les notions de « surfaces hors œuvre nettes (SHON) », qui désigne les surfaces de plancher à construire des « surfaces au sol » nécessaires à l'accueil des dites SHON : un besoin plus important en surfaces nouvelles ne signifie pas forcément une consommation supérieure d'espaces naturels et agricoles. Cette consommation sera également fonction de la densité utilisée pour la construction de ces surfaces et, donc, du coefficient d'occupation du sol utilisé.

Une fois les surfaces SHON déterminées, il faut donc se poser la question suivante : *de quelle manière ces surfaces supplémentaires peuvent-elles être créées selon le lieu et selon le scénario étudié.* La démarche suivie pour répondre à cet objectif s'appuie sur la définition d'un niveau d'augmentation potentielle du COS[53] actuel d'ici à l'horizon de projet, appelé « $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ ». Les hypothèses de construction/densification qui en découlent ont été implémentées dans une boîte à outils basée sur l'utilisation d'un Système d'Information Géographique.

Concrètement, un $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ a été appliqué à chaque poste densifiable/urbanisable du MOS francilien actuel, pour chaque scénario, et différencié selon :

- la **nature du MOS** qui détermine les caractéristiques architecturales ou urbaines de l'entité et, donc, sa capacité de densification[54]

- la **localisation par rapport à un arrêt de transport en commun** (critère utilisé uniquement pour les scénarios projet) : futures gares du métro du Grand Paris Express, mais également les gares de métro, de RER, de Transilien et de Tramway dont l'accessibilité augmentera fortement grâce à la mise en œuvre du projet. Les critères croisés et pris en compte sont les suivants :
  - un critère qualitatif, qui représente la qualité de la desserte TC de l'arrêt concerné en termes de fréquence et de nombre de lignes le desservant : la *typologie de l'arrêt de transport en commun* ; soit A, B, ou C[55].
  - un critère plus quantitatif, qui fournit une information supplémentaire sur l'offre TC disponible à l'arrêt à l'horizon de projet : *le gain, en termes de temps de parcours en transport en commun à destination du reste de l'Île-de-France*, que la mise en œuvre du projet va permettre de créer à chaque arrêt comparativement à une situation sans projet (référence). Ce critère est ventilé en 3 catégories : 0 (gains considérés « négligeables »), 1 (gains d'accessibilité « moyens ») et 2 (« élevés »).
  - Les *périmètres d'influence*[56] de chaque arrêt : un « périmètre de référence » de 500 mètres (l'équivalent d'une zone d'accessibilité de 6 minutes à pieds) et un « périmètre rapproché » de 2 kilomètres (zone d'accessibilité en vélo).

L'application d'un $\Delta COS_{2005\text{-}2030}$ à chaque poste densifiable/urbanisable du MOS francilien actuel, prenant en compte la densité supplémentaires rendue possible grâce à la mise en œuvre d'une infrastructure de transport d'une envergure telle que celle du métro du Grand Paris Express, a permis d'obtenir une estimation des surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir les nouvelle populations et emplois d'ici à l'horizon de projet.

7.5.2 Limites

Les cadrages socio-démographiques utilisés ont été établis pour apprécier les effets prévisionnels du projet, tant à l'échelle globale de la région Ile-de-France qu'à celle du territoire desservi par le tronçon « Ligne 15 Sud », en matière d'occupation du sol, mais aussi en matière de mobilité et de qualité de l'air. Ces hypothèses d'évolution démographiques n'ont donc pas vocation à être considérées comme des objectifs d'aménagement officiels. Elles ont été construites dans un objectif stratégique, afin d'alimenter l'exercice d'estimation des impacts du projet et les chaînes de modélisation des outils utilisés, et non directement prospectif. S'agissant plus particulièrement de l'occupation du sol, il est nécessaire de garder à l'esprit que le choix des hypothèses d'entrée peut avoir des conséquences significatives sur les résultats obtenus dans l'étude d'impact environnemental, qui devront en tout état de cause être confrontés aux politiques d'aménagement mises en œuvre par les collectivités locales.

Pour les mêmes raisons, le niveau de définition stratégique des projections utilisées en matière de population et d'emploi n'a pas permis une analyse fine des effets du projet sur la démographie et l'économie franciliennes (par exemple : effets sur les caractéristiques des ménages, les secteurs d'activités des emplois, etc.). Des éclairages complémentaires sur les incidences du projet en termes de localisation des emplois, de productivité des entreprises ou encore de bilan social et

---

[51] Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008
[52] Source : chiffre INSEE, 2008, pour la région Ile-de-France
[53] Le Coefficient d'Occupation du Sol (COS) détermine la quantité de construction admise sur une propriété foncière en fonction de sa superficie. Multiplié par la superficie du terrain, il donne la Surface Hors Œuvre Nette (SHON) constructible sur celui-ci.

[54] Voir, à ce sujet, le rapport de phase 2 de l'évaluation stratégique environnementale du projet de métro automatique du Grand Paris, page 280 (Société du Grand Paris, 2010)
[55] Les gares de type A sont les gares les mieux desservies ; celles de type C sont les gares les moins bien dotées au niveau fréquence et nombre de lignes. Les gares de type B se situent naturellement entre les deux précédentes.
[56] Source : potentiel de densification autour des pôles et des axes de transport en commun, Rapport final, DREIF, 2007 : http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/Introduction_cle72afd1.pdf

territorial sont toutefois apportés dans l'évaluation socio-économique figurant en pièce H du présent dossier.

Par ailleurs, l'ensemble de la démarche d'évaluation des impacts potentiels du projet sur l'occupation du sol s'appuie sur la construction de structures d'urbanisation permettant notamment de définir un niveau d'augmentation potentielle du COS d'ici à l'horizon de projet. Ce ΔCOS s'applique à chaque type de surface du mode d'occupation du sol actuel en fonction de différents critères (typologie, localisation, scénario étudié).

L'approche méthodologique utilisée est basée sur quatre points forts, dont trois qui possèdent des limites à souligner :

- L'évolution de la population et de l'emploi dans le périmètre étudié d'ici à l'horizon de projet : les hypothèses spécifiées par le définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les organismes régionaux responsables en la matière ont été utilisées comme données d'entrée de l'exercice.

- La conversion des populations et des emplois nouveaux en besoins supplémentaires de surfaces à créer d'ici à l'horizon de projet : l'hypothèse conservatrice utilisée est que le phénomène de desserrement des ménages ne s'accentuerait pas d'ici à 2030 et, qu'également, chaque nouvel emploi en 2030 nécessiterait la même surface de plancher qu'en 2005. Ce sont des hypothèses discutables qui font que les gains obtenus en faveur du projet peuvent être sous-estimés.

- Les hypothèses d'application des ΔCOS sur le mode d'occupation du sol actuel. Pour tous les scénarios, il n'a pas été pris en compte :

    - les contraintes réglementaires qui existent à l'heure actuelle dans certaines zones et qui sont un frein à un processus plus ou moins intense d'urbanisation/de densification (exemple : espaces naturels protégés, forêts de protection, sites classés, zones d'inconstructibilité, etc.) ;

    - l'évolution du prix du foncier qui va largement conditionner le choix d'implantation des ménages et des emplois ;

    - les démarches locales d'aménagement du territoire visant à favoriser de fortes densités dans la construction nouvelles et/ou une accentuation du rythme de renouvellement du bâti existant (ZAC, par exemple).

7.6 Mobilité

7.6.1 Méthodologie

L'approche méthodologique choisie est basée sur l'estimation de l'évolution du trafic routier et de la fréquentation des transports publics en 2020 (horizon de mise en service totale du tronçon « Ligne 15 Sud ») et en 2030 (horizon cible de mise en service du réseau global).

Les impacts du projet sur la mobilité et l'accessibilité sont quantifiés à l'aide du modèle de transport MODUS de la DRIEA qui utilise comme entrées des données comportementales issues en grande partie de l'Enquête Globale de Transport, et qui fournit comme résultats les variations d'accessibilité dans la zone d'étude, les distributions des déplacements dans l'espace, leur part modale et la fréquentation des réseaux. Les modèles de prévisions de trafic fournissent de nombreux indicateurs qui permettent de comprendre et de localiser les évolutions des comportements de mobilité : dans quelle mesure le métro automatique va-t-il concurrencer la route et quelle sera la nouvelle part modale des différents modes de transport ? Quels seront les gains de temps des voyageurs de transport public ? Quels seront les impacts sur la congestion du réseau routier et TC ?

Les éléments qui suivent décrivent le schéma de modélisation qui explicite la manière dont les modèles interagissent et précise les types de données d'entrée et de sortie.

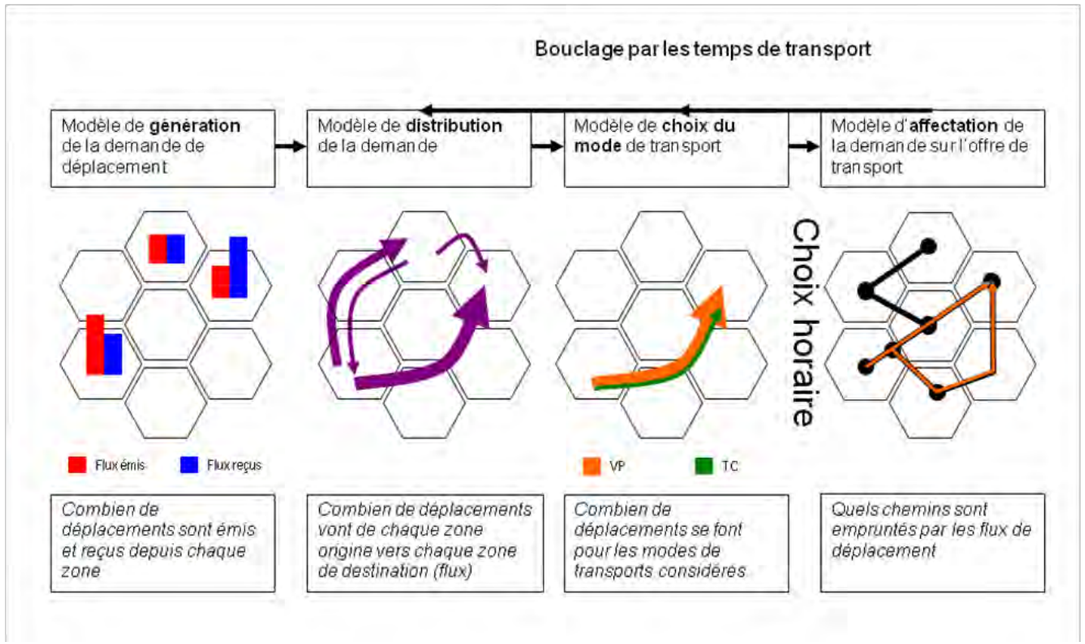
7.6.1.1 Schéma de modélisation

Le processus de modélisation permettant d'évaluer les impacts du projet sur la mobilité dans le modèle MODUS est décrit et schématisé ci-après.

MODUS est le modèle multimodal régional de déplacements de la DRIEA. Ce modèle multimodal a été construit pour reproduire la situation actuelle de la mobilité en Ile-de-France selon les trois modes de déplacements (transports en commun, voiture particulière et modes doux), à partir des données recueillies par l'Enquête Globale Transport[57]. Des lois de comportements de mobilité sont ainsi dégagées et permettent de faire des projections dans le futur pour d'autres configurations d'hypothèses de population et d'emplois, de système de transport ou de politiques publiques.

Comme tout modèle de déplacements, MODUS produit des indicateurs descriptifs de la mobilité et de son évolution, à partir de données de cadrage décrivant la situation à étudier. MODUS étant un modèle régional multimodal, ses données d'entrée et de sortie caractérisent le fonctionnement du système de transport à l'échelle de l'Ile-de-France, selon les divers modes et réseaux (route et TC notamment).

[57] L'EGT (Enquête Globale Transport) est l'enquête ménages déplacements réalisée en Ile-de-France à intervalle régulier depuis plus de trente ans (1976, 1983, 1991, 2001). Les résultats de l'EGT 2010 (produits fin 2012) sont en cours d'intégration dans le modèle de déplacements MODUS.



Chaîne de modélisation utilisée (Source : DRIEA)

7.6.1.2 Structure du modèle

Le fonctionnement de MODUS s'appuie sur une description « séquentielle » des déplacements, conçus comme une succession d'arbitrages opérés par les usagers (les Franciliens en l'occurrence) entre différentes options[58]. La séquence utilisée est décrite ci-après. Elle est ici illustrée dans le cas des déplacements domicile-travail à l'heure de pointe du matin. Une description du même ordre pourrait être faite pour un autre motif de déplacement ou une autre période. Dans les faits, MODUS travaille à l'heure de pointe du matin et du soir, motif par motif – chaque motif donnant lieu à l'utilisation de données d'entrée spécifiques.

- Le fait de se déplacer ou pas (étape dite de « génération ») : Ainsi, seule une partie des actifs va effectivement réaliser un déplacement domicile-travail à l'heure de pointe de matin (les autres étant en congé, ou travaillant en horaire décalé…). Cette étape aboutit au nombre de déplacements ayant lieu en Ile-de-France sur la période considérée.

- Le choix de la destination (étape dite de « distribution ») : Dans le cas du déplacement domicile-travail, ce choix est conditionné par la géographie des emplois et leur accessibilité au sens large (le voyageur arbitre entre les opportunités selon le temps de parcours, le coût...) : par exemple, depuis la Seine-Saint-Denis, vaut-il mieux aller travailler à La Défense ou à la Plaine Saint-Denis, la première offrant plus d'opportunités, mais étant a priori moins accessible que la seconde ? Cette étape aboutit à la répartition par origine-destination (couple « OD ») du volume de déplacements issu de l'étape précédente de génération : à chaque OD est désormais attaché un nombre de déplacements.

- Le choix du mode (étape dite de « choix modal ») : Le voyageur arbitre entre les différents modes lui permettant de rejoindre son lieu de destination, et compare pour cela l'efficacité des alternatives qui s'offrent à lui (temps, coût…) : pour aller à La Défense, vaut-il mieux emprunter les transports en commun ou prendre sa voiture ? La réponse dépendra évidemment du lieu de domicile du voyageur. Cette étape aboutit au nombre de déplacements par mode pour chaque OD.

- Le choix du chemin (étape dite d'« affectation ») : Le voyageur arbitre entre les différents parcours possibles pour rejoindre sa destination dans le mode choisi précédemment, en comparant à nouveau l'efficacité de ces derniers : pour aller à La Défense en TC depuis Paris, vaut-il mieux prendre le RER A ou la ligne 1 du métro? Cette étape aboutit à l'obtention de réseaux de transport « chargés » : le nombre d'usagers de chaque tronçon routier et service TC est désormais connu.

Dans le cadre de la présente étude d'impact, ces résultats ont ensuite été utilisés pour les modèles de calcul des émissions et concentrations de polluant, et des émissions de bruit**.** Le modèle fournit des statistiques indicatrices de la fréquentation : réseaux chargés avec des données de charge par mode, de flux par arc des réseaux, de vitesse, de distance.

Pour le modèle d'émission, il est essentiel que les informations de fréquentation par arc soient détaillées par catégorie de véhicule (carburant, typologie d'émission EU). Cette étape de désagrégation par catégorie de véhicule est réalisée à la suite des modèles d'affectation sur les réseaux.

7.6.1.3 Données d'entrée et de sortie des modèles

Les données d'entrées nécessaires au fonctionnement de MODUS sont :

- Le volume et la géographie de la population et des emplois en Ile-de-France, caractérisant l'évolution socio-démographique et économique de la région ;

- La description des caractéristiques de l'offre de transports, routière et TC : géographie (tracés), temps de parcours, fréquence, capacité…

A partir de ces données d'entrée, MODUS met en œuvre les lois caractérisant le comportement de mobilité des Franciliens, notamment pour décrire les processus d'arbitrage selon le coût au sens large (temps, prix…) des différentes options : choix de destination, de modes, d'itinéraires…

Les indicateurs en sortie de MODUS portent sur :

- Les caractéristiques générales des déplacements dans la situation étudiée : volume, répartition entre modes, géographie des déplacements, caractéristiques générales moyennes (portée, temps…) ;

- Le trafic (selon les itinéraires routiers et les lignes TC) et le niveau de service associé (temps de parcours, vitesse, niveau de congestion…).

7.6.1.4 Capacités et limites du modèle

Dans le cadre de son processus de calibrage, afin de s'assurer de sa cohérence et de sa robustesse, MODUS a été appliqué à une situation existante, dont les caractéristiques de mobilité sont connues grâce à l'enquête sur les déplacements des Franciliens, l'EGT. Il en a bien reproduit les principaux

[58] *Ce type de modèle – appelé « modèle à 4 étapes » – est le plus utilisé, car le plus adapté, pour les travaux de prospective et de dimensionnement des infrastructures de transports.*

déterminants (nombre de déplacements, répartition modale, portée et temps de parcours…), ce qui a permis de valider sa pertinence.

Dans ce contexte, l'utilisation de MODUS sur une situation d'étude permet de mesurer l'impact des projets et politiques envisagés, à chacune des étapes présentées précédemment :

- Evolution du volume de déplacements *:* par exemple, la croissance de la population et des emplois conduit à une augmentation mécanique du nombre de déplacements[59] ;

- Evolution de la géographie des déplacements *:* par exemple, rapprocher populations et emplois peut se traduire dans le modèle par une baisse de la portée des déplacements et des temps de parcours ;

- Report modal *:* par exemple, l'amélioration de la compétitivité des transports collectifs par rapport à la route conduit à une évolution à la hausse de leur part modale ;

- Evolution du trafic des lignes *:* par exemple, de nouvelles lignes TC seront utilisées par des usagers existants (qui changent d'itinéraires), reportés (venant de la voiture) ou totalement nouveaux (ayant changé d'OD ou correspondant à la croissance démographique) ; l'impact sur les autres lignes TC et la route pourra aussi être mesuré.

Toutefois, MODUS est aussi limité de facto sur certains points, de par sa constitution même :

- Les lois comportementales ont été déterminées et validées par comparaison avec les EGT, en supposant une stabilité dans le temps de ces comportements. De fait, le modèle est mal adapté pour prendre en compte les phénomènes de rupture, tels que les changements de comportements liés aux préoccupations environnementales ou à une hausse durable du coût du pétrole[60].

- La complexité du fonctionnement du système de transports est telle en Ile-de-France qu'en évaluer précisément toutes les caractéristiques est une gageure. La question de la saturation des réseaux, autant routiers que TC, peut ainsi être citée puisqu'il est difficile, voire impossible, de transcrire complètement dans les modèles actuels.

- Les déplacements des non Franciliens sont ajoutés de manière exogène, sur les principales portes d'entrée de l'Ile-de-France : corridors autoroutiers, aéroports, gares. La description du comportement de certains d'entre eux reste par ailleurs malaisée (cas des touristes en particulier).

[59] Les précédentes EGT montraient une stabilité de la mobilité individuelle (3,5 déplacements par personne et par jour), bien reproduite par le modèle. L'évolution du nombre de déplacements est donc à relier directement à l'évolution socio-démographique. Des travaux sont à mener pour intégrer les données de l'EGT 2010, indiquant une hausse sensible de la mobilité individuelle, mais qui s'explique en partie par un changement méthodologique.

[60] Sur ce point, la difficulté réside dans l'absence d'observations et de corpus scientifique. Ainsi, quel impact une hausse durable du prix du pétrole aurait-elle sur la mobilité francilienne : un report vers les TC, une baisse de vitesse sur le réseau routier, une baisse globale de la mobilité, un changement dans les arbitrages au sein du budget logement-transports… ? Plus vraisemblablement, une combinaison de plusieurs impacts, mais dans une consistance et des proportions difficiles à définir, et plus encore à décrire dans un modèle de déplacements.

7.6.1.5 Hypothèses d'usage du sol et de demande de transport

Les hypothèses d'occupation du sol prises en compte dans les modèles pour l'analyse de la mobilité et de l'accessibilité ont été définies au niveau communal par le maître d'ouvrage.

Il s'agit de projections, aux horizons futurs considérés, des plans et projets de développement pour la région Ile-de-France, intégrant le Grand Paris.

L'occupation du sol dans le scénario avec projet prend donc en compte les effets du futur métro automatique sur le développement urbain, la localisation des ménages et des activités.

Le modèle prend en compte des hypothèses de densification sur les pôles de développement à un niveau de précision de l'ordre de la commune[61].

7.6.2 Limites

- Les analyses du volet dépendent fortement du modèle de transport. Ce dernier s'appuie sur les hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et l'horizon de projet. Les limites de ces hypothèses, détaillées dans le chapitre dédié, sont à prendre en considération.

- Echelle des gares : le modèle de trafic à l'échelle macroscopique ne permet pas de modéliser avec précision les flux automobiles aux abords des gares à un horizon futur marqué par des évolutions très fortes de la fréquentation des gares et une certaine incertitude sur les parts modales du rabattement. Une évaluation a donc été réalisée hors modèle sur base d'une typologie de rabattement.

- La modélisation ne permet pas de tester très précisément la variable « disponibilité du stationnement » qui est pourtant un facteur déterminant pour le choix du mode de transport de rabattement vers les gares. Il peut également contribuer à modifier la répartition de la fréquentation entre gares proches. Des réflexions sont en cours pour mieux intégrer les contraintes liées au stationnement dans les outils de prévisions du trafic.

- La taille du chantier va générer un charroi exceptionnel pour amener et évacuer les milliers de tonnes de matériaux nécessaires et à l'inverse, approvisionner les matériaux et composants des structures et aménagements nouveaux. Il importe de minimiser l'usage du mode route au profit d'abord de la voie d'eau puis du rail, mais cela ne sera pas possible partout. Pour optimiser le transport par route, il est capital de connaître les origines et destinations des matériaux pour estimer les flux engendrés et tester les itinéraires les moins pénalisants pour la circulation. Ce travail conséquent s'inscrira dans la continuité du cadre posé par le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais, annexé à la présente étude d'impact (pièce G4-1).

[61] Le modèle ne simule pas l'impact du métro automatique sur la relocalisation des activités. En effet, ce type de simulation « Land use » est complexe à mettre en œuvre et ne rentre pas dans les délais de cette étude.

7.7 Energie et gaz à effet de serre

7.7.1 Rappel méthodologique

L'impact du Grand Paris Express sur les consommations énergétiques a été évalué en comparant les besoins énergétiques du métro en fonctionnement et les besoins énergétiques des autres modes de transport, principalement le transport routier.

Les besoins nécessaires au fonctionnement du métro sont ceux de l'énergie de traction, de l'électricité utilisée dans les gares (éclairage, panneaux d'informations…) et les centres de maintenances et de l'énergie utilisée pour chauffer certains de ces locaux.

Les gains, quant à eux, proviennent essentiellement de la circulation routière. Deux principaux effets peuvent être distingués : d'une part les gains liés à la réduction des distances parcourues sur le réseau routier au profit des transports en commun, et d'autre part, les gains de consommations réalisés grâce à une augmentation de la vitesse moyenne de circulation sur le réseau routier due à une diminution de la congestion.

La méthodologie adoptée pour l'évaluation de l'impact sur les émissions de gaz à effet de serre a quant-à-elle été développée afin d'obtenir la meilleure vue d'ensemble possible. A cet effet, un travail important a été réalisé dans le cadre d'une étude préalable à l'étude d'impact afin d'élaborer l'outil de calcul CarbOptimum®. Cet outil permet de prendre en compte l'ensemble des postes d'émissions liés au projet que ce soit lors de la conception, de la construction ou du fonctionnement de l'infrastructure.

La méthode de calcul est classique et consiste à calculer les émissions de gaz à effet de serre sur base des données d'activité grâce à des facteurs d'émissions. Les facteurs d'émissions sont issus de différentes sources internationales. Certains facteurs d'émissions ont également été calculés ou adaptés pour correspondre le mieux possible à la situation réelle de l'Ile-de-France.

7.7.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

La méthodologie adoptée pour calculer les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure est une approche simplifiée permettant d'évaluer les besoins sur base de données générales disponibles à ce stade de définition du projet. La consommation exacte dépendra en effet de nombreux choix techniques notamment au niveau de la traction des métros et de l'isolation des bâtiments. Cette approche permet de quantifier globalement la consommation énergétique et d'identifier les postes les plus importants. Elle permet également de comparer ces consommations avec les gains attendus au niveau du trafic routier.

Concernant l'évaluation de la consommation du trafic routier, les principales limites évoquées précédemment dans le cadre de l'impact sur la qualité de l'air sont également de mise. Ces limites concernent donc la modélisation du trafic, la définition du parc automobile et l'incertitude concernant les progrès technologiques.

Cependant, une démarche conservatrice, particulièrement en ce qui concerne les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement de l'infrastructure, a permis de renforcer les conclusions de l'analyse. Les gains réalisés annuellement devraient donc être à minima ceux présentés dans l'analyse des impacts tandis que certains choix futurs devraient permettre d'augmenter ces gains.

Concernant le bilan d'émissions de gaz à effet de serre, il y a deux principaux types de limites à la méthodologie utilisée.

D'une part, les facteurs d''émissions comportent tous un certain taux d'incertitude. Les flux de gaz à effet de serre sont multiples et complexes. Lors de la construction, ils correspondent par exemple aux consommations énergétiques nécessaires aux chantiers, mais aussi aux déplacements des ouvriers ainsi qu'aux consommations énergétiques nécessaires à la fabrication et au transport des matériaux. Leur définition est donc un exercice complexe qui mérite une attention particulière. C'est dans cette optique que l'outil CarbOptimum® a été développé. La comparaison de différentes sources internationales a permis de réduire le taux d'incertitude des facteurs d'émissions au maximum. Il reste néanmoins important de noter qu'un facteur d'émissions correspond plus à un ordre de grandeur qu'à une quantification exacte des flux de gaz à effet de serre.

D'autre part, le calcul des émissions est basé sur les données d'activité qui peuvent être plus ou moins précises. Le calculateur a été développé afin de pouvoir s'adapter aux différents niveaux de précision des données d'entrée et a donc permis de s'adapter aux données disponibles à ce stade de l'étude. De plus, le calculateur est un outil intégré qui permet de visualiser rapidement l'impact d'une variation des données d'entrée sur le résultat final. Ainsi, il a été possible de tester un grand nombre de possibilités afin d'identifier les paramètres les plus influents.

De manière générale, que ce soit dans la définition des facteurs d'émissions que dans le calcul des émissions, une approche conservatrice a été adoptée. Malgré cela, l'analyse des impacts a montré le potentiel important de l'infrastructure à réduire les émissions de gaz à effet de serre, particulièrement au niveau du développement territorial. Cette approche a donc permis d'identifier les véritables enjeux d'un tel projet vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre malgré les limites inhérentes à un bilan des émissions.

7.8 Bruit et Vibrations

Dans un premier temps, la caractérisation de l'état initial et la définition des enjeux liés au bruit a été réalisée sur base des données bibliographiques analysées à l'échelle du fuseau d'étude, notamment les cartes de bruits réalisées en Région Ile de France et regroupées sur le site www.bruitparif.fr.

Des mesures de bruit ont également été réalisées de jour et de nuit au droit de chaque ouvrage émergent du projet de manière à caractériser les zones en fonction de leur ambiance sonore préexistante et de fixer les niveaux de bruit de fond qui servent de référence pour l'établissement des objectifs à atteindre.

La méthode de mesure utilisée est celle dite de « contrôle » de la norme NFS 31-010 et préconisée par l'Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage. Les précisions quant au nombre de points de mesures et leur répartition en fonction des ouvrages sont détaillées dans pièce pièce B.1 qui développe la méthodologie suivie pour les mesures de bruit et la caractérisation du contexte sonore en fonction des résultats mesurés.

Compte tenu de la variabilité des bruits générés, l'analyse de l'impact en phase chantier s'est appuyée sur la comparaison entre les niveaux de bruit initiaux mesurés et les niveaux de bruit donnés pour différentes phase de travaux d'un chantier-type en fonction de la distance observée entre la base chantier et le récepteur. La méthodologie suivie est détaillée dans la pièce B.2.

Les impacts du projet ont tout d'abord été étudiés de manière qualitative sur base des documents et plans fournis par le maître d'ouvrage, des outils de géolocalisation ainsi que des mesures acoustiques initiales.

Ensuite, les valeurs prises en compte pour évaluer le bruit généré par les équipements techniques des gares et les ouvrages de ventilation sont les émergences fixées par le décret du 31 août 2006 relatifs au bruit de voisinage (arrêté du 23 janvier 1997 pour les sites de maintenance), soit + 5 dB(A) en période de jour et +3 dB(A) en période de nuit sur base d'un fonctionnement continu et pour le régime de fonctionnement usuel (hors désenfumage). Le niveau de bruit de fond pris comme référence pour ce calcul est l'indice LA90, soit le niveau sonore dépassé pendant 90% de la durée de mesurage (voir notions acoustiques et méthodologie détaillées dans la pièce B.1). Le respect de cette règle garanti un impact résiduel faible pour l'ensemble des ouvrages de ventilation et des équipements techniques du projet.

Les dispositifs anti-bruits dépendent des caractéristiques acoustiques des équipements choisis et ne sont pas encore dimensionnés de manière précise mais les objectifs acoustiques de bruit particulier ont été fixés spécifiquement pour chaque ouvrage. Un modèle acoustique simplifié a été également réalisé pour le bruit des puits de ventilation. Il s'agit de résultats issus d'une modélisation 3D réalisée grâce au logiciel Cadnaa, logiciel de calcul de propagation des ondes sonores dans l'environnement édité par DATAKUSTIK, sur base de la norme ISO9613.

L'utilisation du logiciel Cadnaa permet d'obtenir une bonne évaluation des premiers indices quantifiés du bruit des puits de ventilation et de calculer de manière précise les objectifs à respecter à 1m des ouvrages annexes grâce au profil d'atténuation par la distance résultant du modèle.

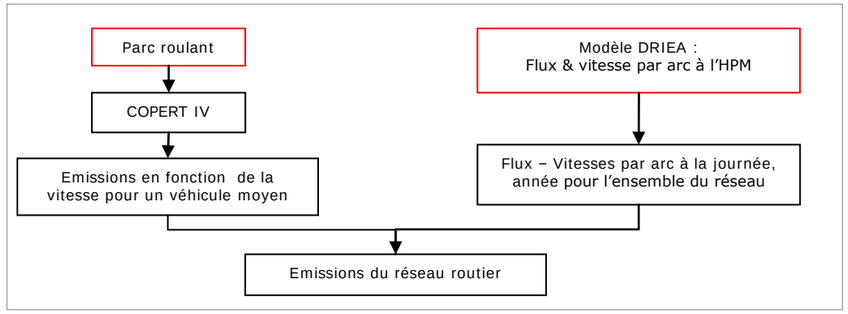
Les mesures de réduction prises seront dimensionnées de manière viser ces exigences réglementaires et limiter la gêne sonore.

7.9 Santé

7.9.1 Rappel méthodologique

L'analyse des impacts du projet sur la qualité de l'air a nécessité plusieurs étapes de modélisation afin d'abord de passer des données de trafic routier à des émissions de polluants atmosphériques puis de passer de ces émissions à des concentrations moyennes annuelles et finalement de calculer l'exposition de la population à ces concentrations.

Les données d'entrée nécessaires à cette modélisation étaient principalement le parc roulant à l'horizon d'étude et les données de trafic en situation de référence et en situation de projet. Le modèle COPERT IV permet alors de calculer les émissions sur chaque arc du réseau de transport. Les étapes de modélisation sont rappelées dans la figure ci-dessous :



Méthodologie schématique d'évaluation des émissions liées au réseau

Grâce à un modèle de dispersion des polluants, les concentrations moyennes annuelles ont ensuite pu être calculées sur l'ensemble du territoire de l'Ile-de-France. En croisant ces données avec les données de population, il a finalement été possible d'évaluer l'impact du projet sur l'exposition des Franciliens aux pollutions atmosphériques.

7.9.2 Limites de la méthodologie et difficultés rencontrées

Le processus de modélisation des émissions et concentrations de polluants atmosphériques et le modèle de transport sur lequel il repose se basent tous deux sur un grand nombre d'hypothèses notamment concernant la répartition de la population, le parc automobile, etc. Bien qu'un travail important ait été réalisé afin de définir ces hypothèses sur base des tendances futures les plus probables, il faut noter que certains changements imprévisibles pourraient amener ces hypothèses à varier, impliquant ainsi des modifications dans les résultats.

Un des principaux facteurs qui pourrait influencer les résultats de modélisation est celui de la composition du parc automobile. En effet, comme l'analyse des incidences l'a montré, l'évolution future du parc automobile devrait impliquer des changements radicaux dans les quantités de polluants atmosphériques émis. Ces changements correspondent pour certains polluants à une diminution de plus de 75% des émissions entre 2005 et l'horizon cible de mise en service complète du Grand Paris Express. L'absence de certitudes à long terme concernant les politiques dans ce domaine, a amené à constituer un parc automobile en cohérence avec les tendances observées ces dernières années. Ces tendances pourraient cependant évoluer dans le futur notamment en ce qui concerne le ratio essence/diesel et la proportion des véhicules électriques. Il est également difficile de prévoir si les évolutions technologiques futures permettront d'atteindre les objectifs de réduction des émissions de polluants atmosphériques visés actuellement.

Un autre facteur très important concerne les données de trafic prévisionnel. Afin de prendre en compte les données disponibles les plus précises, l'étude s'est fondée sur les résultats du modèle MODUS de la DRIEA. Il existe cependant une certaine limite de précision en ce qui concerne les flux de trafic, mais aussi leur localisation spatiale. Le réseau routier est en effet en constante évolution et il va de soi que certains flux de trafic pourraient, à l'avenir, être déplacés sur de nouveaux axes. De même, la localisation des habitants évoluera inévitablement en particulier pour accepter les augmentations de population prévues à l'horizon cible. La répartition spatiale des augmentations ou diminutions de concentrations de polluants atmosphériques et de l'exposition des Franciliens pourrait donc varier légèrement.

Malgré ces incertitudes, le modèle s'est montré relativement robuste quant à l'évaluation de l'impact global du projet. Quels que soient les scénarios envisagés, le projet induit une amélioration de la qualité de l'air principalement de long des grands axes routiers. Cette amélioration reste cependant modeste particulièrement en comparaison avec les améliorations attendues grâce aux progrès technologiques et au renforcement des normes d'émissions.

En ce qui concerne l'évaluation de l'impact sur les accidents de la route, la limite principale réside dans la complexité du lien entre la quantité de trafic et le nombre d'accidents. Comme l'a montré l'analyse des statistiques d'accidents, les taux d'accidents et leur gravité dépendent notamment du type de route sur lesquelles les véhicules circulent.

Toutefois, l'amélioration des conditions de trafic induite par le projet permettra nécessairement une amélioration des conditions de stress des conducteurs. Elle permettra également la mise en place de dispositifs de sécurité supplémentaires permettant de réduire le nombre d'accidents. La mise en place de mesures d'accompagnent adéquates devrait donc conforter les résultats de l'analyse des impacts.

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION
(CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

PIÈCE **B.4**

Étude d'impact de la ligne 15 Sud (rouge)

Résumé non technique

Sommaire

1. Présentation du contexte et des acteurs du projet 9
1.1 Présentation générale du Grand Paris Express 11
1.2 Présentation des acteurs : Société du Grand Paris, STIF, RATP 12
1.3 Caractéristiques de la Ligne rouge 15 Sud 14
1.4 Auteurs des études 15
1.5 Le cadre réglementaire du projet 17
1.6 Démarche environnementale pour le projet 18

2. État initial de l'environnement 21
2.1 Définition des aires d'étude prises en compte 23
2.2 Climatologie 23
2.2.1 Méthode générale 23
2.2.2 Conclusions 23
2.3 Relief - Topographie 24
2.3.1 Méthode générale 24
2.3.2 Conclusions 24
2.4 Eaux superficielles et risques associés 26
2.4.1 Méthode générale 26
2.4.2 Conclusions 26
2.5 Géologie 31
2.5.1 Méthode générale 31
2.5.2 Conclusions 31
2.6 Risques géologiques 36
2.6.1 Méthode générale 36
2.6.2 Conclusions 36
2.7 Hydrogéologie 39
2.7.1 Méthode générale 39
2.7.2 Conclusions 39
2.8 Occupation du sous-sol 44
2.8.1 Méthode générale 44
2.8.2 Conclusions sur les réseaux et infrastructures 44
2.8.3 Conclusions 44
2.9 Gestion des terres et milieux pollués 47
2.9.1 Méthode relative à la gestion des déblais 47
2.9.2 Conclusions relative à la gestion des déblais 47
2.9.3 Méthode relative à la pollution du milieu souterrain 48
2.9.4 Conclusions relative à la pollution du milieu souterrain 48
2.9.5 Méthode relative aux risques pyrotechniques 48
2.9.6 Conclusions relative aux risques pyrotechniques 48
2.9.7 Conclusion générale 50
2.10 Vibrations 51
2.10.1 Méthode générale 51
2.10.2 Conclusions 51
2.11 Milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000 54
2.11.1 Méthode générale 54
2.11.2 Conclusions sur les zonages du patrimoine naturel 54
2.11.3 Conclusions sur les sites Natura 2000 54
2.11.4 Conclusions sur les milieux naturels, la faune, la flore 55
2.11.5 Conclusions sur les continuités écologiques 56
2.12 Boisements au sens du Code forestier 60
2.12.1 Méthode générale 60
2.12.2 Conclusions sur les boisements au sens du Code Forestier 60
2.13 Services écosystémiques 62
2.13.1 Méthode générale 62
2.13.2 Conclusions sur les services écosystémiques rendus 62
2.14 Zones humides 63
2.14.1 Méthode générale 63
2.14.2 Conclusions sur les zones humides 63
2.15 Frayères 66
2.15.1 Méthode générale 66
2.15.2 Conclusions sur les frayères 66
2.16 Agriculture et pédologie 67
2.16.1 Méthode générale 67
2.16.2 Conclusions sur l'agriculture 67

2.16.3 Conclusions sur la pédologie 67
2.17 Paysage, patrimoine architectural et archéologie 68
2.17.1 Méthode générale 68
2.17.2 Conclusions sur le patrimoine culturel protégé 68
2.17.3 Conclusions sur le paysage 68
2.17.4 Conclusions sur le patrimoine archéologique 68
2.18 Population, emploi et occupation du sol 70
2.18.1 Méthode générale 70
2.18.2 Conclusions 70
2.19 Urbanisme réglementaire 72
2.19.1 Méthode générale 72
2.19.2 Conclusions 72
2.20 Risques technologiques 74
2.20.1 Méthode générale 74
2.20.2 Conclusions 74
2.21 Mobilité 75
2.21.1 Méthode générale 75
2.21.2 Conclusions 75
2.22 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre 77
2.22.1 Méthode générale 77
2.22.2 Conclusions 77
2.23 Environnement Sonore 78
2.23.1 Méthode générale 78
2.23.2 Conclusions 78
2.24 Ondes électromagnétiques 83
2.24.1 Méthode générale 83
2.24.2 Conclusions 83
2.25 Santé et sécurité 84
2.25.1 Méthode générale 84
2.25.2 Conclusions 84

3. Enjeux identifiés à l'issue de l'état initial 85

4. Présentation du projet retenu et des variantes étudiées 97
4.1 Présentation générale de la Ligne 15 Sud 99
4.2 Les principaux types d'ouvrages et leurs caractéristiques 100
4.2.1 Le tunnel et les puits de tunnelier 101
4.2.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle 103
4.2.3 Les gares 103
4.2.4 Les ouvrages annexes 109
4.2.5 Les sites de maintenance (SMI et SMR) 110
4.2.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires 111
4.2.7 Les ouvrages spéciaux (entonnement, débranchement…) 113
4.2.8 Les projets d'interconnexions 114
4.2.9 Les projets connexes 115
4.3 Caractéristiques d'exploitation du projet 116
4.3.1 Système de transport et matériel roulant 116
4.3.2 Offre de transport et service proposé 116
4.4 Déroulement de la phase chantier 117
4.4.1 Principes généraux 117
4.4.2 Mise en œuvre du tunnel en tunnelier 117
4.5 Présentation des variantes étudiées 120
4.5.1 Variantes de tracé 120
4.5.2 Variantes de localisation des gares 123
4.5.3 Variantes de localisation des ouvrages annexes 124
4.5.4 Variantes des puits de départ de tunnelier 124
4.5.5 Variantes de localisation des sites de maintenance de la Ligne 15 Sud 125

5. Analyse des impacts et mesures associées 127
5.1 Climatologie 129
5.1.1 Analyse/interprétation 129
5.1.2 Conclusions 129
5.2 Foudre 129
5.2.1 Analyse/interprétation 129
5.2.2 Conclusions 129
5.3 Relief 131
5.3.1 Analyse/interprétation 131
5.3.2 Conclusions 131

5.4 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation 132
5.4.1 Analyse/interprétation 132
5.4.2 Conclusions 133
5.5 Hydrographie et gestion des eaux pluviales 139
5.5.1 Analyse/interprétation 139
5.5.2 Conclusions 139
5.6 Géologie et risques géologiques 144
5.6.1 Présence de carrières 144
5.6.2 Prise en compte du gypse 145
5.6.3 Prise en compte des argiles 145
5.6.4 Prise en compte des glissements de terrain 145
5.7 Hydrogéologie 150
5.7.1 Analyse/interprétation 150
5.7.2 Conclusion 154
5.8 Occupation du sous-sol 161
5.8.1 Analyse/interprétation 161
5.8.2 Conclusions 161
5.9 Gestion des terres et milieux pollués 166
5.9.1 Analyse/interprétation concernant la gestion des déblais 166
5.9.2 Analyse/interprétation concernant les risques pyrotechniques 167
5.9.3 Analyse/interprétation concernant la pollution du milieu souterrain 167
5.9.4 Conclusions 169
5.10 Vibrations 171
5.10.1 En phase travaux 171
5.10.2 En phase exploitation 171
5.10.3 Mesures de suivi et de compensation 171
5.10.4 Conclusions 173
5.11 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques 175
5.11.1 Analyse / Interprétation 175
5.11.2 Conclusions 175
5.12 Boisements au sens du Code forestier 183
5.12.1 Analyse / Interprétation 183
5.12.2 Conclusion sur les boisements au sens du Code forestier 183
5.13 Zones humides 186
5.13.1 Analyse/interprétation 186
5.13.2 Conclusions sur les zones humides 186
5.14 Frayères 189
5.14.1 Analyse/interprétation 189
5.14.2 Conclusions sur les frayères 189
5.15 Services écosystémiques 192
5.15.1 Méthode générale 192
5.15.2 Analyse / Interprétation 192
5.15.3 Conclusions sur les impacts sur les milieux à l'origine des services écosystémiques 192
5.16 Agriculture et pédologie 194
5.17 Paysage, patrimoine architectural et archéologie 195
5.17.1 Le patrimoine architectural 195
5.17.2 La prise en compte du paysage pour les gares 195
5.17.3 Conclusions sur les impacts et mesures sur le paysage, le patrimoine culturel et l'archéologie 211
5.18 Population, emplois et occupation du sol 212
5.18.1 Analyse/interprétation 212
5.18.2 Conclusions 213
5.19 Risques technologiques 216
5.19.1 Analyse/interprétation 216
5.19.2 Conclusions 217
5.20 Mobilité 218
5.20.1 Analyse/interprétation 218
5.20.2 Conclusions 219
5.21 Consommations énergétiques et gaz à effet de serre 220
5.21.1 Analyse/interprétation 220
5.21.2 Conclusions 221
5.22 Environnement sonore 222
5.22.1 Impacts en phase chantier 222
5.22.2 Impacts en phase exploitation 222
5.22.3 Conclusions 224
5.23 Ondes électromagnétiques 226
5.23.1 Analyse/interprétation 226
5.23.2 Conclusions 226
5.24 Santé et sécurité 228
5.24.1 Analyse/interprétation 228

5.24.2 Conclusions 229

6. Appréciation des effets cumulés avec les projets limitrophes connus et évaluation des incidences à l'échelle du Grand Paris Express 231

6.1 Analyse des effets cumulés de la Ligne 15sud avec les projets limitrophes connus 233

6.1.1 Projets considérés 233
6.1.2 Impacts cumulés en phase chantier 233
6.1.3 Impacts cumulés en phase exploitation 237

6.2 Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express 240

6.2.1 Climatologie 241
6.2.2 Relief – Topographie 241
6.2.3 Géologie 241
6.2.4 Eaux superficielle et souterraine 242
6.2.5 Gestion des déblais 244
6.2.6 Gestion des terres polluées 244
6.2.7 Occupation du sous-sol 244
6.2.8 Vibrations 245
6.2.9 Patrimoine naturel 246
6.2.10 Archéologie 249
6.2.11 Paysage et le patrimoine culturel 249
6.2.12 Risques technologiques 250
6.2.13 Ondes électromagnétiques 250
6.2.14 Population et emplois et étalement urbain 250
6.2.15 La mobilité francilienne 251
6.2.16 Les nuisances sonores 253
6.2.17 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre 254
6.2.18 Qualité de l'air et santé 256

7. Synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement mises en œuvre 259

7.1 Synthèse des impacts et mesures 261
7.2 Plan de Management Environnemental 270
7.3 Bilan environnemental 271

8. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols 273

8.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 275

8.1.1 Introduction 275
8.1.2 Analyse de la compatibilité 275

8.2 Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets de chantier 278

8.2.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC 278
8.2.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP 278

8.3 Compatibilité du projet avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) 279

8.3.1 Les composantes de la Trame verte et bleue régionale 279
8.3.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France 279

8.4 Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace 280

8.4.1 Contrat de Développement Territorial (CDT) 280
8.4.2 Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF) 280
8.4.3 Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD) 280

8.5 Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS/PLU) ... 282
8.6 Compatibilité du projet avec le PDUIF 282

9. Analyse des coûts collectifs induits par le projet 285

9.1 Introduction 287
9.2 Coûts de la pollution atmosphérique 287

9.2.1 Méthodologie 287
9.2.2 Calcul des coûts 287

9.3 Coûts des accidents de la route 288

9.3.1 Méthodologie 288
9.3.2 Calcul des coûts 288

9.4 Coûts des émissions de gaz à effet de serre 289

9.4.1 Méthodologie 289
9.4.2 Calcul des coûts 289

9.5 Coûts des nuisances sonores 289

9.5.1 Méthodologie 289
9.5.2 Calcul des coûts 290

9.6 Coûts de périurbanisation éludables 290

9.6.1 Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle 291

9.6.2 Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle.... 291

9.6.3 Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD 292

9.7 Synthèse des coûts collectifs 292

1. Présentation du contexte et des acteurs du projet

1.1 Présentation générale du Grand Paris Express

Le programme constituant le « réseau Grand Paris Express » est composé :

- du **réseau de transport public du Grand Paris** comprenant des liaisons en rocade parcourant les territoires de proche et moyenne couronnes (« ligne rouge » et « ligne verte ») complétées par une liaison radiale (« ligne bleue ») : les caractéristiques principales de ces infrastructures de transports en commun nouvelles sont décrites dans le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, approuvé par le décret n° 2011-1011 du 24 août 2011 ;

- du **réseau complémentaire structurant** (« ligne orange »), dont la réalisation est recommandée par le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris, en tant que projet susceptible d'offrir la meilleure complémentarité avec les lignes rouge, verte et bleue.

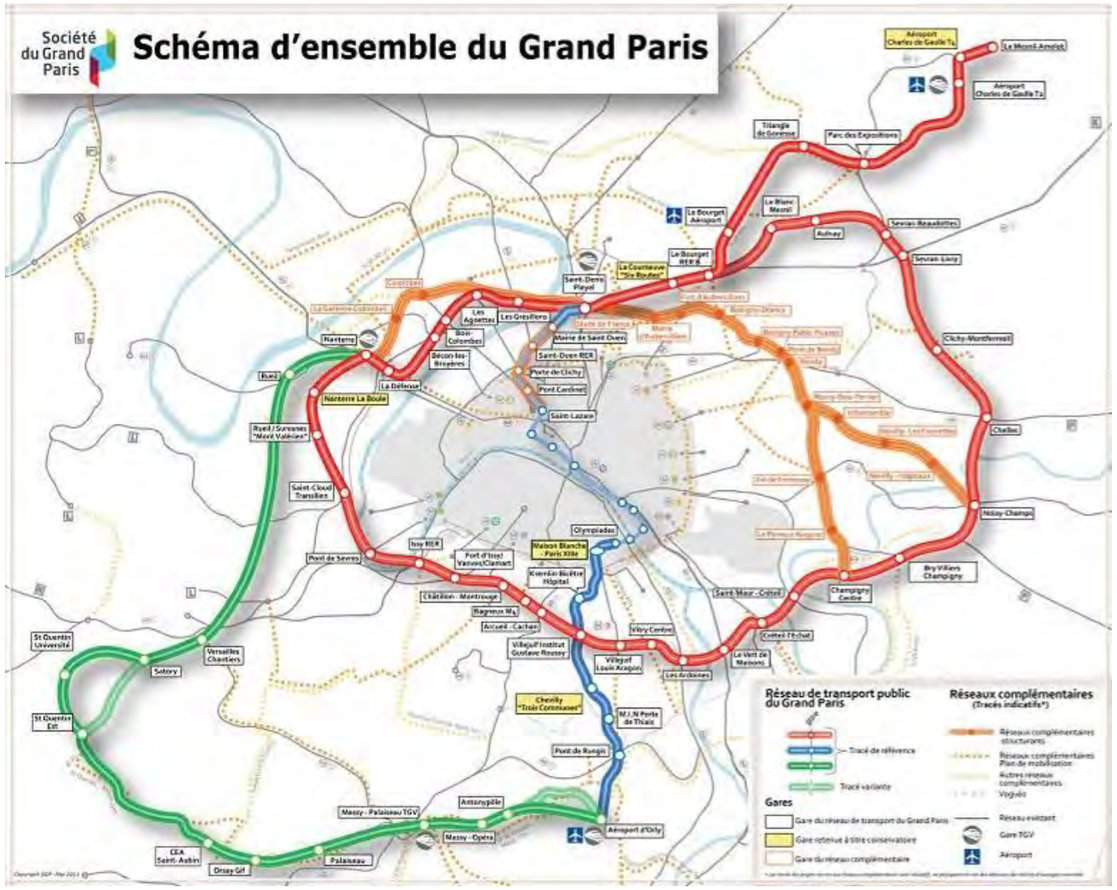


Schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris – Décret en Conseil d'État du 24 août 2011

Ce nouveau réseau de métro automatique a pour ambition de relier entre eux, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne, les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France.

Le 6 mars 2013, le Gouvernement a présenté ses orientations concernant la définition des projets de transport en commun en Ile-de-France (relevant à la fois du Grand Paris Express ainsi que de la modernisation et de l'extension du réseau existant), leur calendrier, leur financement et leur mise en œuvre, dans le cadre du « **Nouveau Grand Paris des transports** ».

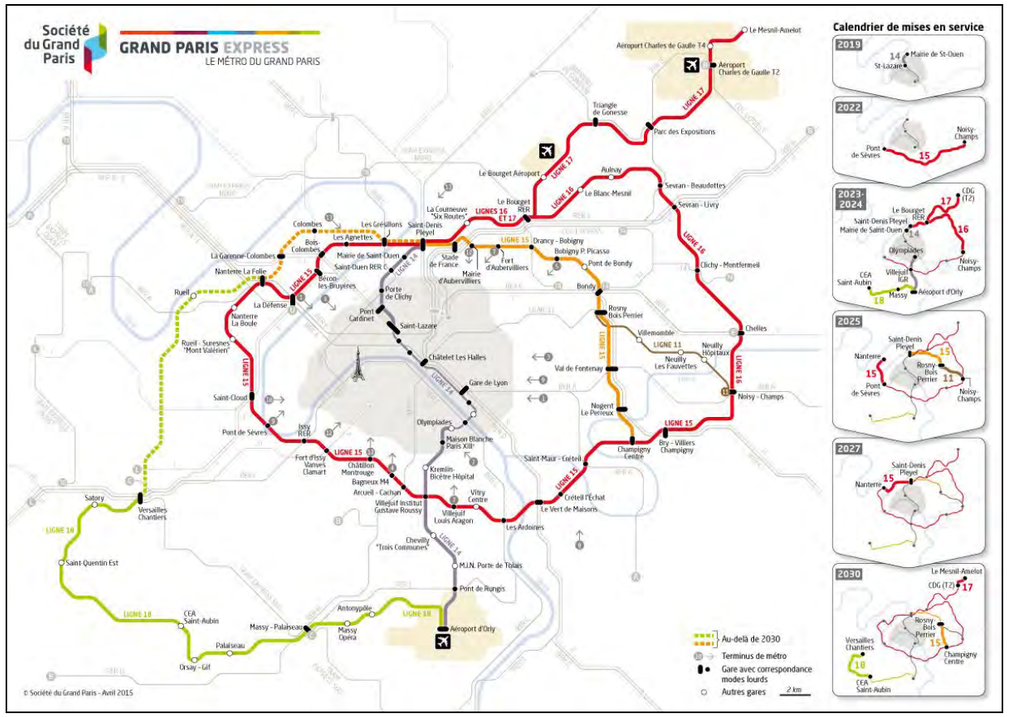


Schéma d'ensemble et horizons de mise en service suite aux annonces du Premier ministre le 9 juillet 2014

Ce projet global réaffirme les enjeux relatifs au réseau de transport en commun francilien actuel, en mettant l'accent sur les objectifs d'amélioration à court terme du service offert (information voyageurs, fiabilité et régularité des lignes) et sur les opérations de modernisation et d'extension du réseau existant prévues au Plan de mobilisation pour les transports. En ce qui concerne le réseau Grand Paris Express, les orientations retenues visent à définir un projet optimisé et performant, consistant notamment à adapter la capacité de transport envisagée sur certains tronçons aux besoins de mobilité et aux trafics prévisionnels attendus. La traduction de ces orientations en termes de schéma d'exploitation prévisionnel et de dimensionnement de l'offre de transport conduit à définir, à partir du réseau de transport public du Grand Paris et du réseau complémentaire structurant, **trois ensembles de projets constitutifs du Grand Paris Express** :

- une liaison de rocade, la ligne 15, regroupant les tronçons les plus chargés des lignes rouge et orange et assurant tout particulièrement la désaturation des réseaux de transport en commun en cœur d'agglomération ;

- des métros automatiques à capacité adaptée pour la desserte des territoires en développement, concernant les tronçons nord-est et est de la ligne rouge (les lignes 16 et 17 entre Saint-Denis Pleyel, Noisy-Champs et Le Mesnil-Amelot) ainsi que la ligne verte (ligne 18) entre Orly et Versailles ;

- des prolongements de lignes de métro existantes lorsque cela apparaît pertinent tant fonctionnellement que du point de vue de la rapidité de mise en œuvre : sont concernés le prolongement de la ligne 14 au nord jusqu'à Saint-Denis Pleyel et au sud jusqu'à Orly (soit la ligne bleue du schéma d'ensemble), ainsi que le prolongement de la ligne 11 jusqu'à Noisy-Champs via Rosny Bois-Perrier (qui reprend l'un des tronçons constitutifs de la ligne orange, la prise en compte de cette option ayant été confirmée à l'occasion de l'approbation par le Conseil du STIF en décembre 2013 du bilan de la concertation réalisée sur la ligne orange).

Conformément à la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, les infrastructures constituant le réseau de transport public du Grand Paris sont sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris. Le 16 février 2015, le Conseil de surveillance de la Société du Grand Paris a approuvé la conclusion d'une convention de co-maîtrise d'ouvrage avec la RATP pour la réalisation du prolongement Sud de la ligne 14 (ligne bleue du réseau de transport public du Grand Paris) entre Paris et Orly.

Par ailleurs, le 11 février 2015, le Conseil du STIF a désigné la Société du Grand Paris maître d'ouvrage de la « Ligne 15 Est », qui correspond au tronçon du réseau complémentaire structurant intégré à la liaison de rocade de la ligne 15. Le Conseil de surveillance de la Société du Grand Paris a approuvé la convention relative à l'exercice de cette maîtrise d'ouvrage le 16 février 2015. Cette disposition vise à assurer la meilleure cohérence entre les différents tronçons qui constituent la rocade de la ligne 15, réunis sous la responsabilité d'un même maître d'ouvrage.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs de la ligne rouge correspond à la partie Sud de la ligne 15, dans le schéma d'exploitation présenté par le Gouvernement en mars 2013. À ce titre, le projet est également désigné sous l'appellation « Ligne 15 Sud » dans la présente étude d'impact.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a fait l'objet d'une enquête publique préalable à déclaration d'utilité publique du 7 octobre au 18 novembre 2013. L'étude d'impact accompagnant le dossier d'enquête publique a notamment fait l'objet d'un avis de l'autorité environnementale du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) le 10 juillet 2013.

Le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs a été déclaré d'utilité publique par le décret n° 2014-1607 du 24 décembre 2014.

1.2 Présentation des acteurs : Société du Grand Paris, STIF, RATP

Le maître d'ouvrage est la personne, morale ou physique, pour le compte de laquelle est réalisé un projet. En vertu de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, la **Société du Grand Paris (SGP)** est le **maître d'ouvrage** du projet faisant l'objet du présent dossier.

Cet établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial a été créé par l'article 7 de ladite loi. La Société du Grand Paris a pour mission principale de concevoir et d'élaborer le schéma d'ensemble et les projets d'infrastructures composant le réseau de transport public du Grand Paris et d'en assurer la réalisation, qui comprend la construction des lignes, ouvrages et installations fixes, la construction et l'aménagement des gares, y compris d'interconnexion, ainsi que l'acquisition des matériels roulants conçus pour parcourir ces infrastructures.

Les infrastructures correspondant au réseau de transport public du Grand Paris définissent le périmètre du programme dont la maîtrise d'ouvrage est confiée à la Société du Grand Paris par la loi relative au Grand Paris.

Dans le cadre du programme du réseau Grand Paris Express, la Société du Grand Paris travaille en étroite collaboration avec le **Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF)**.

Le STIF est l'**autorité organisatrice de la mobilité en Ile-de-France**. A ce titre, il est chargé d'organiser, de coordonner et de financer les transports publics de voyageurs de la région. Ses principales prérogatives sont les suivantes :

- création des conditions générales d'exploitation, création des titres de transport et fixation de leurs tarifs ;
- définition de l'offre de transport et du niveau de qualité des services dans le cadre de contrats signés avec les transporteurs ;
- coordination de la modernisation du système de transports publics francilien et cofinancement de la modernisation ou la création d'équipements nécessaires à l'amélioration de la qualité de service ;
- évaluation et révision du plan de déplacements urbains d'Ile-de-France.

Une coordination entre le STIF et la Société du Grand Paris s'avère nécessaire à plusieurs titres :

- Le réseau de transport public du Grand Paris, sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, est conçu comme étant en connexion avec le reste du réseau de transport public (existant ou futur), dont le STIF a la responsabilité.
- L'exploitation des lignes, ouvrages et installations conçus et réalisés par la Société du Grand Paris sera effectuée sous la responsabilité du STIF, qui désignera l'exploitant.
- Après avoir été acquis par la Société du Grand Paris, le matériel roulant sera transféré en pleine propriété au STIF qui le mettra à la disposition des exploitants.

Ainsi, la Société du Grand Paris et le STIF sont associés dans la mise en œuvre du Grand Paris Express afin que ces nouveaux transports collectifs structurants soient parfaitement articulés aux autres modes de transport, selon les principes généraux suivants :

- Les deux entités s'accordent sur les modalités d'information réciproque de leurs projets au travers d'instances de coordination régulières et transversales.
- Le STIF participe aux différents comités de pilotage locaux mis en place à l'initiative de la Société du Grand Paris.
- Des travaux partenariaux sont menés entre la Société du Grand Paris et le STIF sur tous les sujets nécessitant une validation, ou préparant une décision future, de la part de l'autorité

organisatrice : en particulier, le STIF est étroitement associé à la définition du service en gare et en ligne.

- Conformément à l'article 15 de la loi n° 2010-597 relative au Grand Paris, modifié par l'article 21 de la loi n° 2014-58 du 27 janvier 2014 de modernisation de l'action publique territoriale et d'affirmation des métropoles, le STIF est associé à l'élaboration de l'ensemble des documents établis par la Société du Grand Paris pour la réalisation des opérations d'investissement concernant la réalisation des infrastructures du réseau de transport public du Grand Paris, qui lui sont soumis pour approbation préalable jusqu'à la décision de la Société du Grand Paris d'engager les travaux.

La **RATP (Régie autonome des transports parisiens)** est un établissement public de l'Etat à caractère industriel et commercial exploitant une partie des réseaux de transports publics d'Ile-de-France. En particulier, la RATP est exploitante jusqu'en 2039 de des lignes actuelles du métropolitain.

Par ailleurs, la RATP exerce, conjointement avec le STIF, la maîtrise d'ouvrage du prolongement de la ligne 14 compris entre Saint-Lazare et Mairie de Saint-Ouen, en application de l'article L. 1241-4 du code des transports.

Enfin, conformément à l'article L.2142-3 du code des transports, la RATP est **gestionnaire de l'infrastructure** du réseau de métropolitain affecté au transport public urbain de voyageurs en Ile-de-France, dans la limite des compétences reconnues à Réseau Ferré de France ; à ce titre, elle est responsable de l'aménagement, de l'entretien et du renouvellement de l'infrastructure, ainsi que de la gestion des systèmes de contrôle, de régulation et de sécurité des lignes. En application de l'article 20 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, la RATP sera également gestionnaire de l'infrastructure composant le réseau de transport public du Grand Paris.

1.3 Caractéristiques de la Ligne rouge 15 Sud

La ligne rouge 15 Sud est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une partie de la rocade prévue dans le cadre du Grand Paris Express.

La rocade est constituée de 3 projets dont les mises en service s'échelonnent dans le temps :

- La ligne rouge 15 Sud (environ 33km) qui relie Pont de Sèvres et Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022) ;
- La ligne rouge 15 Ouest (environ 21km) qui relie Pont de Sèvres à Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027) ;
- La ligne rouge 15 Est (environ 24km), qui relie Saint-Denis Pleyel à Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030).

La ligne rouge 15 Sud, objet du présent dossier, correspond à la première section mise en service de la rocade. Son ouverture est prévue à l'horizon 2022.

La Ligne 15 Sud reliera les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs sur un linéaire de 33 kilomètres, parcouru en 35 minutes.

Elle desservira 16 gares, la plupart en correspondance avec le transport en commun existant, que ce soit RER, Transilien, Métro, tramway, bus en site propre. Les réseaux de bus actuels seront réorganisés pour assurer la bonne desserte des nouvelles gares.

La Ligne 15 Sud comporte également deux sites de maintenances, pour les trains et pour les infrastructures, de la ligne mais également d'autres lignes du Grand Paris Express. Pour assurer la sécurité des usagers, et en application de la réglementation, la Ligne 15 Sud comporte également 38 ouvrages de sécurité.

La Ligne 15 Sud et traverse le territoire de 22 communes en souterrain, minimisant ainsi l'impact sur les territoires traversés.

La réalisation de la Ligne 15 Sud permettra notamment de:

- Relier des territoires stratégiques connaissant une forte dynamique d'aménagement (futur pôle culturel international de l'île Seguin, projet de ZAC « Campus Grand Parc » autour de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, Opération d'Intérêt National Orly-Rungis / Seine Amont (intégrant notamment la reconversion de la zone industrielle des Ardoines à Vitry-sur-Seine) ;
- Desservir des secteurs d'enseignement, de recherche et d'innovation de pointe, à l'image de la Vallée Scientifique de la Bièvre et de la Cité Descartes. La plupart de ces « territoires de projet » font l'objet de réflexions en vue de l'élaboration de contrats ou de schémas de développement territorial, associant l'Etat et les collectivités locales ;
- Desservir le secteur de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux dont la densité d'emploi et d'habitat est particulièrement élevée ;
- Présenter une alternative à la voiture particulière pour les déplacements de banlieue à banlieue ;
- Contribuer à l'allègement des lignes de transport en commun traversant la zone centrale de l'agglomération ;
- Améliorer la desserte de secteurs denses de proche couronne ne bénéficiant pas d'une offre de transport en commun structurante et favoriser l'égalité des territoires ;
- Faire bénéficier d'une amélioration du réseau de transport les territoires plus éloignés, par le biais d'un maillage systématique avec l'ensemble des lignes interceptées ;
- Contribuer à répondre aux enjeux environnementaux, en favorisant un report de l'utilisation de la voiture particulière vers les transports en commun et en limitant l'étalement urbain.



1.4 Auteurs des études

Pour la réalisation du dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau et de l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud, la Société du Grand Paris s'est appuyée sur plusieurs bureaux d'étude, afin de s'assurer que les thématiques environnementales sont bien traitées par des spécialistes.

BURGEAP – Agence Ile-de-France – 27 rue de Vanves 92772 BOULOGNE-BILLANCOURT cedex

Équipe projet BURGEAP – Mandataire du groupement

BURGEAP	**Thématiques étudiées dans le cadre du dossier** *Milieu physique – surface du sol* : Climatologie, Géomorphologie et topographie, Eaux superficielles *Milieu physique – sous-sol* : Pédologie, Géologie, Risques géologiques, Hydrogéologie, Occupation du sous-sol, Gestion des terres *Milieu humain* : Urbanisme réglementaire, Risques technologiques
Directeur d'étude	Hugues THOMAS
Chef de Projet	Hugues THOMAS
Hydrogéologues	Laurent PYOT / Claire MEILLON / François AUMOND / Didier VANDENBERGHE
Sols pollués	Caroline ABID / Alix BENHAMOU / Muriel PROST
Eaux superficielles	Romain LABORDE / Anthonin GUILLON / Louis CHARLERY / Hugues THOMAS
Risques technologiques	Jean Paul LENGLET / Nicolas ALMOSNI
Infrastructures Bâtiment	Nicolas ALMOSNI
Urbanisme réglementaire	Nicolas ALMOSNI
Cartographe	Marion MIGLIORETTI
Relecteur qualité	Jean François KALCK

BIOTOPE – Agence Bassin Parisien – 25 impasse Mousset 75012 PARIS

Équipe projet BIOTOPE

biotope	**Thématiques étudiées dans le cadre du dossier** *Milieu Naturel et Paysager* : Faune-Flore et milieux naturels, Milieux agricoles, Paysage, Patrimoine Architectural et archéologique
Directrice d'étude – coordination	Claire POINSOT
Chef de projets	Céline BRUN, Émeline FAVE
Chef de projets adjoint	Charlène PAGES
Faunistes	Franck LETERME, Julien TRANCHARD, Antonin DHELLEMME, Marion JAOUEN, Etienne BRAURE, Yann CARASCO, Michel-Ange BOUCHET
Botaniste	Solenne LEJEUNE
Cartographes – SIGistes	Marine DUMAS / Raquel RODRIGUEZ
Paysagistes	Nathalie MENARD, Sébastien DUROT
Relecteur qualité	Claire POINSOT, Céline BRUN

STRATEC – Avenue Adolphe Lacomblé 69-71 boîte 8 – 1030 Bruxelles – Belgique

Équipe projet STRATEC

stratec	**Thématiques étudiées dans le cadre du dossier** *Milieu Humain* : Population, emploi et urbanisme, Mobilité, Énergie et gaz à effet de serre, Environnement sonore, Santé et sécurité
Directeur d'étude	Hugues DUCHATEAU
Chef de projets	Pierre-Yves ANCION
Mobilité	Louis DUVIGNEAUD, Jeoffrey HONORE
Démographie, population, emploi	Éléonore BARANGER, Antoine MARTIN
Air, Énergie, Climat, Santé	Pierre-Yves ANCION

ASM ACOUSTICS – Rue des Palais 44 – B36 – 1030 Bruxelles – Belgique

Équipe projet ASM ACOUSTICS

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier *Environnement sonore* : Bruit
Directeur d'étude	Naïma GAMBLIN

AGENCE BABYLONE – 56 rue de Paradis – 75010 PARIS

Équipe projet AGENCE BABYLONE

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier *Milieu Natural* : Paysage, patrimoine
Directeur d'étude	Adrien FOURES

SOLDATA ACOUSTIC – 66 Bd Niels Bohr BP 52132 – 69603 VILLEURBANNE CEDEX

Équipe projet SOLDATA

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier *Milieu Humain* : Environnement vibratoire
Directeur d'étude	Frédéric DELAFOSSE
Chef de projet	Amandine MOULIN
Ingénieur Modélisation	Giovanni FAROTTO
Relecteur qualité	Alexis BOGOT

EMITECH – 66 Bd Niels Bohr BP 52132 – 69603 VILLEURBANNE CEDEX

Équipe projet EMITECH

	Thématiques étudiées dans le cadre du dossier *Milieu Humain* : Ondes électromagnétiques
Directeur d'étude	Jean Charles BOGA
Chef de projet	Adrien DORIDANT
Techicienne	Alexandra BERNARD

1.5 Le cadre réglementaire du projet

Le contenu du dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau prend en compte l'ensemble des dispositions indiquées à l'article R.214-6 du code de l'environnement.

Conformément aux dispositions des articles L.122-1, R.122-1 et suivants du code de l'environnement, du fait de la nature des travaux projetés, sa localisation et ses dimensions, le Grand Paris Express est susceptible de présenter des incidences sur l'environnement, et est donc soumis à l'élaboration d'une étude d'impact.

Pour faciliter la mise en œuvre de ce grand projet, le réseau du futur métro est divisé en plusieurs sections. La Ligne 15 Sud représente la première section mise en service de la future rocade prévue autour de Paris. Elle desservira les territoires des Hauts-de-Seine et du Val de Marne, entre les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs.

Le Grand Paris Express et donc la Ligne 15 Sud relève de plusieurs rubriques du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement, notamment la rubrique 8° :

Catégories d'aménagements, d'ouvrages et de travaux	PROJETS soumis à étude d'impact	Projets soumis à la procédure de "cas par cas" en application de l'annexe III de la directive 85/337/CE
8° Transports guidés de personnes	Tramways, métros aériens et souterrains, lignes suspendues ou lignes analogues de type particulier servant exclusivement ou principalement au transport des personnes.	Toutes modifications ou extensions.

Extrait du tableau annexé à l'article R.122-2 du code de l'environnement

A ce titre, le projet du Grand Paris Express, et chaque ligne, donc la ligne rouge 15 Sud sont soumis de manière systématique à l'élaboration d'une étude d'impact au titre du code de l'environnement.

Cette étude d'impact sera présentée dans le cadre de différentes procédures administratives nécessaires au démarrage des travaux.

En application de la disposition 4° e) de l'article R.214-6 du code de l'environnement, cette étude d'impact est jointe au présent dossier de demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau. La justification que cette étude d'impact remplace le dossier d'incidences Loi sur l'eau est présentée au chapitre **6. « Notice d'incidences »** du présent document.

L'étude d'impact de la Ligne 15 Sud valant dossier d'incidences est organisée de la manière suivante :

- **Pièce B.1 : Etat initial.** Ce document contient notamment :
  - Le contexte du projet et le cadre réglementaire
  - La présentation des auteurs de l'étude d'impact
  - Un état initial sur l'ensemble des thématiques environnementales. Ce diagnostic a été réalisé sur la base de deux aires d'études selon le sujet étudié. S'agissant des enjeux locaux, l'état initial porte sur un périmètre de 500 mètres de part et d'autre du tracé préférentiel retenu.
  - Une évaluation des enjeux environnementaux à l'échelle du programme du Grand Paris Express qui comporte d'autres futures lignes de métro

- **Pièce B.2 : Description du projet.** Ce document contient notamment :
  - Une présentation des différents types d'ouvrages nécessaires à la future ligne de métro : gares, ouvrages de sécurité, tunnel, sites de maintenance, plates-formes fluviales pour l'évacuation des déblais et l'apport de matériaux de construction…
  - Une présentation détaillée de chaque gare et de chaque ouvrage de sécurité avec une description du site d'implantation, des caractéristiques de l'ouvrage et des méthodes constructives retenues
  - Une présentation des variantes d'aménagement, et les raisons ayant conduit la Société du Grand Paris à retenir le projet présenté

- **Pièce B.3 : Analyse des impacts et présentation des mesures associées**. Ce document contient notamment :
  - L'analyse des impacts potentiels du projet sur l'environnement. Les différents sujets sont traités en application du principe de proportionnalité selon le niveau d'enjeux identifiés dans l'état initial. Les impacts directs, indirects, temporaires ou permanents sont étudiés.
  - La proposition de mesures spécifiques pour éviter, réduire, ou le cas échéant compenser les impacts identifiés. Pour faciliter la lecture du dossier, les mesures sont présentées de manière associée avec les impacts qu'elles concernent.

- **Pièce B.4 : Résumé non technique**. Ce document reprend les principales informations et conclusions de l'étude d'impact, notamment :
  - Les enjeux environnementaux identifiés dans l'aire d'étude du projet, ou à une échelle plus large.
  - La description des ouvrages du projet
  - Les principaux impacts du projet et les mesures prévues pour éviter, réduire ou compenser ces effets.

- **Pièce B.5 : Annexes**. Pour faciliter la lecture, certains éléments considérés comme techniques n'ont pas été intégrés dans leur totalité dans l'étude d'impact. Ils sont présentés dans ces annexes :
    - **Annexe 1** : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Marne du pont de l'A4 à l'Ile d'Amour et du Port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort
    - **Annexe 2** : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais
    - **Annexe 3** : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont du Garigliano à la passerelle de l'Avre
    - **Annexe 4** : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique de la boucle de Boulogne-Billancourt (92)
    - **Annexe 5** : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique du territoire traversé par Ligne 15 Sud entre les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre
    - **Annexe 6** : Fiches de résultats détaillés des campagnes de mesures des niveaux de bruit réalisées au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud

1.6 Démarche environnementale pour le projet

Les enjeux environnementaux sont en relation avec l'importance du projet. Du fait de sa nature, de son envergure, et de son objectif de transport public, le projet présente intrinsèquement des avantages environnementaux en permettant de renforcer l'usage des transports en commun. Par ailleurs, de par sa programmation, le projet permettra des déplacements circulaires autour de Paris qui aujourd'hui sont susceptibles de faire défaut. Cette propriété intrinsèque renforce la capacité de report modal de la voiture vers les transports en commun en réduisant fortement certains temps de trajets par rapport à la situation actuelle.

Il convient de noter que les enjeux environnementaux concernent d'une part la phase de travaux avec un enjeu fort de maîtrise des nuisances pour les riverains et de réduction des impacts environnementaux des chantiers. D'autre part, les enjeux environnementaux concernent les installations en fonctionnement.

Ainsi, la hiérarchisation des enjeux peut être différente pour ces deux phases. La prise en compte et l'organisation de la gestion environnementale du projet couvre l'ensemble des phases de la programmation à l'exploitation. Elle repose sur les étapes et outils suivants qui visent notamment à mettre en œuvre la démarche « Eviter – Réduire – Compenser » :

- Une programmation portée par la SGP incluant l'environnement (nature du projet, concertation amont sur le tracé les gares, …),

- Une démarche d'écoconception portée par les Maîtres d'œuvre pendant les études (Avant-Projet, Projet) dont l'objet est d'améliorer la performance environnementale des ouvrages. Elle repose sur la prise en compte de thématiques clés par les Maîtres d'œuvre comme critères participants à la conception et vise essentiellement à éviter des impacts par une réflexion méthodologique et l'étude d'opportunités d'évitement ou de réduction des impacts. Un document de synthèse intitulé **rapport d'écoconception** permet de mettre en lumière les opportunités étudiées, les impacts évités ou réduits,

- Une démarche d'anticipation, d'évitement et de réduction des impacts des chantiers qui repose à la fois sur :

    - des mesures génériques applicables à tous les chantiers SGP qui font l'objet d'une **« Charte Environnement des chantiers »,**
    - des mesures spécifiques à chaque site en fonction de la nature des travaux et de la sensibilité environnementale des milieux naturels et des activités humaines environnantes. A cette fin un **registre des nuisances** est établi dès la phase étude pour identifier les sensibilités particulières et les mesures spécifiques de chacun des sites,

- Parallèlement l'instruction des dossiers réglementaires au titre du Code de l'Environnement (avec notamment l'actualisation de l'étude d'impact précédemment réalisée pour le dossier d'enquête préalable à la DUP) et du Code Forestier déboucheront sur des arrêtés prescripteurs qui seront bien entendu une donnée d'entrée incontournable de la démarche environnementale, notamment en phase travaux.

Il y a donc de nombreuses mesures environnementales prévues, issues de plusieurs démarches et sur des chantiers multiples. Il convient donc de garantir le suivi de mise en œuvre de ces mesures ainsi que leur efficacité. A cette fin, d'une part l'ensemble de la démarche environnementale est inscrite dans le **système Qualité Sécurité Environnement** de la SGP et plusieurs outils sont mis en place :

- Un **Plan de Management de l'Environnement (PME) générique** qui synthétise l'ensemble des mesures environnementales prévues qu'elles soient issues de la

programmation, de l'écoconception des Maîtres d'œuvre, de la Charte Environnement des chantiers ou des mesures environnementales spécifiques à chaque site en phase travaux selon la sensibilité de l'environnement proche. Cet outil permet donc un suivi fin et adapté de l'ensemble des mesures par les différents Maîtres d'œuvre et la SGP. Le PME permet d'assurer le suivi des mesures, en enregistrant les données suivantes :

- Engagements SGP,
- Objet concerné (ouvrage unique ou ensemble d'ouvrages),
- Phase concernée (conception de l'ouvrage, conception du management de chantier),
- Mesures,
- Responsable de l'action,
- Date cible de réalisation de l'étude puis de la mesure ou de l'action,
- Date de réalisation effective de l'étude puis de la mesure ou de l'action,
- Nature de la mesure : mesure d'évitement, de réduction, de compensation de l'impact sur l'environnement,
- Indicateur de suivi, en phase chantier,

- **Des plans de management de l'environnement spécifiques** encore plus précis et réalisés site par site seront mis en place par les entreprises de travaux dans le cadre de leur Plan de Respect de l'Environnement exigé dans les appels d'offres pour préciser le PME cadre en fonction de leur organisation propre,

- Un **système de reporting** générique applicable à tous les chantiers SGP cohérent avec les thèmes de la Charte environnement des chantiers et qui pourra être complété par un reporting particulier propre à un ou plusieurs sites en fonction des arrêtés prescripteurs ou des exigences de suivi renforcé issus de l'analyse de sensibilité des sites (exigences particulières de reporting).

Ces éléments permettront un suivi fin des engagements pris et un reporting adapté aussi bien vers les services de l'Etat pour répondre aux exigences en la matière des arrêtés prescripteurs comme au besoin de communication locale et globale prévu par la SGP.

Ainsi un bilan environnemental pourra être établi à l'échelle de chaque site (suivi des actions du PME et synthèse des indicateurs) mais aussi de la ligne en tant que telle et même du Grand Paris Express. Ce bilan environnemental correspondra à des bilans environnementaux pour répondre aux attentes en la matière des différentes parties prenantes :

- Reporting aux services de l'Etat selon les exigences des arrêtés prescripteurs,

- Reporting environnemental local aux parties prenantes des chantiers via les comités de suivi de chantier qui traiteront entre autre de ces sujets,

- Reporting et communication institutionnelle globale de la SGP relative à l'environnement notamment envisagés sous forme de rapport de développement durable incluant le bilan des indicateurs génériques.

Le schéma ci-dessous met en perspective les étapes et outils de la démarche dans son ensemble :

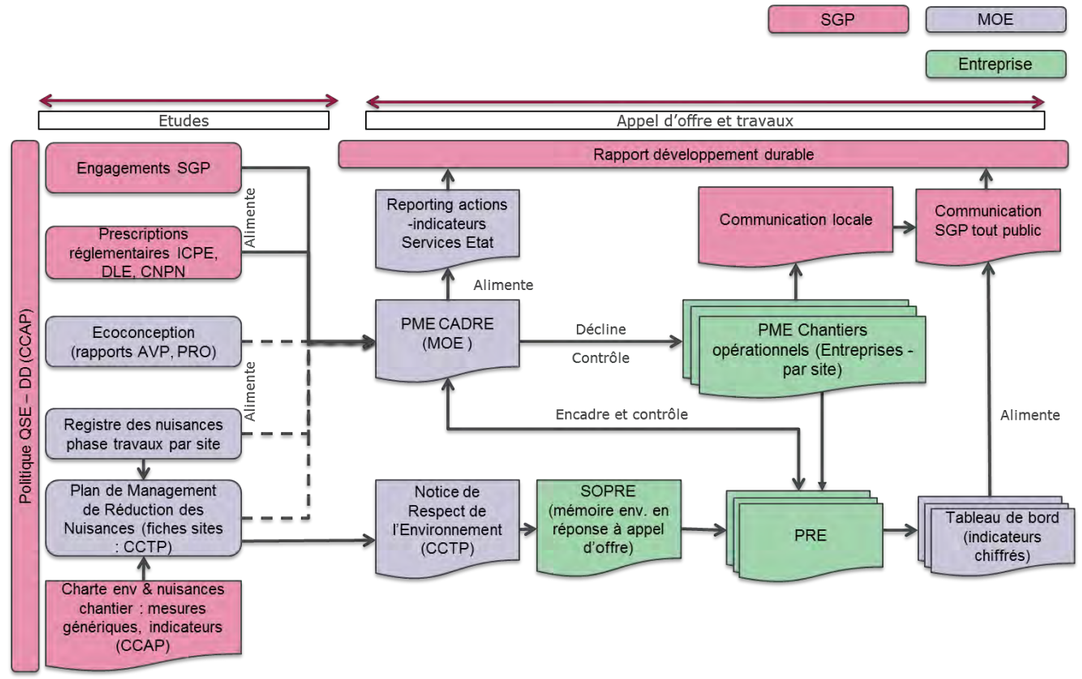


Schéma général de gestion de l'environnement du projet

L'implication des acteurs intervient donc de la manière suivante :

- la Société du Grand Paris pour initier et porter la démarche, définir les objectifs de programmation,

- la Maîtrise d'œuvre pour intégrer les intentions dans la conception et garantir leur faisabilité,

- les entreprises pour réaliser les intentions précisées,

- les exploitants pour s'assurer de l'efficience des solutions mises en place et mesurer l'empreinte de l'exploitation et du renouvellement des ouvrages sur l'environnement.

2. État initial de l’environnement

2.1 Définition des aires d'étude prises en compte

Les différentes thématiques ont été abordées suivant deux échelles d'analyse :

- Une échelle large couvrant l'ensemble des zones desservies par le réseau du Grand Paris Express, c'est-à-dire pratiquement l'entièreté de la région Ile-de-France, voire au-delà. L'analyse à cette échelle répond à deux objectifs :

    - Technique : certains impacts d'un projet d'infrastructure de transport ne sont pas localisés à la zone où celui-ci s'insère mais se propagent à une échelle beaucoup plus large grâce notamment aux connexions avec le réseau de transports en commun existants. Par exemple, l'amélioration de l'accessibilité des zones desservies par le projet profitera non seulement aux riverains des gares du projet mais également à tous les utilisateurs de la ligne en connexion avec le réseau existant. La réduction des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre est un autre exemple d'impact étendu à l'ensemble de l'Ile-de-France voire à l'ensemble du monde.

    - Réglementaire : de nombreux impacts du projet sont dépendants de la mise en service des autres lignes du Grand Paris Express. L'amélioration de l'accessibilité des zones desservies par le projet dépend par exemple des connexions entre le projet et les autres lignes du Grand Paris, en particulier des prolongements Ouest et Est (Lignes 15 Ouest et 16) ainsi que la Ligne 14 Sud. Réglementairement, l'étude des projets faisant partie d'un ensemble plus large doit donc être accompagnée d'une appréciation plus générale des enjeux et impacts à l'échelle de l'ensemble du programme, c'est-à-dire dans ce cas-ci du schéma d'ensemble du Grand Paris.

- L'échelle de la Ligne 15 Sud sens strict : un fuseau de 500 m de part et d'autre du tracé de référence retenu par la Société du Grand Paris.

  Cette échelle a permis d'établir avec exhaustivité les contraintes du territoires et les principaux impacts générés par la mise en œuvre du projet de Ligne 15 Sud. Elle permet en outre une localisation assez précise des ouvrages ou espaces existants et des enjeux qui leur sont associés. L'aire d'étude à l'échelle de la Ligne 15 Sud est présentée dans les illustrations suivant le schéma d'ensemble du Grand Paris. Des zooms à l'échelle de l'ouvrage permettent d'augmenter le niveau d'analyse lorsque les données existent et l'analyse est pertinente.

2.2 Climatologie

2.2.1 Méthode générale

Seules les données météorologiques ont été prises en compte dans ce thème. Le changement climatique et les éléments associés sont traités par ailleurs. Les données proviennent des services de Météo France.

2.2.2 Conclusions

Le contexte climatique de la région Ile-de-France ne constitue pas un enjeu environnemental vis-à-vis d'un projet de type métro souterrain, tel que celui de la Ligne 15sud.

Hiérarchisation des enjeux liés à la climatologie

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pas d'enjeu
Issy RER à Arcueil à-Cachan	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	
Vitry Centre à Champigny Centre	
Champigny Centre à Noisy-Champs	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

2.3 Relief - Topographie

2.3.1 Méthode générale

L'analyse topographique et la cartographie reposent sur le Modèle Numérique de Terrain fourni par l'Institut Géographique National.

Les éléments figurant sur l'orthophotographie et le scan 25 de l'IGN ont également été utilisés.

2.3.2 Conclusions

Les enjeux en lien avec la topographie sont localisés dans les secteurs d'Issy-les-Moulineaux, Arcueil-Cachan, Villejuif Institut Gustave Roussy et Villejuif Louis Aragon de la Ligne 15 Sud, où les pentes peuvent être localement fortes.

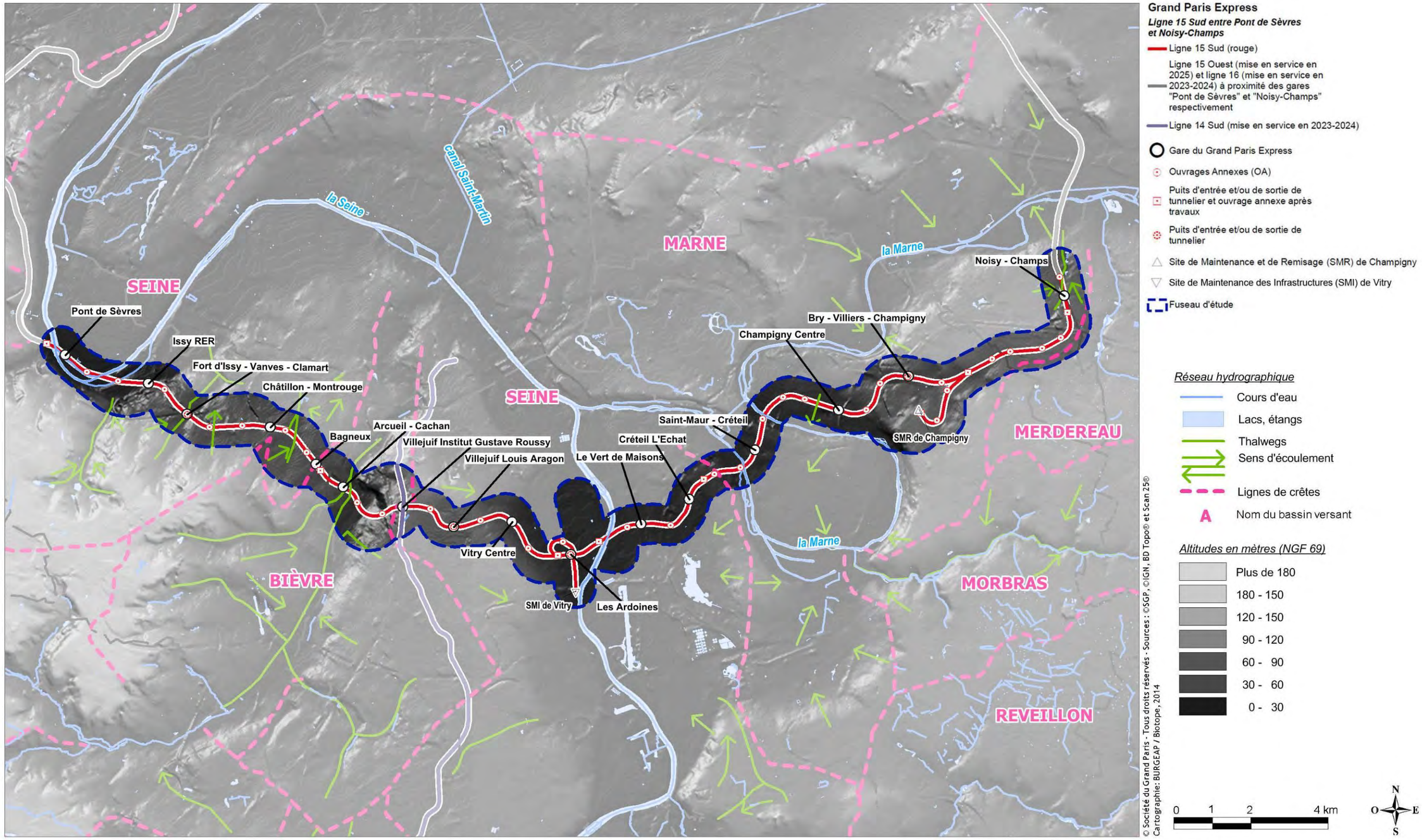
Hiérarchisation des enjeux géomorphologiques et topographique

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Relief relativement plat
Issy RER à Arcueil - Cachan	Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5%
Arcueil - Cachan à Vitry Centre	Pentes fortes dépassant localement 5%
Vitry Centre à Champigny Centre	Relief relativement plat
Champigny Centre à Noisy-Champs	Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5%

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Topographie générale et réseau hydrographique



2.4 Eaux superficielles et risques associés

2.4.1 Méthode générale

Les données proviennent de l'IGN pour la représentation cartographique générale, de l'Agence de l'Eau Seine Normandie et la DRIEE pour les représentations cartographiques relatives à la qualité des cours d'eau, aux masses d'eau et aux aquifères, de l'ARS Ile-de-France pour le positionnement des captages et les préconisations d'aménagement dans les secteurs de protections de ces derniers.

Les éléments du SDAGE Seine-Normandie et des SAGE concernés proviennent de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et de sites internet institutionnels sur ce sujet.

Concernant le risque inondation, les éléments utilisés proviennent des cotes de plus hautes eaux connues au niveau de Paris et des éléments contenus dans les PPRI de la Seine dans les Hauts de Seine, et de la Seine et de la Marne dans le Val de Marne.

Concernant la problématique des ruissellements superficiels, les éléments utilisés proviennent de l'analyse de la topographie et du relief, des gestionnaires de réseaux d'eaux pluviales sur la position des réseaux et des exigences figurant dans le SDAGE Seine Normandie et les documents d'urbanisme.

2.4.2 Conclusions

Les enjeux relevés vis-à-vis du réseau hydrographique sont de plusieurs ordres :

- Le fuseau de la Ligne 15sud traverse la Seine et la Marne en plusieurs points en souterrain :
    - Deux fois la Seine au niveau de Boulogne Billancourt, la Seine au niveau de Vitry-sur-Seine, deux fois la Marne au niveau de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés,
    - Ce passage en souterrain systématique réduit fortement les interactions potentielles entre le projet et les cours d'eau,
    - La présence de cours d'eau navigables peut permettre d'envisager l'utilisation de la voie d'eau pour des transports d'évacuation et/ou d'approvisionnement lors des chantiers,

- **Le respect de la qualité des cours d'eau**, notamment lors de la réalisation des travaux d'aménagement de l'infrastructure et des émergences (gares et ouvrages annexes). En effet, certains ouvrages s'inscrivent à proximité du cours d'eau et la Seine sert de voie de d'évacuation des déblais.

  Les cours d'eau de la zone étudiée, la Seine et la Marne, présentent une qualité médiocre mais en voie d'amélioration depuis plusieurs années.

  De manière globale, la Ligne 15sud ne devra pas compromettre l'atteinte des objectifs qualitatifs des cours d'eau de la zone d'étude, par le déversement direct ou indirect de produits polluants.

- **Le maintien de l'usage des eaux**, et notamment de la ressource en eau potable en raison de la présence des prises d'eau superficielles de Suresnes et d'Ivry-sur-Seine.

  La production d'eau potable provenant des cours d'eau, dont la Seine, est un enjeu essentiel de la Région Ile de France. Les sections de la Seine concernées par la zone d'étude sont aussi concernées par des prises d'eau. La première est protégée par une servitude réglementaire restreignant les rejets et les modes d'occupation des sols aux abords du cours d'eau.

- **La prise en compte des zones inondables** définies sur la base de la crue de 1910, crue référence dans la région :

  En effet, les communes riveraines de la Seine et de la Marne, et certaines communes proches de ces cours d'eau et traversées par le fuseau de la Ligne 15sud présentent des zonages réglementaires au titre des Plans de Prévention des Risques Inondation (PPRI) de la Seine dans les Hauts-de-Seine et, de la Seine et de la Marne dans le Val-de-Marne.

  Le respect des prescriptions aux différents zonages des PPRI constituent donc un enjeu aux aménagements.

- **La prise en compte des contraintes liées aux eaux pluviales** définies par la réglementation :

  Les ruissellements issus des eaux pluviales sont générateurs de risques lorsqu'ils ne sont pas maîtrisés. Le SDAGE Seine Normandie contient des prescriptions sur la gestion des eaux pluviales destinées à réduire les risques liés aux ruissellements. Les documents d'urbanisme également, en liaison avec les prescriptions des gestionnaires de réseau. Ces prescriptions préconisent une gestion des ruissellements au niveau de chaque parcelle par un contrôle des débits et de la qualité de l'eau qui en sortent.

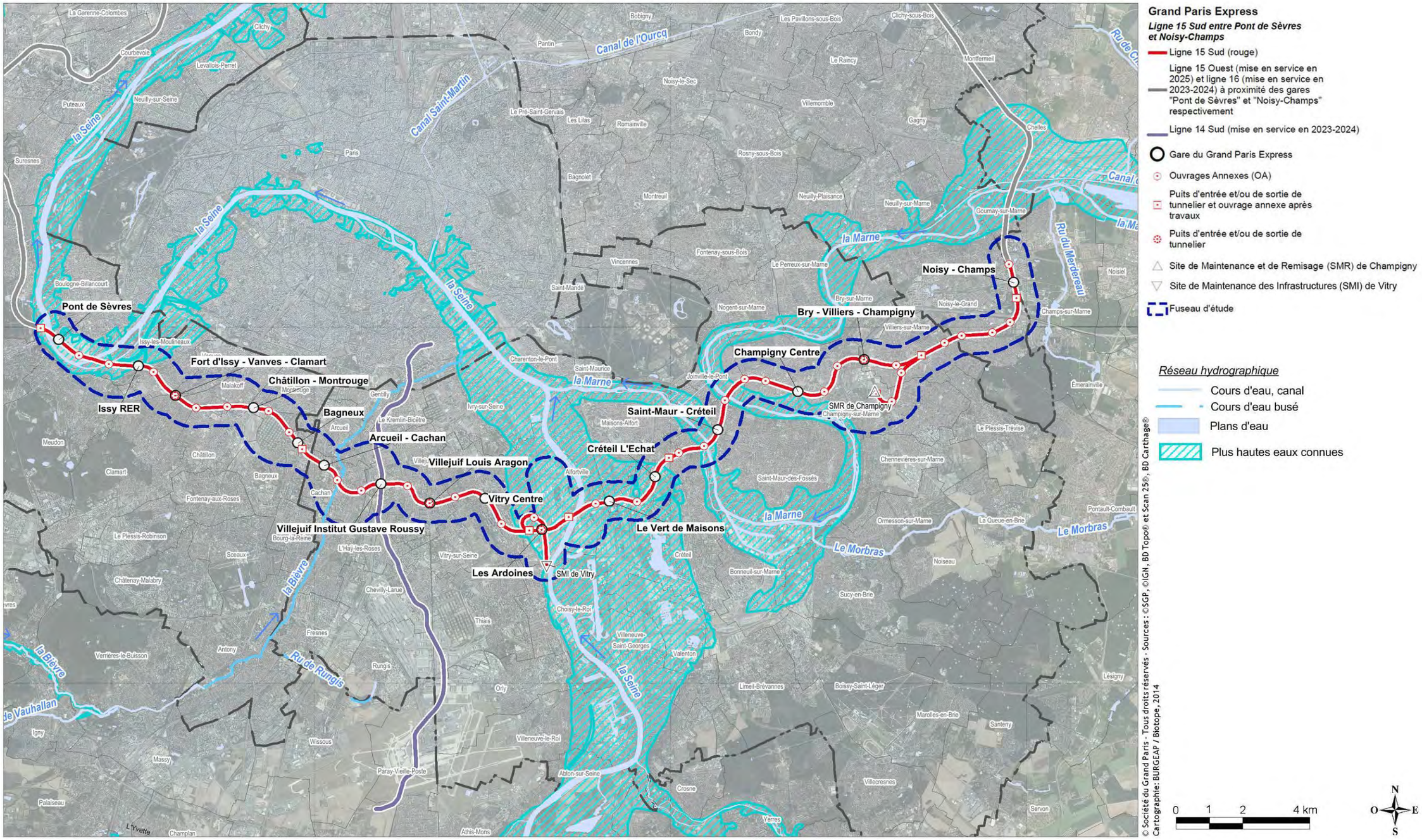
Hiérarchisation des enjeux liés au réseau hydrographique

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Risque d'inondation par débordement de la Seine (aléas fort et très fort sur certains secteurs)
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
Issy RER à Arcueil - Cachan	Qualité des eaux pluviales rejetée dans le secteur du bassin versant de la Bièvre en vue de sa découverture
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Prise en compte du SAGE de la Bièvre (non approuvé)
Arcueil - Cachan à Vitry Centre	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Qualité des eaux pluviales rejetée en aval du projet
Vitry Centre à Champigny Centre	Risque d'inondation par débordement de la Marne et de la Seine
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Prise en compte du SAGE Marne Confluence (non approuvé)
Champigny Centre à Noisy-Champs	Qualité des eaux pluviales rejetée en aval du projet
	Limitation des débits d'eaux pluviales en aval du projet
	Prise en compte du SAGE Marne Confluences (non approuvé)

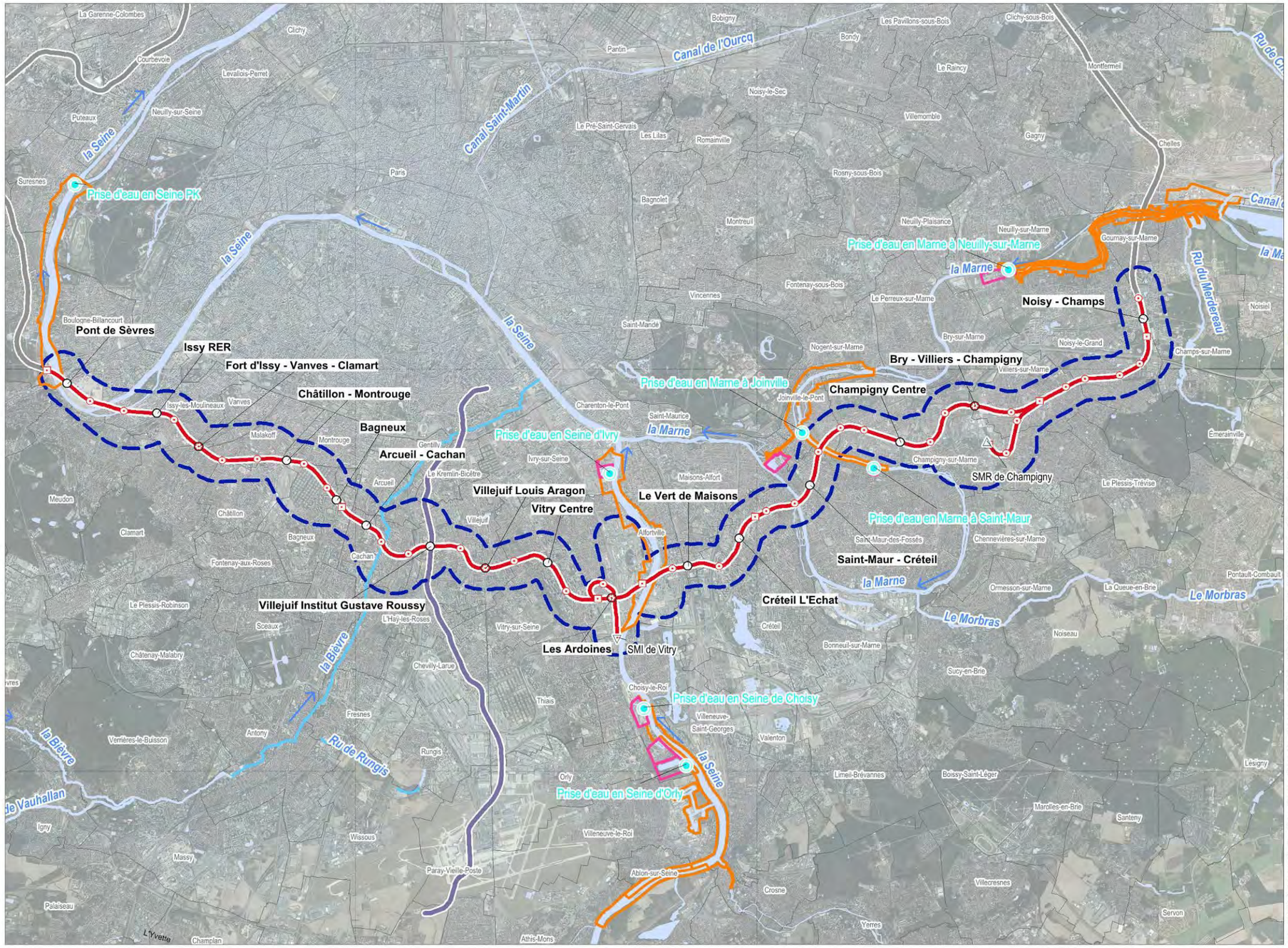
Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Réseau hydrographique et Plus Hautes Eaux connues



Localisation des captages d'eau potable liés aux cours d'eau



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

Réseau hydrographique

- Cours d'eau, canal
- Cours d'eau busé
- Plans d'eau

Captage eaux superficielles

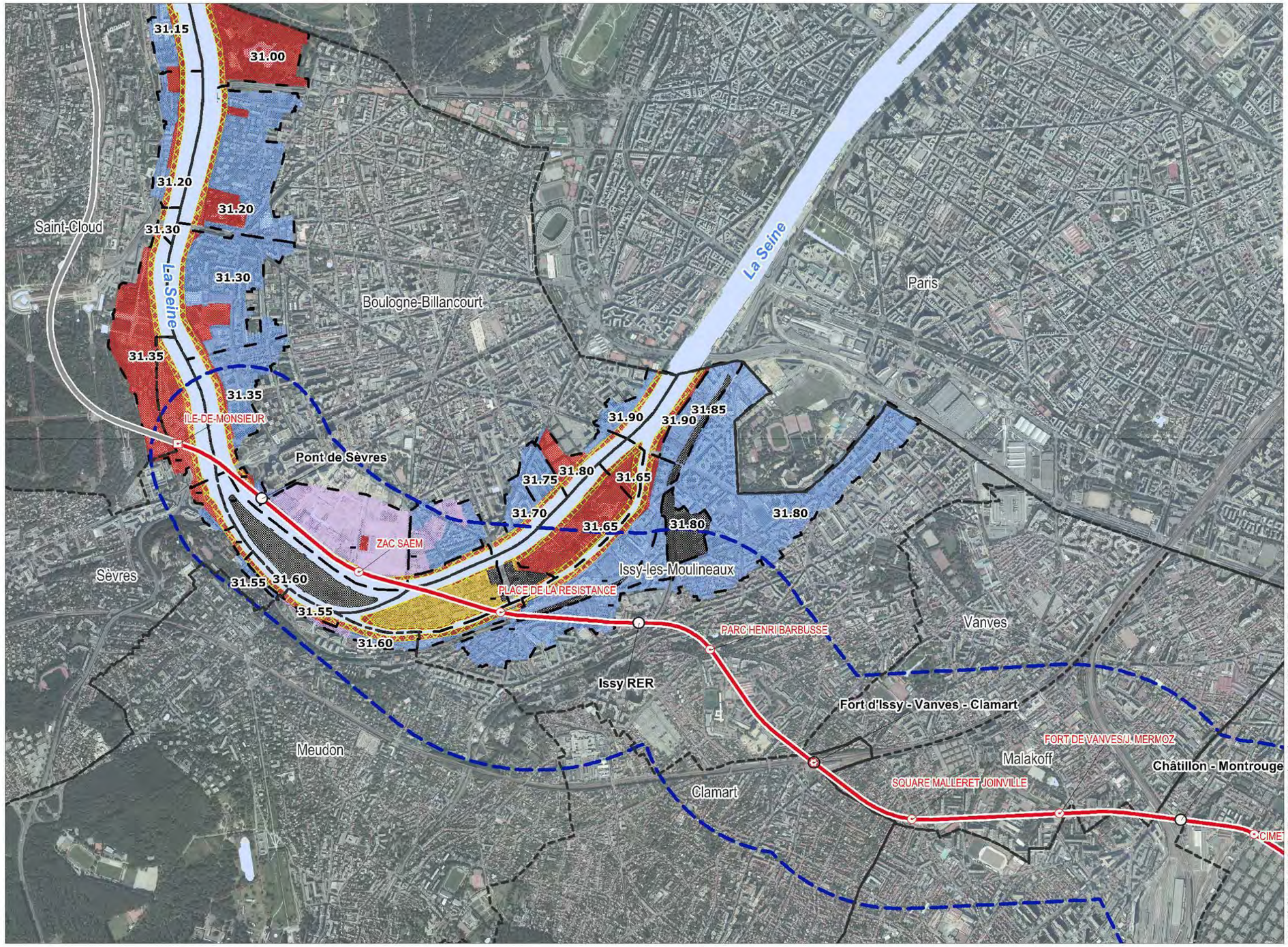
- Captage AEP
- Périmètre de protection immédiat
- Périmètre de protection rapproché

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®, BD Carthage®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

0 1 2 4 km

N O E S

Exemple de zonages d'inondation issus des PPRI en vigueur – secteur de Boulogne-Billancourt



Grand Paris Express

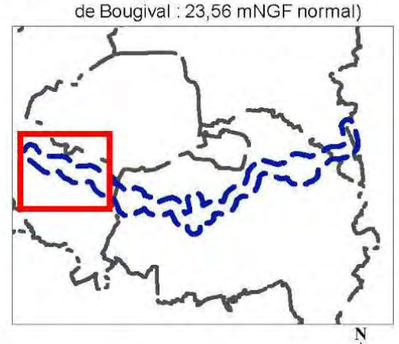
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

Zonage réglementaire

- Zone A - Zone à forts aléas et zone à préserver pour la capacité de stockage de la crue
- Zone B - Centre urbain
- Zone C - Zone urbaine dense
- Zone hors submersion (Règles spécifiques de construction applicables) (Niveau de référence égal à la cote de casier dans lequel l'ilôt est situé)
- Zone D - Zone de mutation urbaine
- Marge de recul de 30 mètres au maximum à partir de la crête de berge
- Limite de la zone inondable et des casiers

31.65 Hauteur d'eau des casiers. NGF normal (Retenue normale du Bief de Bougival : 23,56 mNGF normal)



0 1 2 4 km

N W E S

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

2.5 Géologie

2.5.1 Méthode générale

La description de la géologie a été réalisée à partir de deux sources d'informations distinctes et particulières :

- La géologie de surface a été analysée sur la base des cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

  Des précisions lithologiques et stratigraphiques ont été apportées grâce aux informations disponibles dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS, site internet INFOTERRE) et grâce aux informations contenues dans l'ouvrage de G. FILLIAT « La pratique des sols et fondations ».

- La géologie « profonde » a pu être étudiée sur la base des résultats de la campagne de reconnaissance géotechnique G11 et d'une partie des résultats de la campagne de reconnaissance G2 menée par la Société du Grand Paris (réalisation d'environ 450 sondages au total au fil d'une zone de passage préférentiel du métro).

  Cette analyse de la géologie sera précisée via l'exploitation des données qui seront recueillies lors des futures missions géotechniques (fin de la G12 notamment, en cours de réalisation) réalisées le long du tracé.

Les investigations géotechniques entreprises dès la phase d'études préliminaires ont ainsi permis :

- D'établir le modèle géologique du secteur de passage de la Ligne 15sud. Les investigations tout au long du fuseau d'étude fournissent la coupe géologique au droit de chaque sondage ; le travail de l'ingénieur géologue/géotechnicien a consisté à établir une coupe linéaire par corrélation entre ces points de sondages tout au long du fuseau d'étude de la Ligne 15sud,

- D'établir un modèle hydrogéologique. Les investigations ont permis de caractériser le ou les aquifères en présence, tant d'un point de vue piézométrique (niveau de la ou des nappes) que d'un point de vue perméabilité (paramètre permettant d'estimer les venues d'eau),

- De caractériser les couches rencontrées tant d'un point de vue mécanique (paramètres permettant de dimensionner les ouvrages de génie civil) qu'environnemental (paramètres permettant de déterminer la destination d'évacuation des déblais).

L'approche fait au travers des sondages de reconnaissance de la mission G1 correspond à la première phase de caractérisation du contexte géologique du secteur étudiée. Elle sera complétée par la réalisation de sondages géotechniques G2, G3 et G4 suivant la réglementation en vigueur.

2.5.2 Conclusions

L'analyse du contexte géologique du fuseau d'étude de la Ligne 15sud révèle une succession de strates de propriétés très hétérogènes contenant parfois du gypse.

Les missions de reconnaissance géotechnique G11 et G12 associées aux travaux de définition ont permis de déterminer les propriétés des différentes couches géologiques vis-à-vis des travaux à entreprendre.

La succession des couches que le tunnel traversera engendre certaines contraintes vis-à-vis du creusement par la méthode de tunnelier. Les principales d'entre-elles sont les suivantes : hétérogénéité de la couche, plasticité de l'argile, présence de silex ou gypse, vides karstiques…

Toutefois, les enjeux associés paraissent faibles puisque pris en compte dans le protocole du choix et de la mise en œuvre du tunnel (présenté dans l'analyse des impacts).

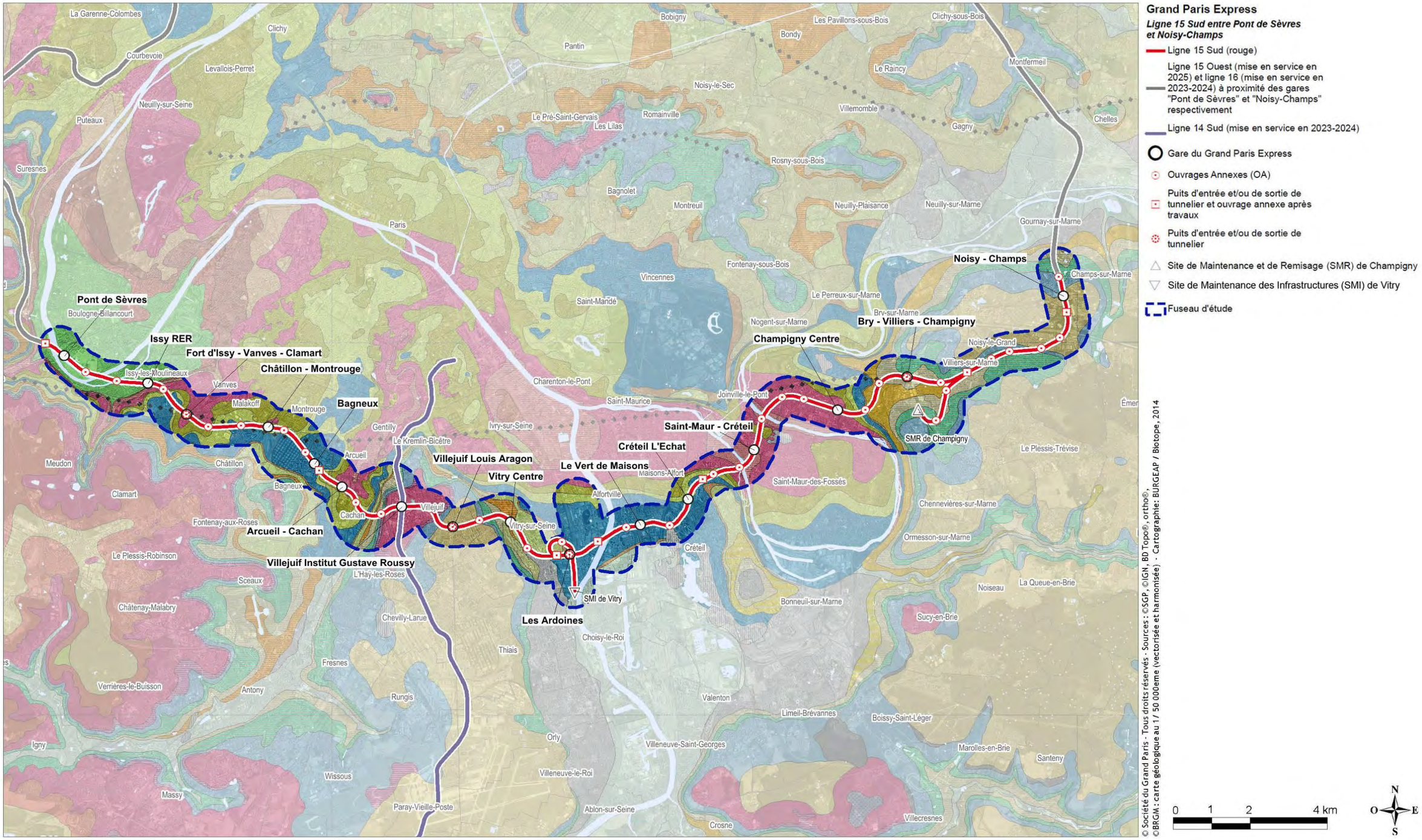
Hiérarchisation des enjeux liés à la géologie

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Alluvions sur craie
	Pas d'anciennes carrières
	Pas de gypse
Issy RER à Arcueil-Cachan	Hétérogénéité des couches géologiques présentes – Dont des remblais
	Anciennes carrières de calcaire grossier souterraines
	Absence de couche de gypse continue (quelques passages repérés localement) Pas de zone de dissolution de gypse cartographiée par l'IGC
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Hétérogénéité des couches géologiques présentes
	Anciennes carrières souterraines localisées
	Présence de couche de gypse continue Pas de zone de dissolution de gypse cartographiée par l'IGC
Vitry Centre à Champigny Centre	Hétérogénéité des couches géologiques présentes
	Anciennes carrières souterraines localisées
	Absence de couche de gypse continue (quelques passages repérés localement) Pas de zone de dissolution de gypse cartographiée par l'IGC
Champigny Centre à Noisy-Champs	Hétérogénéité des couches géologiques présentes
	Anciennes carrières souterraines localisées
	Pas de gypse Pas de zone de dissolution de gypse cartographiée par l'IGC

Légende :

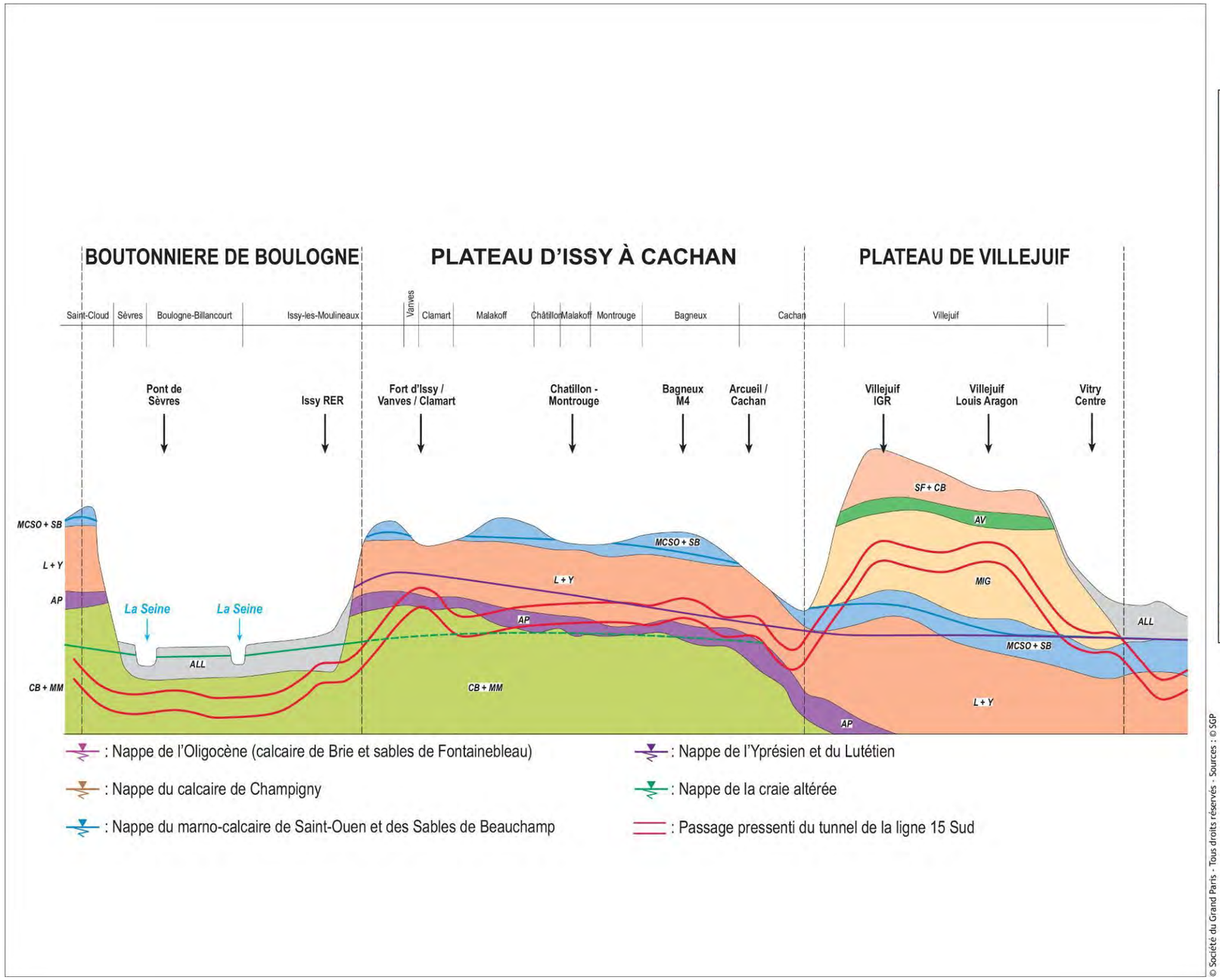
Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

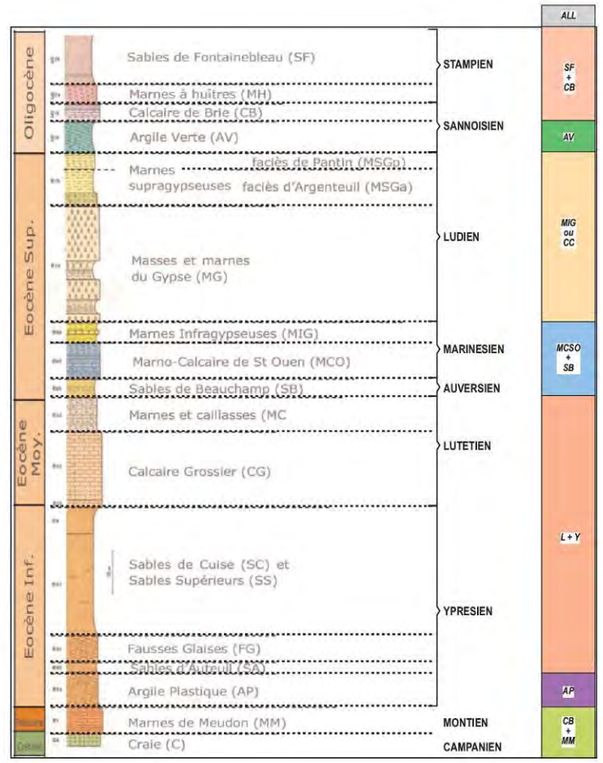
Géologie de surface – Extrait de la carte géologique du BRGM





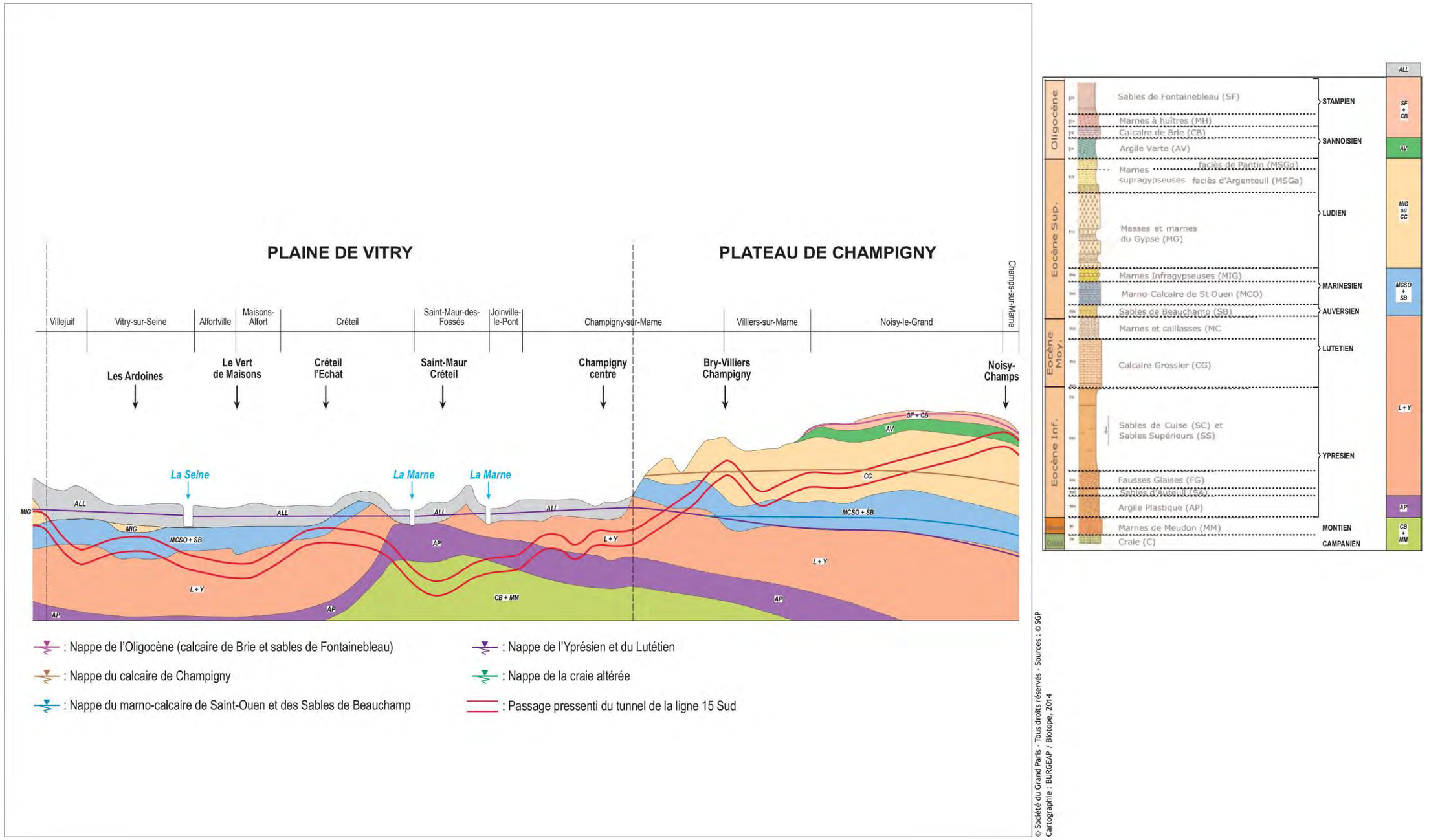
Légende de la carte géologique
(Données issues des cartes géologiques du Bureau de Recherches Géologiques et Minières)





© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

Coupe géologique simplifiée au droit du secteur pressenti pour le passage de la Ligne 15 Sud – Partie occidentale de l'aire d'étude
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Biotope, 2014

Coupe géologique simplifiée au droit du secteur pressenti pour le passage de la Ligne 15 Sud – Partie orientale de l'aire d'étude
(Données issues du croisement des données bibliographiques et des campagnes géotechniques)

2.6 Risques géologiques

2.6.1 Méthode générale

Les risques géologiques ont été appréciés suivant deux approches distinctes :

- **Une approche technique** transcrite au sein des conclusions issues des études préliminaires approfondies.

  Il a été ainsi été défini les secteurs où les contraintes mécaniques du sous-sol sont les plus favorables ou les plus défavorables à la réalisation d'un ouvrage de type métro souterrain par une technique de tunnelier (présence de carrières, suspections de secteur baigné de gypse sensible aux phénomènes de dissolution,…).

- **Une approche réglementaire** qui a consisté à identifier et étudier l'ensemble des documents de préventions des risques en vigueur : Plan de Prévention des Risques naturels (PPRn) – Mouvement de Terrain, projet de PPRn, Zonages R111-3 du Code de l'urbanisme, incidents recensés par les services du BRGM (glissement de terrain, effondrement). Au stade de l'état initial, le travail s'est limité à cartographier l'emplacement du risque ainsi que le document servant de référence réglementaire.

Les principaux risques étudiés ont été :

- La présence des anciennes carrières souterraines et aériennes, dont les techniques de comblement suite à l'arrêt de l'activité sont souvent indéterminées,
- La présence de bandes gypseuses dans le sous-sol sensible au phénomène de dissolution du gypse,
- La présence de phénomène de retrait-gonflement des argiles,
- Les phénomènes de glissement de terrains.

2.6.2 Conclusions

A l'échelle du fuseau de la ligne rouge 15 Sud, les risques naturels d'origine géologique représentent un enjeu particulièrement fort, principalement lié à la présence d'anciennes carrières, aériennes et souterraines, entraînant des problématiques d'effondrements. Ces carrières se localisent principalement au niveau du plateau entre le secteur d'Issy RER et Arcueil-Cachan ;

Le tableau ci-dessous montre d'ailleurs que de nombreuses communes concernées par le fuseau présentent une réglementation spécifique sur les risques géologiques en vigueur ou en cours d'élaboration.

La présence de gypse dans certaines couches géologiques traversées par le tunnel pose la problématique de stabilité des terrains lors des opérations de creusement en raison de la sensibilité de cette roche aux circulations d'eau. Le phénomène de dissolution peut être en effet à l'origine de désordres importants en sous-sol d'abord, en surface ensuite, sous forme d'affaissements et d'effondrements.

Le phénomène de dissolution du gypse ne fait pas l'objet de PPRn – Mouvement de terrain en vigueur sur la zone étudiée.

Département	Communes du fuseau	Prescription par arrêté préfectoral	Enquête publique	Approbation par arrêté préfectoral
Zone R111.3 Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)				
92	Issy-les-Moulineaux	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Vanves	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Clamart	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Malakoff	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Châtillon	-	26/10/1984	07/08/1985
92	Bagneux	-	26/10/1984	07/08/1985
PPRn Mouvement de terrain – Affaissements et effondrements liés aux cavités souterraines (hors mines)				
94	Cachan	01/08/2001	-	-
94	Villejuif	01/08/2001	-	-
94	Vitry-sur-Seine	01/08/2001	-	-
94	Maisons-Alfort	01/08/2001	-	-
94	Créteil	01/08/2001	-	-
94	Saint-Maur-des-Fossés	01/08/2001	-	-
94	Joinville-le-Pont	01/08/2001	-	-
94	Champigny-sur-Marne	01/08/2001	-	-
PPRn Mouvement de terrain – Tassements différentiels				
94	Cachan	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Villejuif	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Alfortville	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Créteil	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Saint-Maur-des-Fossés	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Champigny-sur-Marne	09/07/2001	11/02/2012	-
94	Villiers-sur-Marne	09/07/2001	11/02/2012	-
93	Noisy-le-Grand	23/07/2001	-	-

Législation vis-à-vis des carrières des communes de l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud
(Données issues de la base de données du site http://prim.net)



Carrières souterraines - Galerie exploitée par hagues et bourrages, sans consolidation.

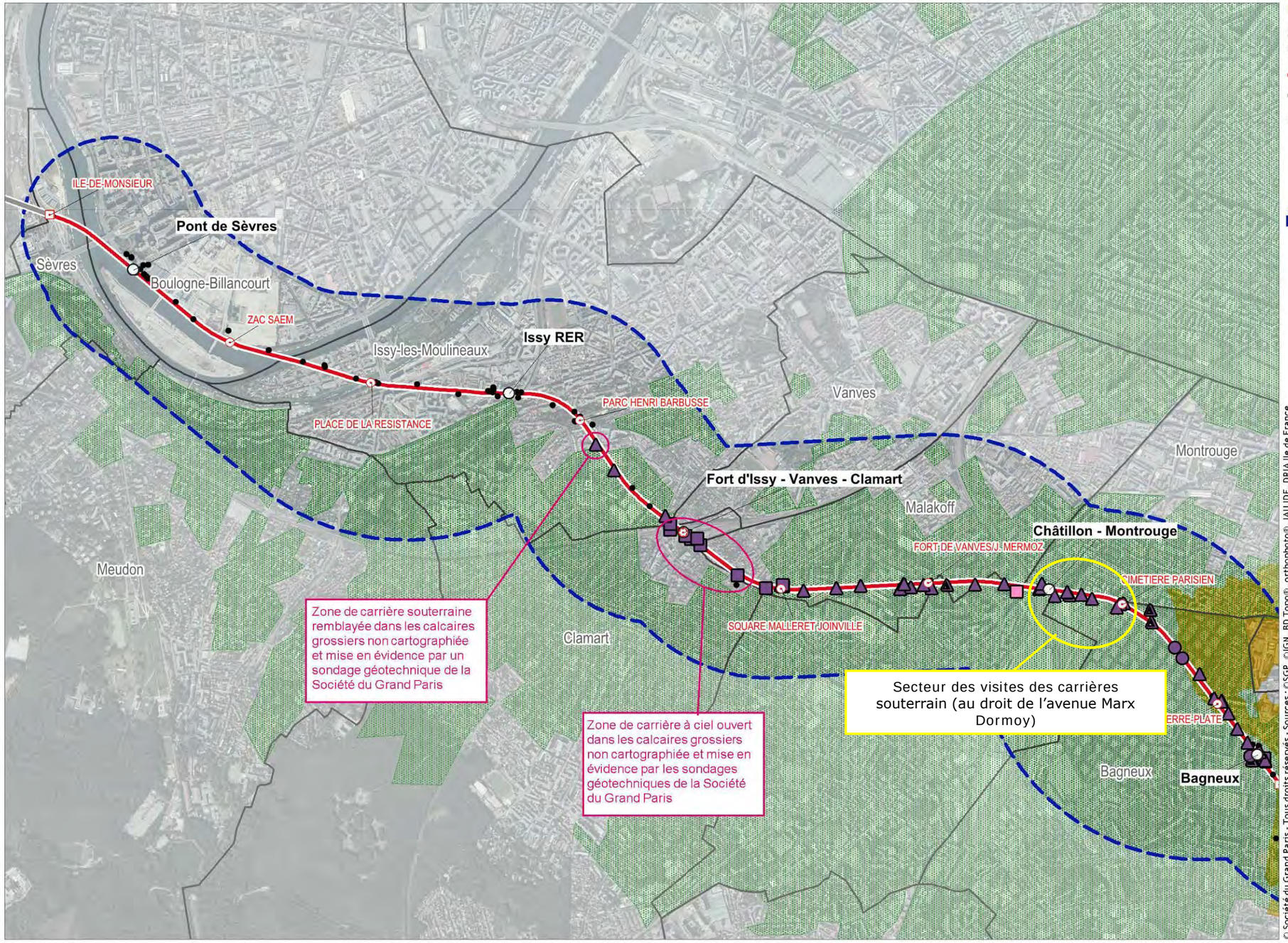


Carrières souterraines - Chambre de dimensions assez importantes confortée par des piliers à bras (état plutôt bon).

Hiérarchisation des enjeux liés à la géologie et risques associés

Section	Niveau d'enjeu	
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Présence potentielle d'anciennes carrières	
	Absence de zones gypseuses	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul	
	Absence de couches argileuses dans le sous-sol	
Issy RER à Arcueil - Cachan	Présence d'anciennes carrières souterraines - Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblai épais	
	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à faible profondeur	
Arcueil–Cachan à Vitry Centre	Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblai parfois épais	
	Présence de niveaux de gypse plurimétriques dans certaines couches lithologiques, potentiellement en eau	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à forte profondeur	
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence d'anciennes carrières souterraines et à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblais parfois épais	
	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques potentiellement en eau entre Vitry-sur-Seine et Créteil	Absence de zones gypseuses entre Créteil et Champigny-sur-Marne
	Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à faible profondeur	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence potentielle d'anciennes carrières	
	Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines dans les Calcaires de Champigny	
	Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.	
	Présence de couches argileuses dans le sous-sol à forte profondeur	

Localisation et typologie d'exploitation des carrières
(Données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

Anciennes carrières (IGC et CG94)

- Carrières souterraines répertoriées

Zonage R-111-3

- Zones sous-minées (présence potentielle de carrières)

Sondages de la campagne géotechnique G1et G2

Formations

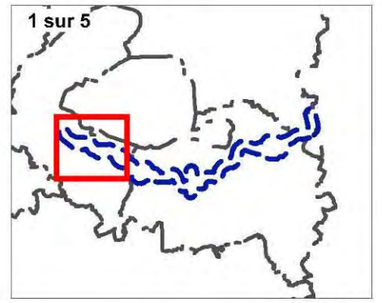
- Calcaire grossier
- Marnes et caillasses
- Sables de Fontainebleau

Types

- Carrière à ciel ouvert remblayée
- Carrière souterraine remblayée
- Carrière en partie remblayée
- Carrière non remblayée

Autres

- Sondages de la campagne géotechnique G1 et G2



0 250 500 1000 m

N O E S

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo®, orthophoto®, IAU IDF, DRIA Ile de France
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

2.7 Hydrogéologie

2.7.1 Méthode générale

La description de l'hydrogéologie a été réalisée à partir :

- De données bibliographiques générales :
  - Des cartes hydrogéologiques de l'Atlas des Nappes Aquifères de la Région Parisienne du BRGM (Service Géologique Régional Bassin de Paris, 1970),
  - De la carte hydrogéologique de PARIS du BRGM (DIFFRE, 1970),
  - De la synthèse hydrogéologique de la région parisienne du BRGM (Feuille N°183, rapport BRGM DSGR.66.A66/1966),
  - De l'ouvrage Hydrogéologie du Bassin de Paris de Claude Mégnien (1979),
  - Du SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers Normands,
  - De la Banque de données du Sous-sol (BSS, site internet INFOTERRE),
  - Des archives BURGEAP.

- De données acquises *in situ*, au cours des campagnes piézométriques et missions géotechniques réalisées par la Société du Grand Paris dans le cadre des études précédentes. En effet, dans le cadre de ces études, une campagne de travaux de reconnaissance a été entreprise au droit de la Ligne 15sud. Cette campagne de reconnaissance des eaux souterraines a compris :
  - La réalisation de nombreux sondages au sein du fuseau d'étude (environ 450) et leur relevé topographique,
  - Des prélèvements et analyses de sols à différentes profondeurs définies au préalable (mission de reconnaissances géotechniques),
  - Des prélèvements et analyses des eaux souterraines dans les ouvrages équipés en piézomètres.

  La piézométrie des nappes a été ajustée *via* l'intégration de données récentes contenues dans les archives BURGEAP et celles issues des études géotechniques comprenant la réalisation de nombreux sondages de sol.

  Des précisions piézométriques ont été apportées grâce aux informations disponibles dans la Banque de données du Sous-sol (BSS, site internet http://infoterre.brgm.fr/). Le Guide d'aide à la décision pour l'installation de pompes à chaleur sur nappe aquifère en région Parisienne (Rapport BRGM/RP-53306-FR) a fourni des informations précieuses pour caractériser les nappes aquifères régionales, notamment en termes de productivité.

  Les gammes de perméabilité des nappes aquifères données sont approximatives et résultent pour la plupart de la synthèse des données du BRGM et de la connaissance du contexte hydrogéologique.

- De données issues des modélisations hydrogéologiques réalisées dans le cadre de la présente étude d'impact. En effet, une modélisation a été réalisée afin de :
  - Préciser l'état initial hydrogéologique et d'évaluer les impacts hydrogéologiques du projet dans le secteur de Boulogne Billancourt, à l'Ouest du fuseau,
  - Préciser l'état initial hydrogéologique et d'évaluer les impacts hydrogéologiques du projet dans le secteur situé entre Issy RER et Vitry sur Seine,
  - Préciser l'état initial hydrogéologique et d'évaluer les impacts hydrogéologiques du projet dans le secteur situé entre Vitry sur Seine et Champigny sur Marne.

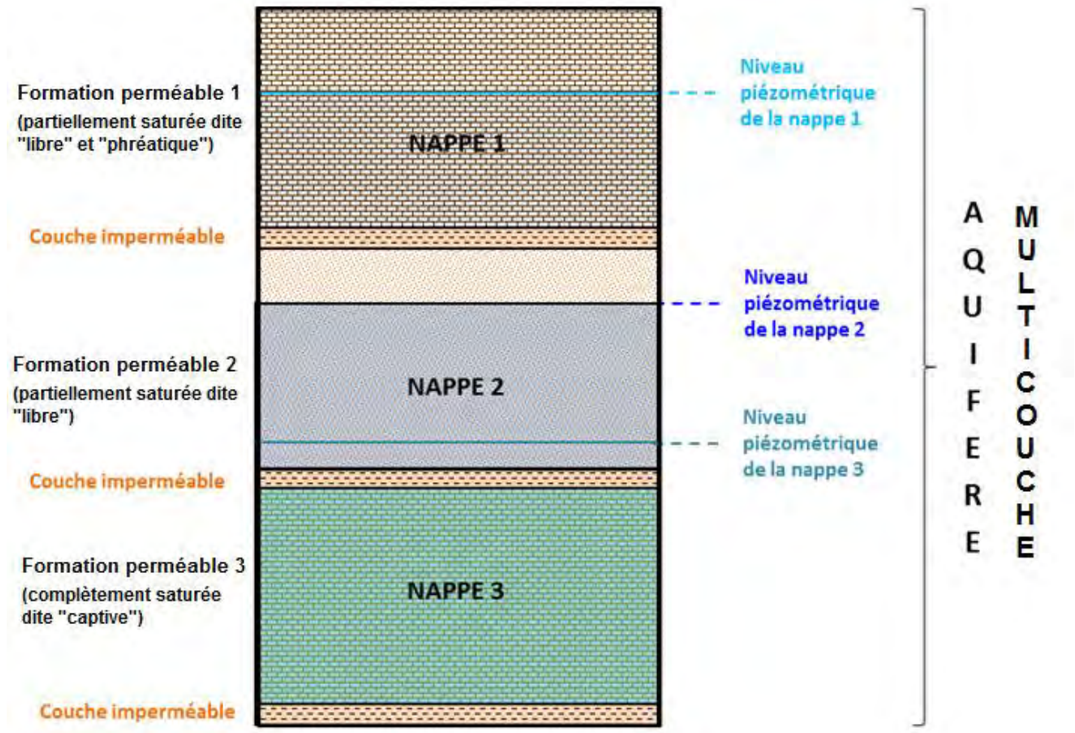


Schéma conceptuel d'un aquifère multicouche

2.7.2 Conclusions

D'un point de vue hydrogéologique, les principaux enjeux résultent de l'interférence du tunnel avec les différentes nappes puisque le fuseau de la Ligne 15sud recoupe la majorité des grands aquifères de la Région Ile-de-France.

La présence du tunnel et des ouvrages est susceptible de perturber l'écoulement naturel de ces nappes, engendrant ainsi un effet barrage potentiel.

Les nappes constituent une contrainte pour la réalisation des ouvrages et implique la nécessité de pompage et d'assèchements du fond de fouille. D'autre part les modifications de piézométrie peuvent modifier la pression au sein du sol et du sous-sol.

La gestion des eaux pompées est également une contrainte de la phase chantier : elle nécessite en effet une solution d'évacuation. La qualité de l'eau pompée est également de ce fait une contrainte.

Enfin, le territoire admet plusieurs zones où l'aléa de remontée de nappe est fort. La partie Ouest, dans le secteur de Boulogne Billancourt et la Plaine de Vitry sur Seine sont particulièrement concernés.

Hiérarchisation des enjeux hydrogéologiques

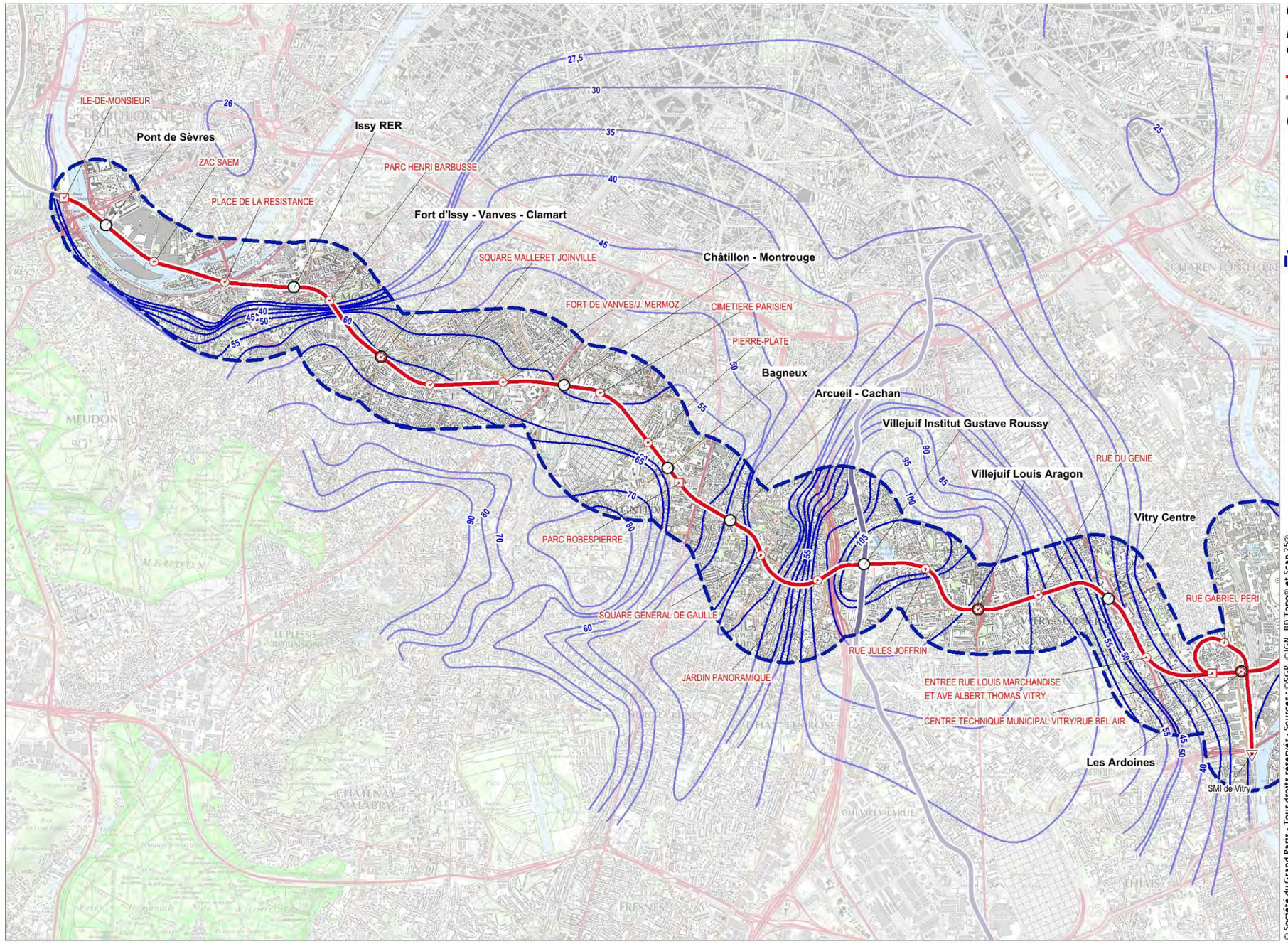
Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Issy RER à Arcueil - Cachan	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Arcueil – Cachan à Vitry Centre	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Vitry Centre à Champigny Centre	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes
Champigny Centre à Noisy-Champs	Risques associés à l'effet barrage
	Risques associés à la réalisation de pompages d'eau souterraine
	Risques associés au rejet des eaux souterraines
	Risques associés à la mise en communication de nappes

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Carte piézométrique de la nappe phréatique au droit de la Ligne 15 Sud (planche 1/2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)

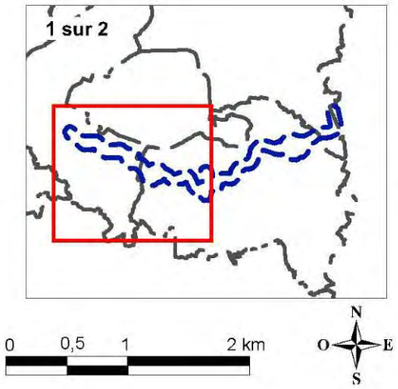


Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe aprés travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- —40— Courbes isopièzes* de la nappe phréatique (cote m NGF)

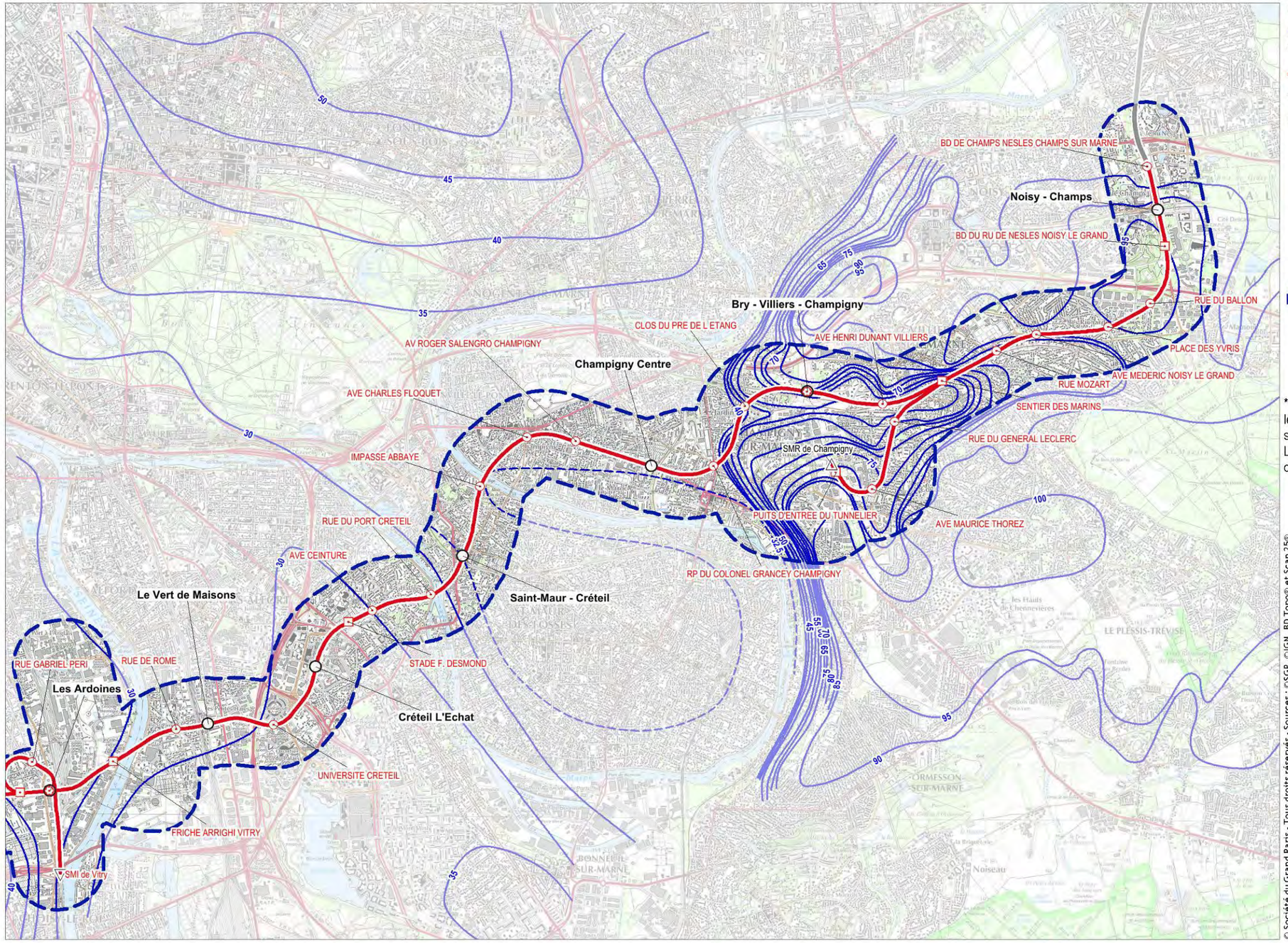
* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

Carte piézométrique de la nappe phréatique au droit de la Ligne 15 Sud (planche 2/2)

(Carte issue du croisement de données bibliographiques, données internes, données issues des campagnes géotechniques G1 et G2)



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Scan 25®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

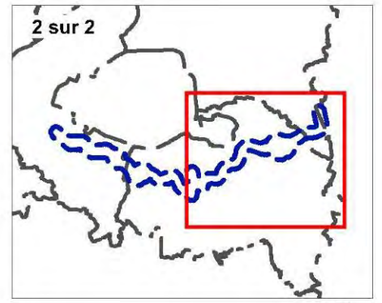
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

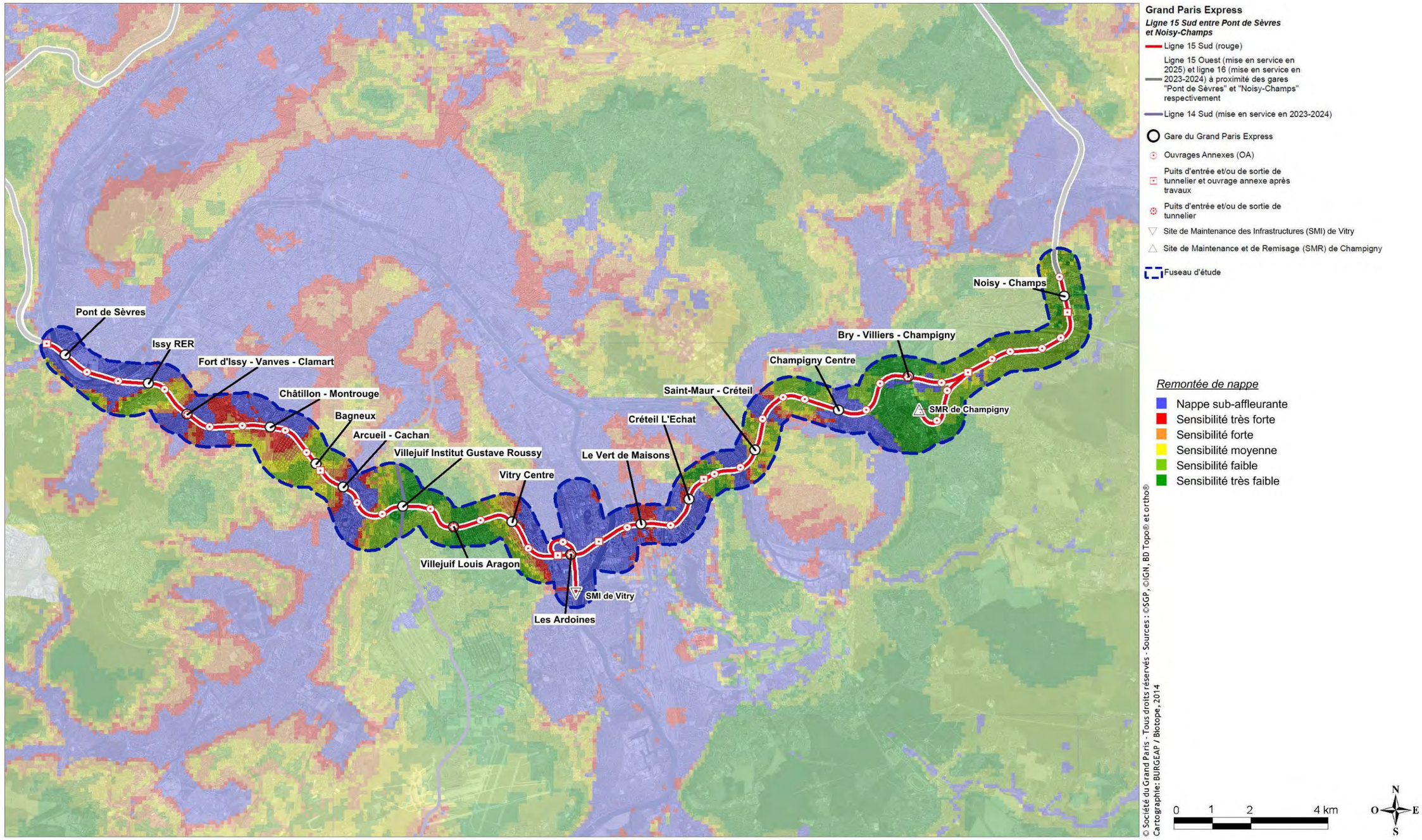
- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

—30— Courbes isopièzes* de la nappe phréatique (cote m NGF)

* Une isopièze est une courbe joignant, sur une carte, les points d'égale hauteur piézométrique d'une nappe souterraine donnée.
Les eaux s'écoulent perpendiculairement à ces courbes, des cotes les plus hautes vers les cotes les plus basses.



Sensibilité des territoires au risque de remontée de nappe
(Données issues du site inondationsnappes.fr)



2.8 Occupation du sous-sol

2.8.1 Méthode générale

Au stade de la présente étude d'impact, la méthodologie entreprise constitue une première approche de la sensibilité du sous-sol vis-à-vis des ouvrages déjà existant.

Cette analyse repose sur les postulats suivants :

- Les boucles locales des réseaux (celles qui desservent chaque bâtiment) ne sont pas prises en compte. Elles sont situées proches de la surface du sol et sont dévoyées par tous les chantiers.
- Les ouvrages des gares existantes et qui doivent faire l'objet de travaux de correspondance ne sont pas décrits ici : ces ouvrages sont pris en compte dans le projet et, de fait, des mesures particulières sont prises.

Pour définir le mode d'occupation du sous-sol, ont ainsi été analysés les réseaux à vocation régionale ou départementale, ceux qui présentent de gros ouvrages peu ou pas déplaçables :

- Les principaux réseaux rencontrés généralement en agglomération : Gaz, pétrole (TRAPIL), eaux usées et potables, électricité, réseau de chaleur urbaine,
- Les principales infrastructures structurantes : transport en commun ferré (RER, Transilien), transport en commun guidé (métro, tramway), axes routiers (Autoroute et principales nationales),
- Les zones de bâtis de grande hauteur, où des fondations profondes sont suspectées.

Les données ont été récoltées auprès :

- Des gestionnaires des réseaux principalement, via les procédures officielles réalisées par le maître d'œuvre,
- Des données issues de la DRIEA concernant les principales infrastructures routières,
- Des visites sur site concernant le bâti couplées aux informations recueillis par les partenaires publics au projet.

2.8.2 Conclusions sur les réseaux et infrastructures

Les enjeux concernant les réseaux souterrains sont identifiés au niveau des :

- Canalisations de gaz : rencontrées au niveau de la gare Pont de Sèvres, de celle des Ardoines ;
- Réseaux TRAPIL : sur le territoire communal de Vitry sur Seine ;
- Réseaux CPCU : identifié au niveau du Pont de Sèvres et de Vitry sur Seine,
- Réseau d'eau potable : Aqueduc du Loing et de la Vanne au niveau d'Arcueil Cachan ;
- Réseau d'eau usée : ces réseaux sont présents sur l'ensemble du fuseau.

Tous les réseaux existants ne sont pas recensés dans la présente étude. Des recherches plus approfondies seront réalisées en phase projet, notamment sur les réseaux locaux de distribution existants au droit du tunnel, des émergences et des gares.

2.8.3 Conclusions

Une grande partie du fuseau de la Ligne 15sud se situe dans une zone fortement urbanisée, Dans ces secteurs, la complexité de l'occupation du sous-sol rend les projets souterrains particulièrement sensibles à l'existant.

Les éléments présentés dans ce rapport, synthétiques et non exhaustifs, mettent en évidence les principaux enjeux relatifs à la mise en œuvre de la Ligne 15sud. Ils seront complétés par des études plus localisées et une connaissance fine des éléments situés au droit la zone de passage préférentiel de la Ligne 15sud, pour connaitre les contraintes et en tenir compte dans les modalités constructives.

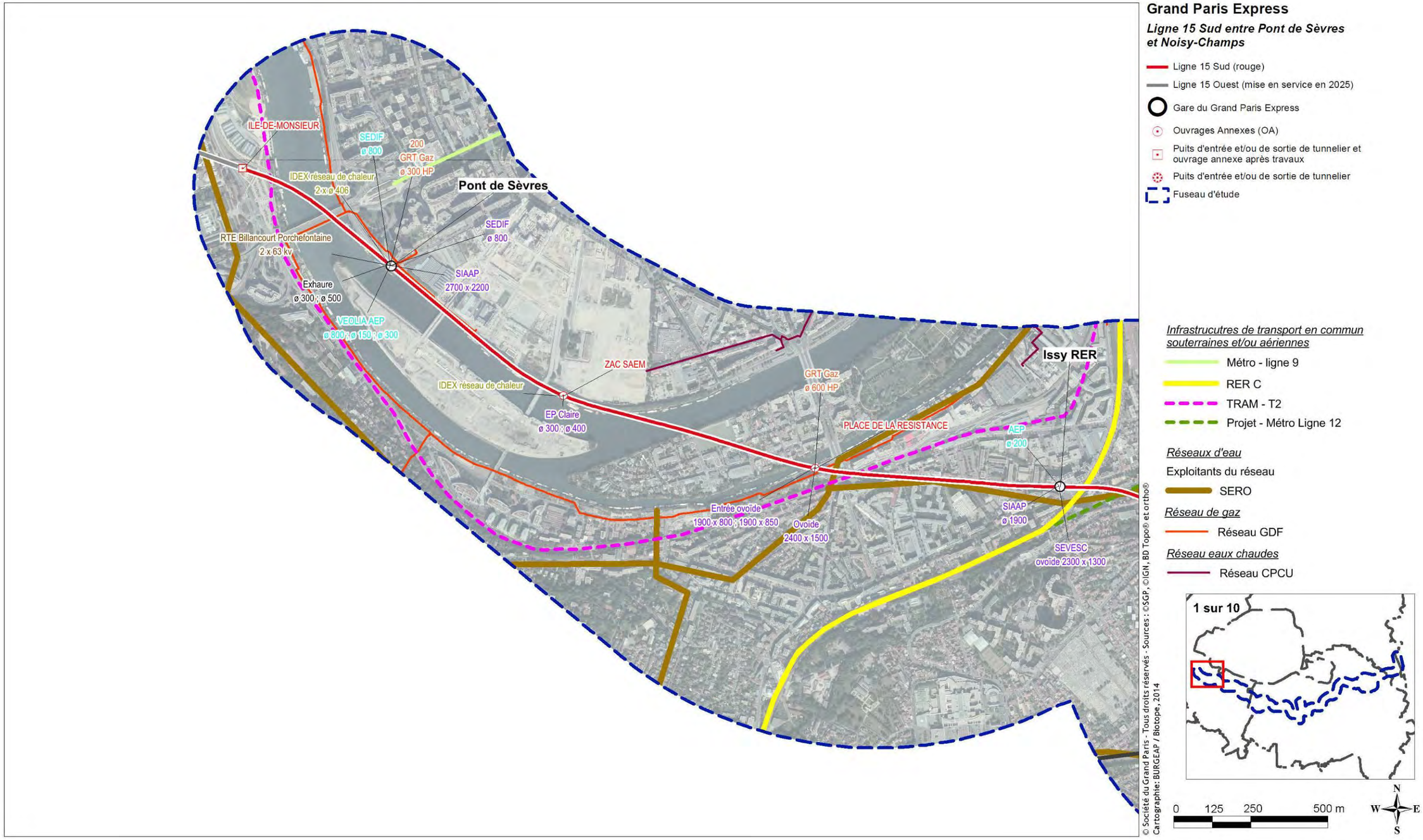
Hiérarchisation des enjeux liés à l'occupation du sous-sol

Sections	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence de réseaux souterrains et fondation de bâti (réseaux CPCU, gaz, SIAAP, électricité, bâtiments de grande hauteur)
Issy RER à Arcueil Cachan	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence dense de réseaux souterrains et fondations de bâtis (réseau CPCU, Dalkia, réseau TRAPIL, réseaux de gaz, réseaux SIAAP, réseaux de transport d'électricité, bâtiments de grande hauteur) au niveau des communes de Vitry-sur-Seine et Créteil, et particulièrement sur le secteur des Ardoines et de Créteil l'Echat.
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence ponctuelle de réseaux souterrains et fondations de bâtis (bâtiment de très grande hauteur avec fondations potentiellement profondes, réseaux SIAAP, réseaux de gaz)

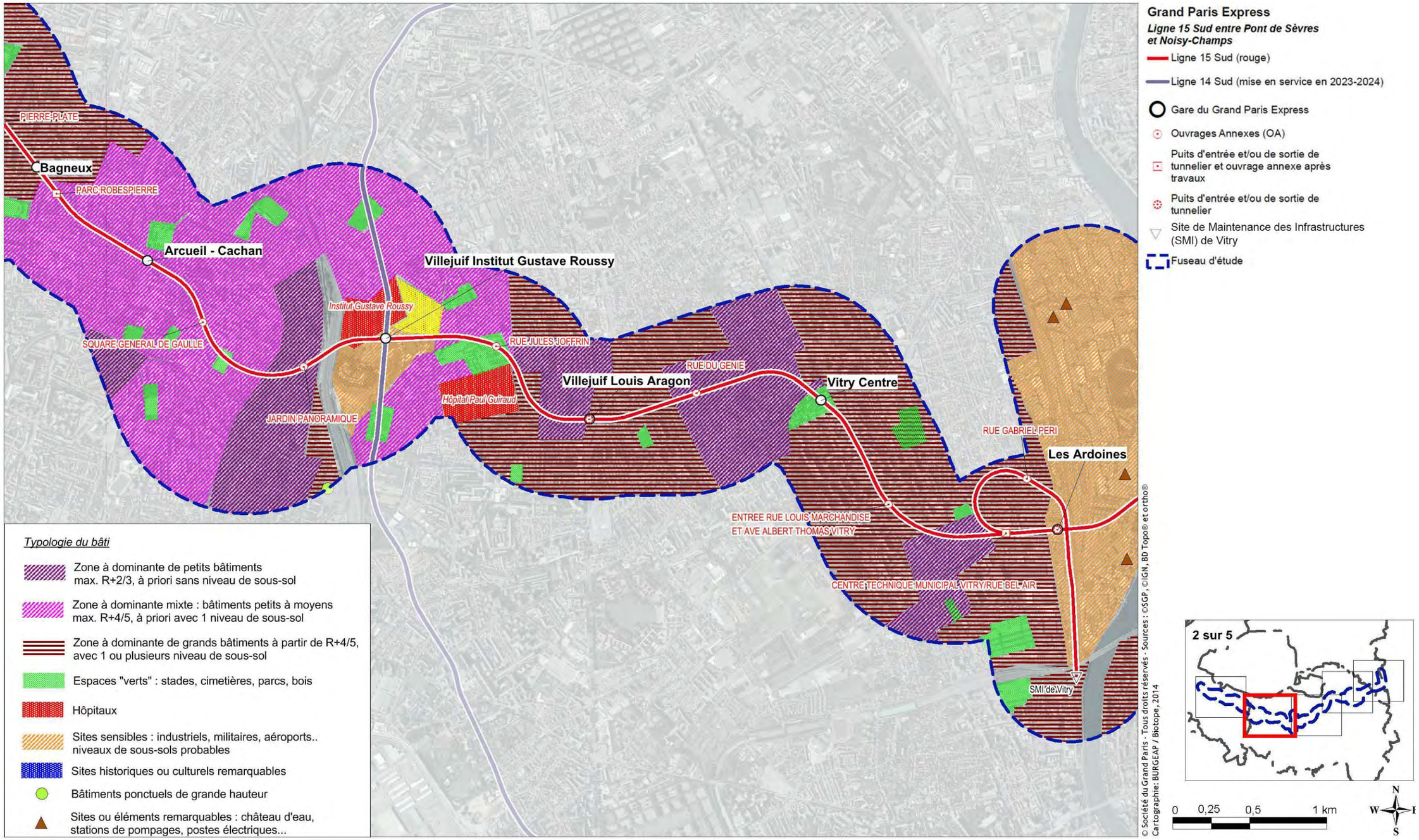
Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Exemple de l'implantation des réseaux et infrastructures – secteur de Pont de Sèvres



Typologie du bâti et fondations – Secteur Bagneux – Les Ardoines



2.9 Gestion des terres et milieux pollués

2.9.1 Méthode relative à la gestion des déblais

L'analyse de l'état initial relatif à la gestion des déblais s'appuie sur l'état des lieux de la production des déchets du bâtiment et des travaux publics, des flux et des filières de gestion à l'échelle de l'Ile-de-France. Ces éléments sont issus du PREDEC qui se base sur l'année de référence de 2010.

Par ailleurs, pour répondre aux besoins spécifiques du projet, la Société du Grand Paris a réalisé en 2011 une étude visant à faire l'inventaire des filières de traitement, de valorisation et du parc des installations pouvant recevoir les déblais qui seront produits dans le cadre du Grand Paris Express sur la durée des travaux. Deux principaux critères ont été appliqués :

- Identifier les sites d'accueil qui disposent des capacités d'accueil journalière et annuelle suffisante pour répondre aux besoins des chantiers afin d'éviter depuis chaque chantier de multiplier les flux en évacuant vers plusieurs destinations et de favoriser la traçabilité des matériaux ;
- Identifier les sites d'accueil accessibles par la voie d'eau et le rail pour promouvoir ces modes de transport.

Le périmètre géographique d'étude a été élargi au-delà de l'Ile-de-France, permettant d'identifier des sites potentiels d'accueil accessibles par la voie d'eau ou le rail compatibles avec la recherche engagée par le maître d'ouvrage pour positionner les bases chantiers au plus près du réseau fluvial et ferroviaire pour promouvoir ces modes alternatifs à la route.

En raison de l'importance du projet d'infrastructure, les installations de stockage et les sites de valorisation dont les capacités d'accueil sont inférieures à 100 000 tonnes/an n'ont pas été recensés sauf si accessible par la voie d'eau et le rail. Leur plan de charge sur leur durée d'exploitation telle que définie par arrêté préfectoral et les conditions d'acceptation fixées par les exploitants en fonction des contraintes associées (zones inondables…) ou de transport ont été identifiés. Leur capacité globale d'accueil à échéance de 2025 a été évaluée.
Les sites potentiels d'accueil en projet au moment de l'étude ont également été inventoriés.

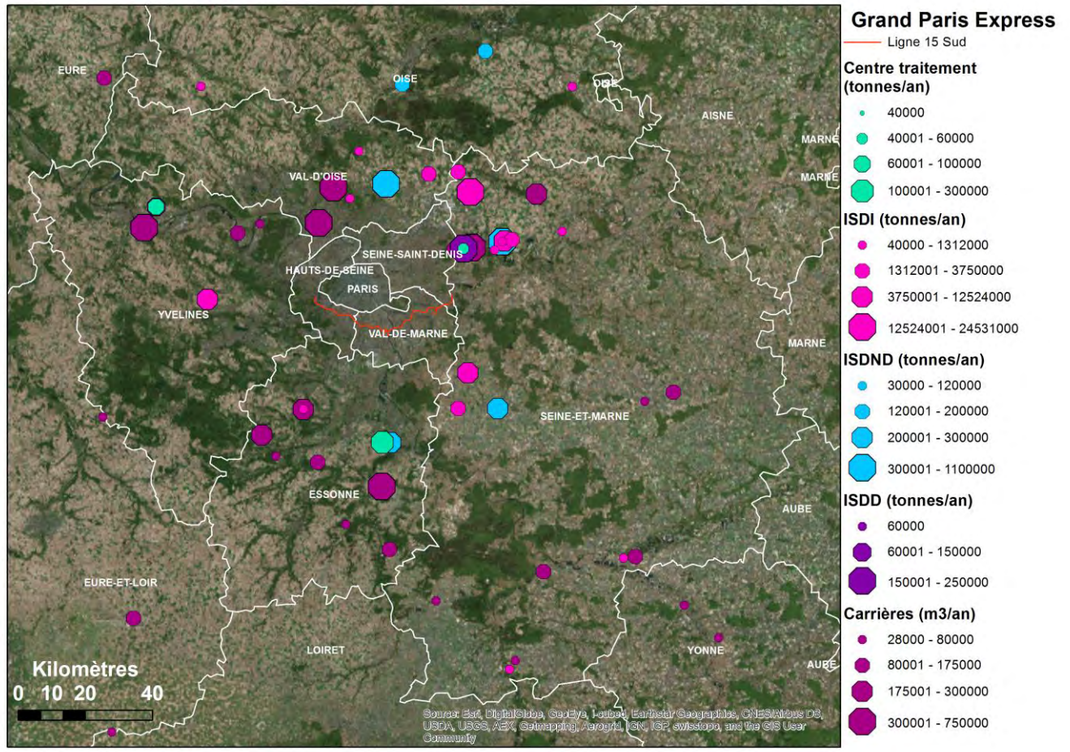
Une base de données recensant et pré-identifiant les installations mobilisables, susceptibles d'accueillir les déblais du GPE a été établie à partir de questionnaires envoyés aux acteurs du secteur de la gestion des terres (professionnels du Bâtiment et des Travaux Publics, services de l'Etat, organismes de transport, collectivités, gestionnaires de sites et les carriers), ainsi que par l'étude des arrêtés préfectoraux encadrant leurs activités.

Une nouvelle étude a été lancée en 2014 pour mettre à jour ces données et approfondir les pistes de valorisation sur la base de l'avancement des études sur la qualification et la quantification des volumes de matériaux produits par le projet ; les résultats sont attendus au premier semestre 2015.

2.9.2 Conclusions relative à la gestion des déblais

Le projet de construction de la Ligne 15 Sud est un projet de construction de métro souterrain. Par conséquent, la gestion des déblais représente un enjeu significatif, fonction notamment des volumes de déblais engendrés, des capacités de gestion et des modes de transport disponibles pour leur évacuation sur les différents territoires d'implantation des ouvrages.

Pour répondre aux besoins spécifiques du projet, la Société du Grand Paris s'attache depuis plusieurs années à recenser les filières de traitement, de valorisation et du parc des installations susceptibles de recevoir les déblais qui seront produits sur la durée des travaux.



Répartition des filières de gestion des déchets à l'échelle de l'Ile de France
(source: Société du Grand Paris)

L'orientation des déblais vers les filières de gestion (valorisation, traitement ou élimination) dépend de la nature et de la qualité des sols excavés. L'analyse de la bibliographie disponible à l'échelle du Bassin Parisien et les investigations menées par la Société du Grand Paris ont permis de dresser un premier état des lieux de la nature et de la qualité des sols rencontrés au droit de la Ligne 15 Sud. Les études en cours permettront d'affiner la connaissance des caractéristiques physico-chimiques des terres amenées à être excavées, et ainsi préciser les potentialités de gestion opérationnelle.

L'évacuation des déblais depuis les chantiers fait partie intégrante de leur gestion. Trois modes de transport peuvent être mis en œuvre à l'échelle du territoire: le transport routier, le transport fluvial et le transport ferroviaire. La stratégie de gestion engagée par la Société du Grand Paris et formalisée dans le Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED) identifie comme orientation prioritaire l'utilisation des modes de transports alternatifs (fluvial et ferré).

Le territoire de la Ligne 15 Sud offre plusieurs potentialités d'accès à la voie d'eau, identifiées au niveau de la boucle de Boulogne et du secteur des Ardoines, situés en bord de Seine, ainsi qu'au niveau de la boucle de la Marne. Ces voies d'eau sont de grand gabarit et permettent la circulation de barges à forte capacité de chargement.

Dans le cadre du développement du transport ferroviaire, la Ligne 15 Sud intercepte à plusieurs reprises des voies ferroviaires majoritairement utilisées pour le transport de voyageurs (lignes RER et transilien) drainant des trafics importants. Le secteur Est de la ligne est situé à proximité de la « Grande Ceinture Fret » générant également des trafics importants. A l'échelle de la ligne, il n'existe aucune gare de transit ou de triage, les faisceaux de voie disponibles pour le chargement depuis les chantiers sont donc réduits.

Le réseau routier au droit du projet est dense, avec la présence d'axes structurants (A86, A6 et A4). Ces voies peuvent cependant être fortement saturées aux heures de pointes.

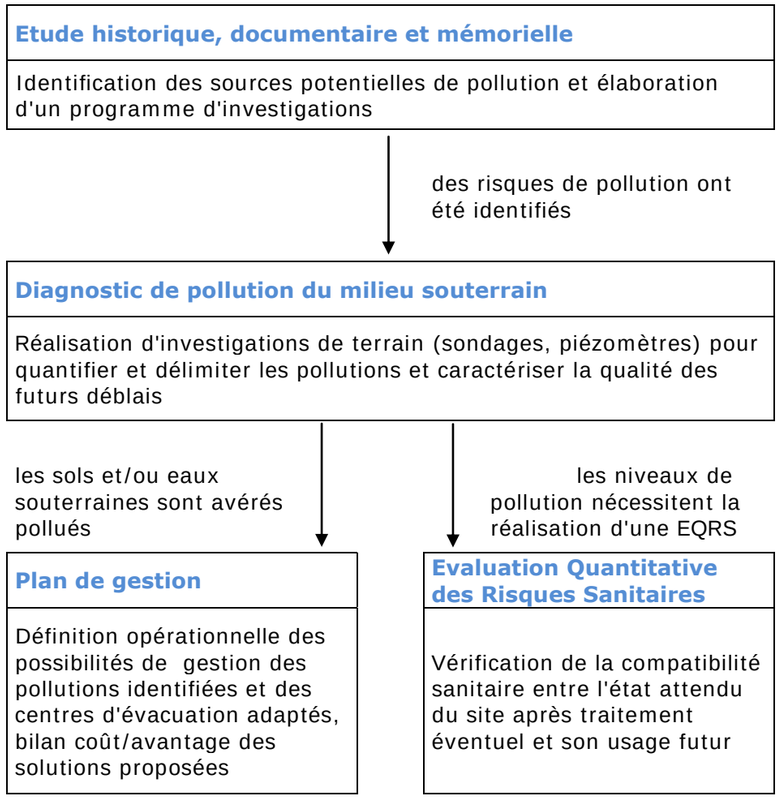
2.9.3 Méthode relative à la pollution du milieu souterrain

Dans le cadre de la définition des enjeux liés à la pollution du milieu souterrain, l'analyse s'appuie sur les bases de données nationales (BASIAS, BASOL, ADES) relatives à l'identification des sites et sols pollués ainsi que sur les études spécifiques engagées par la Société du Grand Paris au droit des ouvrages de la Ligne 15 Sud (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance).

Ces études, codifiées selon la norme AFNOR NF-X31-620 de juin 2011 relative aux prestations de services dans le domaine des sites et sols pollués, s'intègrent dans un processus progressif et itératif faisant appel successivement à des éléments d'information documentaire et à des éléments d'information de terrain.

Le déroulement de la démarche engagée dans le cadre la caractérisation de la qualité des sols et des eaux souterraines est schématisé ci-après.

Schéma de principe de la démarche relative à la gestion de la pollution du milieu souterrain



A ce stade des études, l'ensemble des études historiques, documentaires et mémorielles ont ainsi été réalisées, permettant d'identifier les sources potentielles de pollution au droit des secteurs d'aménagement des ouvrages.

La deuxième étape des études, correspondant à la réalisation des diagnostics de pollution ont été engagées au droit de 29 sites, priorisée selon le niveau de risque de pollution identifié à l'issue des études historiques, du niveau d'enjeu relatif au type d'aménagement projeté et suivant les possibilités d'accès au droit des secteurs d'aménagement. Au total, près de 300 sondages de sols et piézomètres entre 2m et 45m ont été réalisés. Des études complémentaires sont actuellement en cours pour compléter ces données, qui permettront d'engager, au regard des niveaux de pollution identifiés, les étapes ultérieures des études (plan de gestion et EQRS).

2.9.4 Conclusions relative à la pollution du milieu souterrain

L'analyse des bases de données nationales met en évidence des enjeux principalement localisés au niveau des secteurs industriels du Sud de l'agglomération parisienne (Vitry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Alfortville) ainsi que sur les anciens secteurs industriels de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux.

Les études réalisées au droit des secteurs d'aménagement des ouvrages, notamment les analyses réalisées sur les sols, confirment ces enjeux et identifient également quelques secteurs ponctuels présentant des enjeux spécifiques, au droit des secteurs de Bagneux et de Champigny.

2.9.5 Méthode relative aux risques pyrotechniques

Dans le cadre du projet du Grand Paris Express, des études spécifiques relatives aux risques pyrotechniques sont menées sur l'ensemble du réseau, dans le but de sécuriser le projet face à ce risque.

Il y a deux grands axes :

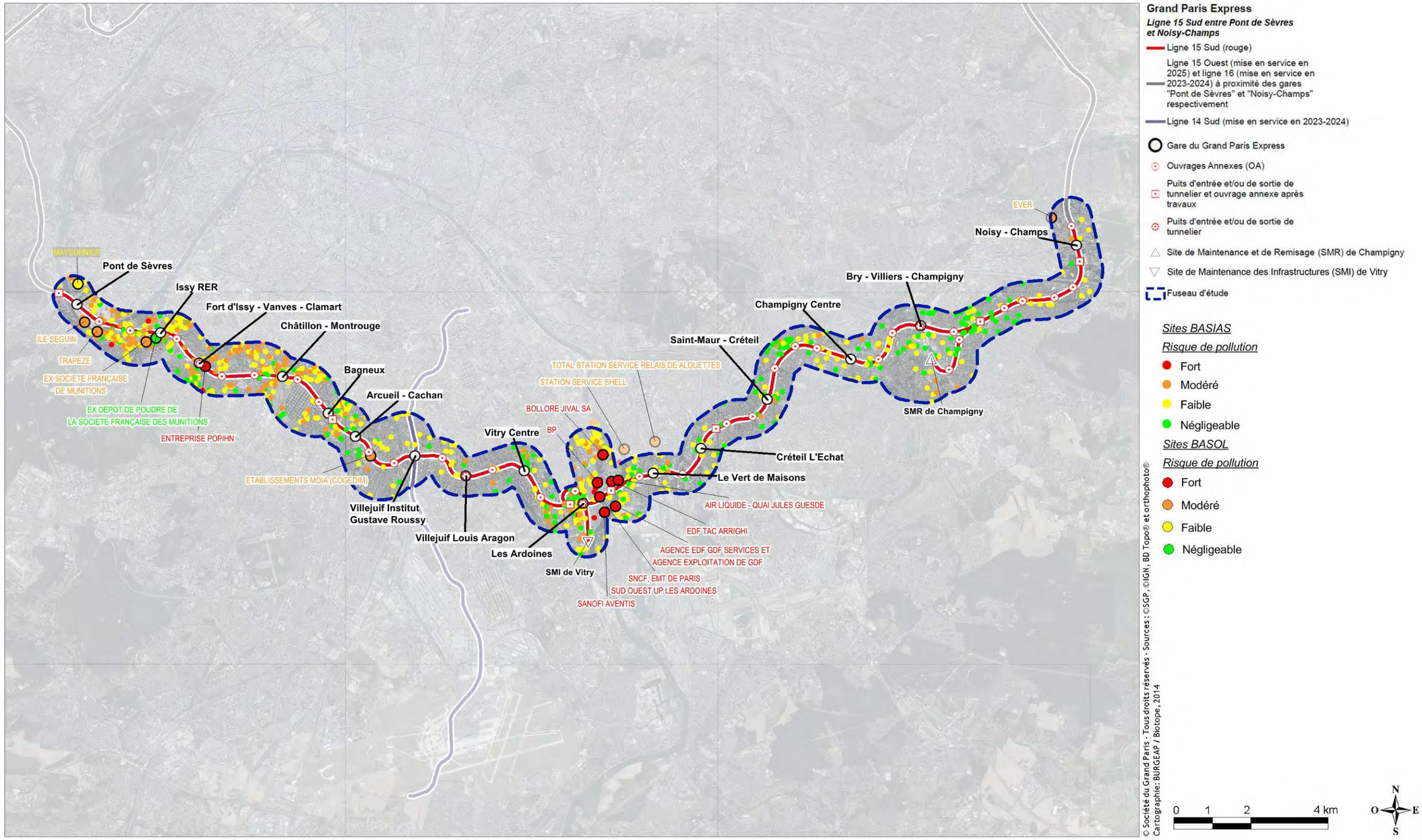
- Le premier axe tourné vers une étude bibliographique du territoire, permettant une localisation et une caractérisation du risque potentiel attendu.
- Le deuxième axe correspondant à une phase de diagnostic sur site.

2.9.6 Conclusions relative aux risques pyrotechniques

Les études réalisées sur la Ligne 15 Sud ont permis d'écarter le risque de découverte d'engins explosif à proximité du tracé, excepté sur 4 secteurs d'aménagement qui présentent un risque modéré localisé au niveau des gares :

- Les Ardoines,
- Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Issy RER,
- Pont de Sèvres.

Enjeux relatifs à la présence de sites BASIAS et BASOL *(sources : bases de données BASIAS et BASOL)*



2.9.7 Conclusion générale

Le projet de construction de la Ligne 15 Sud est un projet de construction de métro souterrain. Par conséquent, la gestion des déblais représente un enjeu significatif, qui peut être caractérisé en fonction des volumes de déblais mobilisés et des modes de transport disponibles pour leur évacuation.

L'analyse des enjeux relatifs à la pollution du milieu souterrain s'appuie sur les informations issues des bases de données nationales (BASIAS, BASOL, ADES) ainsi que sur les études de pollution des sols engagées par la Société du Grand Paris. Des investigations complémentaires sont actuellement en cours de réalisation.

Les enjeux sont principalement localisés au droit des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents et réalisés à partir de la surface dans la mesure où les pollutions du milieu souterrain sont liées à des activités de surface et concentrant l'essentiel des pollutions sur les premiers mètres de sols.

Hiérarchisation des enjeux liés à la gestion des terres et milieux pollués

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER
	Présence de nombreux sites BASIAS et BASOL et pollution avérée du milieu souterrain au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne
	Présence avérée de pollution dans le secteur d'aménagement des gares de Pont-de-Sèvres et d'Issy RER et d'activités industrielles ponctuelles référencées BASIAS et/ou BASOL
Issy RER à Arcueil-Cachan	Volume de déblais important – présence de plusieurs axes structurants et d'un faisceau ferroviaire à proximité
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart
	Présence avérée de pollution sur les secteurs d'aménagement des gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées
	Présence d'une pollution limitée sur le secteur de Châtillon-Montrouge du fait d'activités industrielles ponctuelles
	Présence potentielle de pollution sur le reste du secteur du fait de remblais potentiellement pollués
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Volume de déblais limité – présence de plusieurs axes structurants à proximité (A6 / A86) mais absence d'équipement fluvial et ferroviaire à proximité immédiate
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié
	Présence potentielle de pollution sur le secteur du fait de remblais potentiellement pollués
Vitry Centre à Champigny Centre	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine sur la partie Ouest du secteur
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit de la zone industrielle des Ardoines
	Présence de l'ancienne zone industrielle des Ardoines (sites BASIAS et BASOL) et pollution suspectée dû aux activités actuelles et passées
	Présence d'une pollution avérée dans le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre du fait d'activités industrielles ponctuelles
	Présence potentielle de pollution sur le reste de la section du fait de de remblais potentiellement pollués
Champigny Centre à Noisy-Champs	Volume de déblais important – Présence d'un seul axe routier structurant à proximité (A4)
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié
	Présence avérée mais limitée de pollution dans le secteur d'aménagement du SMR de Champigny
	Présence potentielle de pollution du fait de remblais potentiellement pollués sur le reste de la section

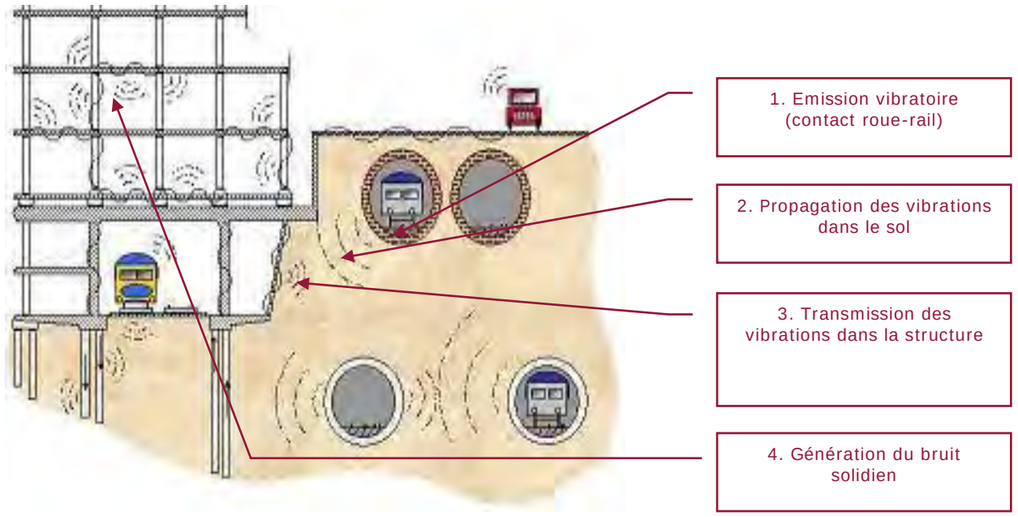
2.10 Vibrations

2.10.1 Méthode générale

La sensibilité vibratoire du territoire, en termes de perception des vibrations et du bruit solidien par les riverains, et de risque pour le bâti, a été analysée en considérant les paramètres suivants :

- La présence ou non d'habitants et le type de bâtiment ;
- La présence ou non d'établissements sensibles type monuments historiques, hôpitaux ;
- La composition géologique du sous-sol ;
- La présence de singularité type carrières et réseaux enterrés et/ou ouvrages d'art.

Cette analyse a conduit à la réalisation de différentes cartes permettant de visualiser ces éléments au sein du fuseau d'étude.



Vibrations et bruit solidien – Phénomènes de transmission

2.10.2 Conclusions

Le degré de sensibilité aux vibrations de ces différents éléments n'est pas directement comparable et ne peut donc pas être synthétisé sur une unique carte de sensibilité.

Les éléments essentiels retenus pour l'analyse de la sensibilité du territoire correspondent finalement à la typologie des bâtiments habités et à la présence d'établissements sensibles.

Le tableau pages suivantes, présentant les trois critères de l'analyse des enjeux (le bâti, les établissements sensibles et les ouvrages souterrains), permet de regrouper l'ensemble des informations relatives à cet état initial avec une indication sur le niveau d'enjeux par couleur.

De manière générale, les enjeux vibratoires sont indépendants pour chaque ouvrage et seront donc abordés de manière ciblée dans les phases d'étude suivantes.

Hiérarchisation des enjeux liés aux vibrations

Section		Occupation des sols	Etablissements sensibles et singularités	Ouvrages d'art et réseaux enterrés
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Zone pavillonnaire au niveau de l'Ile St Germain, avec bâtiments de petite à moyenne hauteur	-	RATP Ligne 9 Réseau SIAAP Réseau GDF
		Ecole maternelle Paul Bert et le collège Victor Hugo au niveau de la Rue Aristide Briand, à proximité de la gare d'Issy RER	Carrières de craie	RER C Réseau chauffage urbain Réseau SIAAP Réseau GDF
Issy RER à Arcueil-Cachan	Issy RER à Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Hôpital des armées Percy Ecole maternelle Paul Bert et collège Victor Hugo Zones pavillonnaire avec bâtiments de petite à moyenne hauteur	Carrières de craie	RER C Réseau SIAAP
	Fort d'Issy-Vanves-Clamart à Châtillon-Montrouge	Zones pavillonnaires avec bâtiments de petite à moyenne hauteur Ecole primaire H. Barbusse Lycée L. Girard	Ancienne glacière Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau SIAAP
		Zones pavillonnaires avec bâtiments de moyenne à grande hauteur	-	RER B RATP Ligne 13 SNCF LGV Paris/Bordeaux Réseau SIAAP Réseau GDF
	Châtillon-Montrouge à Bagneux	Bâtiments commerciaux, espaces publics et habitations collectives de grande hauteur (R+13 à R+15)	Anciennes carrières comblées par remblais Ancienne glacière	Réseau SIAAP
	Bagneux à Arcueil Cachan	Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+10 à R+15) au sein de l'ensemble d'habitats collectifs de la « Tannerie »	Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau SIAAP
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Arcueil-Cachan à Villejuif IGR	Zone d'habitations collectives avec des bâtiments d'hauteur petite à moyenne (R+2 à R+6)	Anciennes carrières comblées par remblais	RER B Réseau SIAAP
		Institut Gustave Roussy	Anciennes carrières comblées par remblais	Autoroute A6
	Villejuif IGR à Villejuif Louis Aragon	Zone d'habitations collectives avec des bâtiments d'hauteur petite à moyenne (R+2 à R+5) Ecole primaire Jean Vilar Ecole maternelle Charles Perrault	Anciennes carrières comblées par remblais	Future ligne 14 Réseau SIAAP
	Villejuif Louis Aragon à Vitry Centre	Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande (R+4 à R+12)	-	Réseau GDF Réseau SIAAP

Section		Occupation des sols	Etablissements sensibles et singularités	Ouvrages d'art et réseaux enterrés
Vitry Centre à Champigny Centre	Vitry Centre – Les Ardoines	Parking de la Mairie de Vitry avec un niveau sous-sol Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+9 à R+11)	Bibliothèque Nelson Mandela, inscrite aux Monuments Historiques	Réseau chauffage urbain
	Les Ardoines – Le Vert De Maisons	Plusieurs bâtiment de petite moyenne hauteur (jusqu'à R+6), à destination industrielle, commerciale et résidentielle	Complexe "Sanofi-Aventis Recherche et Développement" Anciennes sablières	RER C Réseaux GDF et TRAPIL
		-	Anciennes sablières	RER D Réseau SIAAP
	Le Vert De Maisons – Créteil L'Echât	Autoroute A86 Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+7 à R+18)	Anciennes carrières comblées par remblais Anciennes sablières	Réseau SIAAP Réseau GDF
		Université Paris Est Créteil Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+10 à R+11)	Anciennes carrières comblées par remblais Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmantelle Cathédrale Notre Dame de Créteil	RATP Ligne 8 Réseaux GDF et TRAPIL
	Créteil L'Echât – Saint-Maur Créteil	Collège Plaisance Plusieurs bâtiments de grande hauteur (R+10 à R+11)	Anciennes carrières comblées par remblais Laboratoires Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor Ancienne abbaye de Saint Maur (ruines, ancien puits, etc.)	
		Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne	-	RER A Réseau SIAAP
	Saint-Maur Créteil - Champigny Centre	Abbaye de St Maur Bâtiments de grande hauteur Institut médico-éducatif AFASER/ Résidence pour personnes âgées, Centre de formation, Petite enfance	Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau GDF Réseau SIAAP
Champigny Centre à Noisy-Champs	Champigny Centre - Bry-Villiers-Champigny	Ecole maternelle des Richardets Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande (R+3 à R+9)	Anciennes carrières comblées par remblais	Réseau GDF
	Bry-Villiers-Champigny – Noisy-Champs	Bâtiments de grande hauteur	Anciennes carrières comblées par remblais	Ligne SNCF Réseau GDF Réseau SIAAP
		Bâtiments de grande hauteur Ecole maternelle des Richardets		Autoroute A4 RER A

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

2.11 Milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000

2.11.1 Méthode générale

L'implantation du projet est envisagée dans un contexte urbain, pour plus de 80%, laissant peu de place au milieu naturel. L'analyse de ces milieux s'est concentrée sur les espaces naturels et semi naturels à savoir les parcs urbains, les squares ou encore les espaces en friches, pouvant présenter un intérêt écologique et sur les continuités les reliant.

L'analyse de ces espaces naturels et semi-naturels présents sur le fuseau d'étude s'appuie à la fois sur l'étude de :

- la bibliographie (études réalisées dans le fuseau d'études, données naturalistes mises à disposition, zonages du patrimoine naturel, etc.),
- la photo-interprétation pour pré-identifier les sites à expertiser,
- des consultations des services de l'état et des acteurs du territoire compétents dans le domaine de l'environnement,
- des inventaires naturalistes réalisées sur la période 2011-2014 à la demande de la Société du Grand Paris.

2.11.2 Conclusions sur les zonages du patrimoine naturel

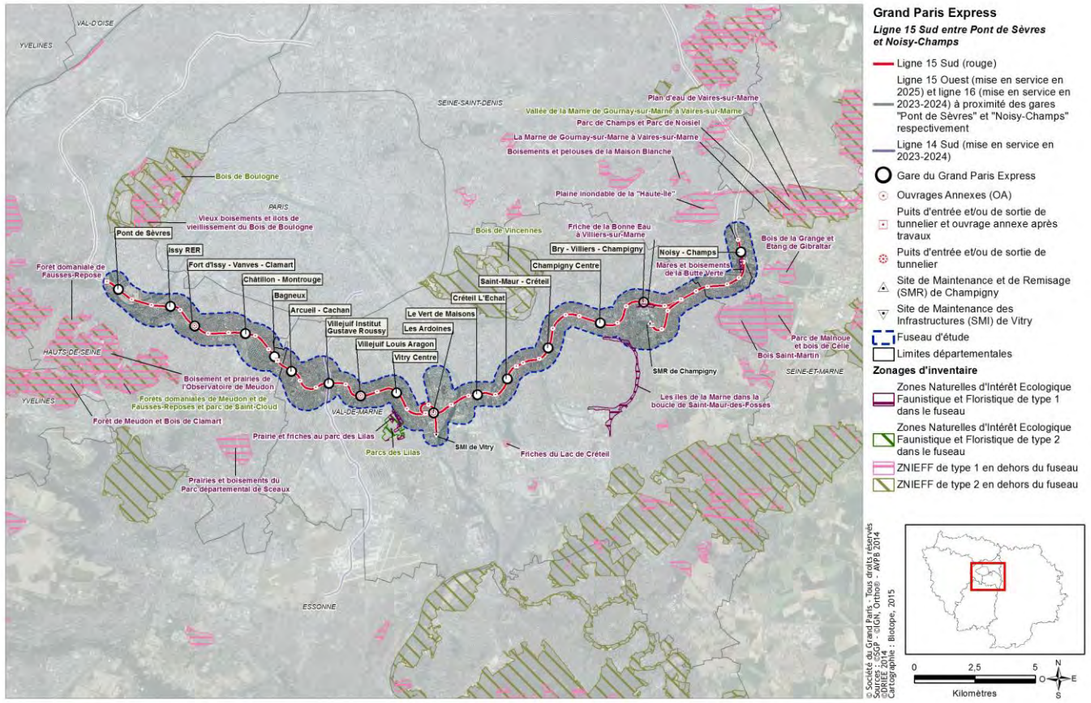
La Ligne 15 Sud s'inscrit sur la frange périurbaine sud de Paris. **Le fuseau d'étude recoupe 5 périmètres de Znieff** :

- Les îles de la Marne dans la Boucle de Saint-Maur-des-Fossés, Znieff 1, regroupent onze Ile en partie inondable. La mosaïque d'habitats et les zones inondables relativement naturelles constituent la richesse biologique du site.

- Les Mares et boisements de la Butte Verte, Znieff 1, se composent de plusieurs mares et boisement dans le contexte très urbain de Noisy-le-Grand. Les amphibiens protégés et la flore d'eau présents constituent un enjeu à l'échelle locale mais également nationale au regard de la protection de l'Utriculaire citrine, flore abondante au niveau des mares.

- Les Prairies et friches au parc des Lilas, Znieff 1 et 2, correspondent à des prairies mésophiles de fauche, à des friches parfois calcaires à sablo-calcaires pâturées. L'entretien par fauche et pâturage permet de conserver la richesse floristique et faunistique du site.

- La Friche de la "Bonne Eau" à Villiers-sur-Marne, Znieff 1, à végétation prairiale et de hautes friches présente un intérêt particulier pour l'entomofaune. L'embroussaillement et l'urbanisation du site sont des facteurs dégradants pour cette friche au potentiel avéré.



Zonages d'inventaire du patrimoine naturel (source : DRIEE, 2014)

Les zonages fonciers existants dans le département des Hauts-de-Seine, du Val-de-Marne et de Seine-et-Marne ont recensés **vingt-quatre Espace Naturel Sensible** concentrés en bord de Seine ou de la Marne, au niveau de talus SNCF ou encore dans des parcs urbains comme le parc des Lilas.

Les zonages réglementaires comptabilisent un seul secteur en réserve naturelle : les Iles de la Marne. Ce secteur est également inscrit en Arrêté de Protection de Biotope sous le nom d'Ile de la Marne de la Boucle de la Marne.

2.11.3 Conclusions sur les sites Natura 2000

L'identification des sites Natura 2000 s'est appuyée sur les informations disponibles auprès de la Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Ile-de-France (DRIEE).

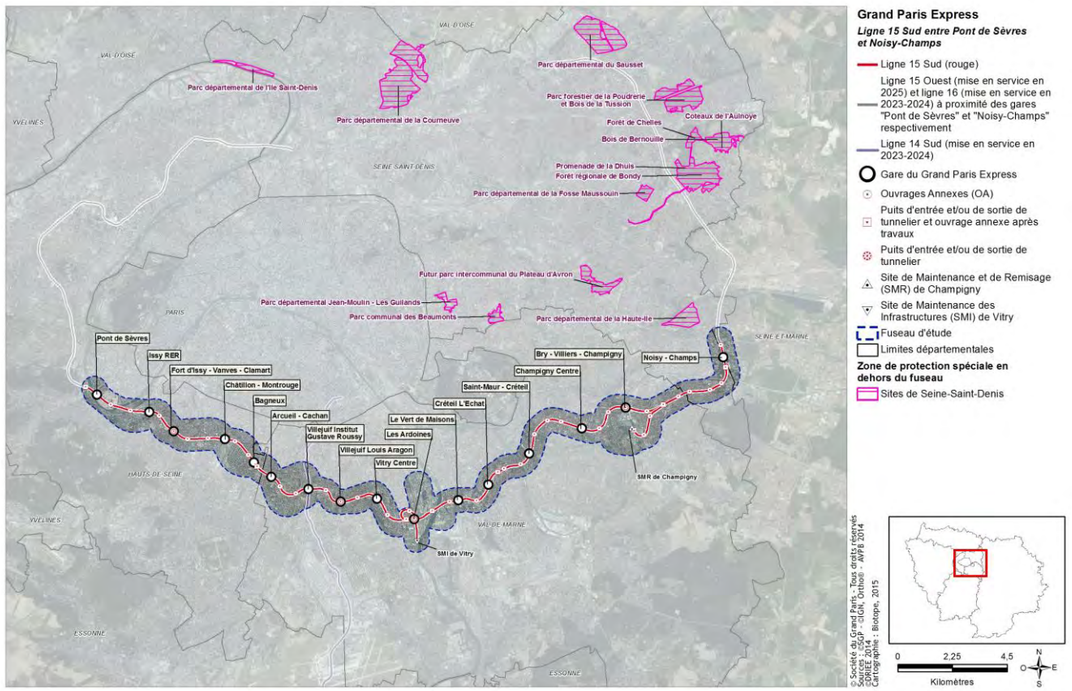
Un périmètre élargi autour du fuseau d'étude a été défini afin de prendre en compte les éventuels effets indirects ou induits sur ces espaces. Cela permet notamment de prendre en compte les espèces à grand potentiel de déplacement comme les oiseaux.

Aucun site Natura 2000 n'est inclus dans le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud.

Le site Natura 2000 le plus proche se situe à moins de 1km du fuseau d'étude sur l'extrémité est. Il s'agit d'entités intégrées à la ZPS « FR1112013 - Sites de Seine-Saint-Denis », de la directive « Oiseaux. La Zone de Protection Spéciale (ZPS) FR 1112013 « Sites de Seine-Saint-Denis » est constituée de 15 entités, réparties sur le territoire du département de Seine-Saint-Denis (93), et

une petite partie sur le département du Val d'Oise (95). Cette ZPS s'étend sur 20 communes, soit la moitié des villes du département de Seine-Saint-Denis et couvre une superficie de 1 152 hectares.

Les sites Natura 2000 les plus proches du projet se situent à environ 1km pour le Parc Départemental de la Haute Ile et à environ 5km pour le parc intercommunal du Plateau d'Avron et la Promenade de la Dhuis.



Localisation des sites de la ZPS « Seine-Saint-Denis » (source : DRIEE, 2014)

2.11.4 Conclusions sur les milieux naturels, la faune, la flore

Couplées à une analyse bibliographique, les expertises naturalistes menées sur la période 2011-2014 ont permis d'identifier les enjeux relatifs à la faune et la flore.

L'approche « habitat » souligne un contexte urbain dominant et des espaces semi-naturels peu diversifiés. De manière générale, l'ensemble des zones semi-naturelles type parc urbain présente un enjeu faible tandis que la mosaïque de milieux des sites comme **la friche Arrighi, le parc de la Butte verte, le parc des Hautes Bruyères** constitue un enjeu modéré dans la conservation des habitats présents. Enfin, les habitats aquatiques des berges et les zones de frayères présentent un enjeu faible pour la végétation hygrophile peu présente et un enjeu fort ponctuellement pour la faune piscicole notamment sur l'Ile de Monsieur (zone de nourrissage, de reproduction, etc.).

L'approche « flore » s'est basée sur l'analyse de la bibliographie du CBNBP[1] et des prospections de terrain approfondies. Les expertises relatives à la flore menées en 2013 et 2014 ont mis en évidence la présence de 16 espèces végétales patrimoniales, parmi lesquelles, une est protégée à l'échelle régionale au niveau du parc de la Butte Verte, l'Utriculaire citrine (*Utricularia australis*) qui présente par ailleurs un fort enjeu de conservation. Parmi les espèces patrimoniales, 5 présentent un enjeu de conservation moyen au niveau du parc des Hautes Bruyères, de la friche Arrighi, de la place des Yvris et de Noisy-Champs : la Gesse de Nissole (*Lathyrus nissolia*), le Crépis fétide (*Crepis foetida*), l'Œillet prolifère (*Petrorhagia prolifera*), la Vulpie ciliée (*Vulpia ciliata*), le Gaillet de Paris (*Galium parisiense*). Les autres espèces patrimoniales présentent un faible enjeu de conservation.

La flore constitue un enjeu de conservation au niveau du parc des Hautes-Bruyères, de la friche Arrighi, de la place des Yvris et du parc de la Butte Verte avec une espèce protégée, l'Utriculaire Citrine.

Les inventaires « avifaune » menés en 2011 et 2014 ont permis d'identifier 52 espèces d'oiseaux sur le fuseau d'étude : 36 sont protégées à enjeu de conservation faible et 3 sont considérées comme patrimoniales[2] en raison de leur statut à l'échelle nationale ou locale et de leur caractère nicheur sur le fuseau d'étude : la Bergeronnette des ruisseaux, le Faucon hobereau et la Linotte mélodieuse.

En raison de la présence d'espèces protégées, l'avifaune nicheuse peut constituer une contrainte réglementaire pour le projet. Toutefois, l'enjeu de conservation associé à ce groupe est globalement faible, hormis pour les trois espèces patrimoniales identifiées.

Les inventaires « amphibiens » menés en 2013 et 2014 ont mis en évidence la présence de 8 espèces protégées. Parmi celles-ci, le Crapaud calamite (*Bufo calamita)* et l'Alyte accoucheur (*Alytes obstetricans*) et le Triton alpestre (*Ichthyosaura alpestris*) présentent un fort enjeu de conservation. La Grenouille agile (*Rana dalmatina*), le Triton ponctué (*Lissotriton vulgaris*), et le Triton crêtés (*Triturus cristatus*) présentent quant à eux un enjeu de conservation moyen.

Ces espèces se répartissent sur les parcs de la Butte verte et des Hautes Bruyères ou elles présentent respectivement un enjeu de conservation moyen à fort. Par ailleurs, et en raison de la présence avérée de ces 8 espèces protégées, les amphibiens peuvent constituer une contrainte réglementaire pour le projet.

Les inventaires « reptiles » menés en 2014 ont mis en évidence la présence d'une espèce de reptile : le Lézard des murailles (*Podarcis muralis*). Bien que commune, cette espèce est protégée à l'échelle nationale et peut constituer une contrainte réglementaire pour le projet. Toutefois, elle présente un faible enjeu de conservation à l'échelle du fuseau d'étude.

Les inventaires « insectes » menés en 2014 ont mis en évidence la présence de 40 espèces parmi lesquelles, 4 sont protégées (Conocéphale gracieux, Oedipode turquoise, Azuré des Cytises et Mante religieuse) et 14 autres présentent un intérêt patrimonial.

Trois secteurs présentent un enjeu de conservation fort pour le groupe : au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny, de la friche Arrighi et du parc départemental des Hautes Bruyères. Par ailleurs, et en raison de la présence d'espèces protégées, les insectes constituent une contrainte réglementaire pour le projet.

---

[1] Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien
[2] Une espèce patrimoniale est une espèce considérée comme remarquable au regard des statuts de rareté et de menace dont elle fait l'objet en Ile-de-France ou, à défaut, à l'échelle nationale. Des critères spécifiques ont été définis dans l'analyse des enjeux.

Concernant les « chauves-souris et au vu du faible nombre de contacts enregistré à proximité des entrées de carrières étudiées, il parait peu probable que ces entrées soient utilisées par les chiroptères pour accéder aux carrières en périodes d'hivernage. Néanmoins, il ne peut être exclu que d'autres entrées, non connues à l'heure actuelle, puissent exister et être utilisées par les chauves-souris.

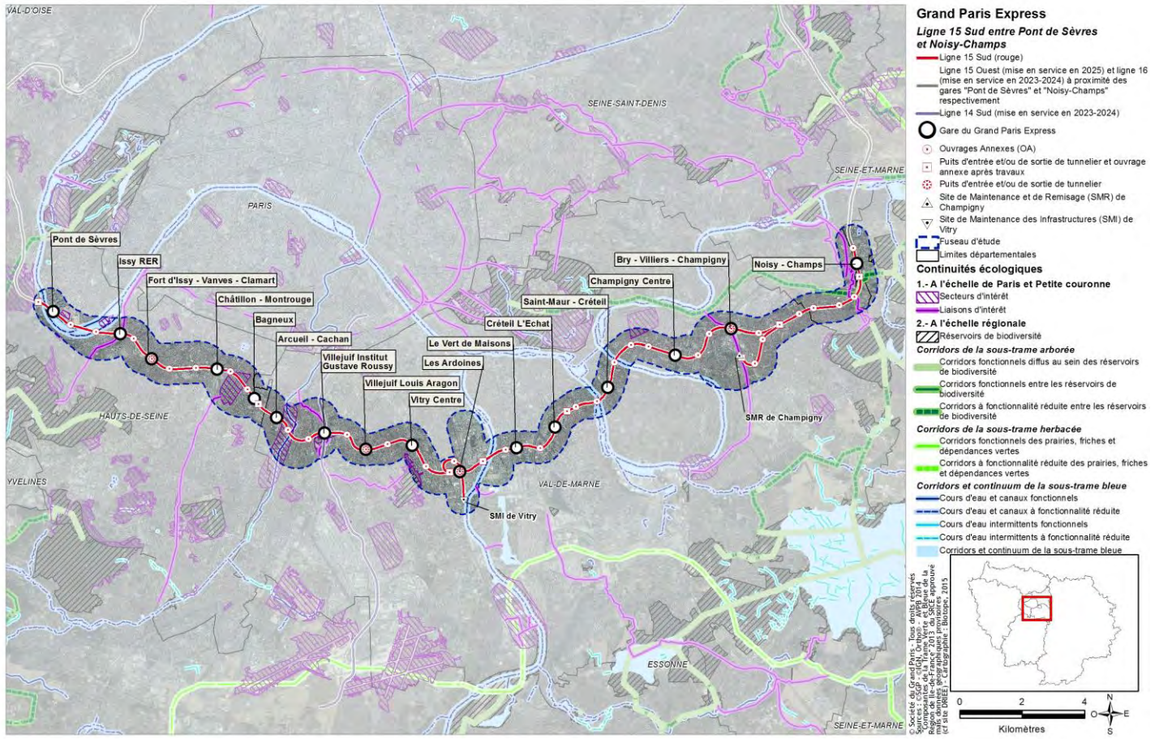
Les autres sites comme le parc départemental des Hautes Bruyères et les Boisements de Noisy-le-Grand accueille la Pipistrelle commune, peu exigeante en termes d'habitat écologique.

Concernant les « mammifères », les données bibliographiques consultées mettent en évidence la présence de 5 espèces de mammifères terrestres sur le fuseau d'étude, parmi lesquelles 2 sont protégées : le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*) et l'Ecureuil roux (*Sciurus vulgaris*). Les prospections de terrain ont permis de mettre en évidence la présence de l'Ecureuil roux uniquement au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs.

En raison de sa protection à l'échelle nationale, l'Ecureuil roux peut constituer une contrainte réglementaire pour le projet. Toutefois, cette espèce est commune et présente un faible enjeu de conservation.

Les inventaires de la faune piscicole identifient des berges de Seine à Pont de Sèvres et l'Ile de Monsieur qui bien qu'anthropiques avec un fond formé de blocs et graviers éparses plus limité et combinés à la présence d'herbiers aquatiques forment des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants. Sur l'Ile de Monsieur, ces herbiers sont denses.

En revanche, le secteur de la friche Arrighi a des capacités limitées pour la ponte de l'ichtyofaune et la zone est principalement utilisée pour le déplacement des espèces piscicoles.



Continuités écologiques identifiées par le SRCE IDF (source : DRIEE, 2013)

2.11.5 Conclusions sur les continuités écologiques

Les continuités écologiques définissent le réseau écologique composé de réservoirs de biodiversité, support de vie, de reproduction et de nourrissage des espèces et de corridors écologiques aux habitats favorables aux déplacements des espèces entre réservoirs.

A l'échelle régionale, le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) définit deux corridors régionaux : la coulée bleue de la Seine et de la Marne ainsi que le corridor arboré à fonctionnalité réduite au niveau de Noisy-Champs.

Les réservoirs de biodiversité se basent sur les zonages existants et localisent 5 réservoirs d'importance régionale : le parc de la Butte verte, un boisement au sud de la Butte verte, le Bois Saint-Martin, les Iles de la Marne et le parc des Lilas.

Les continuités écologiques de Paris et sa petite couronne définies plus finement par le SRCE se localisent sur les parcs urbains du fuseau d'étude : parc de Billancourt, boisement de la Glacière à Meudon, parc de l'Ile Saint-Germain, cimetière de Bagneux, ensembles verts d'Arcueil-Cachan, parc des Lilas, Golf du Tremblay et le boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand.

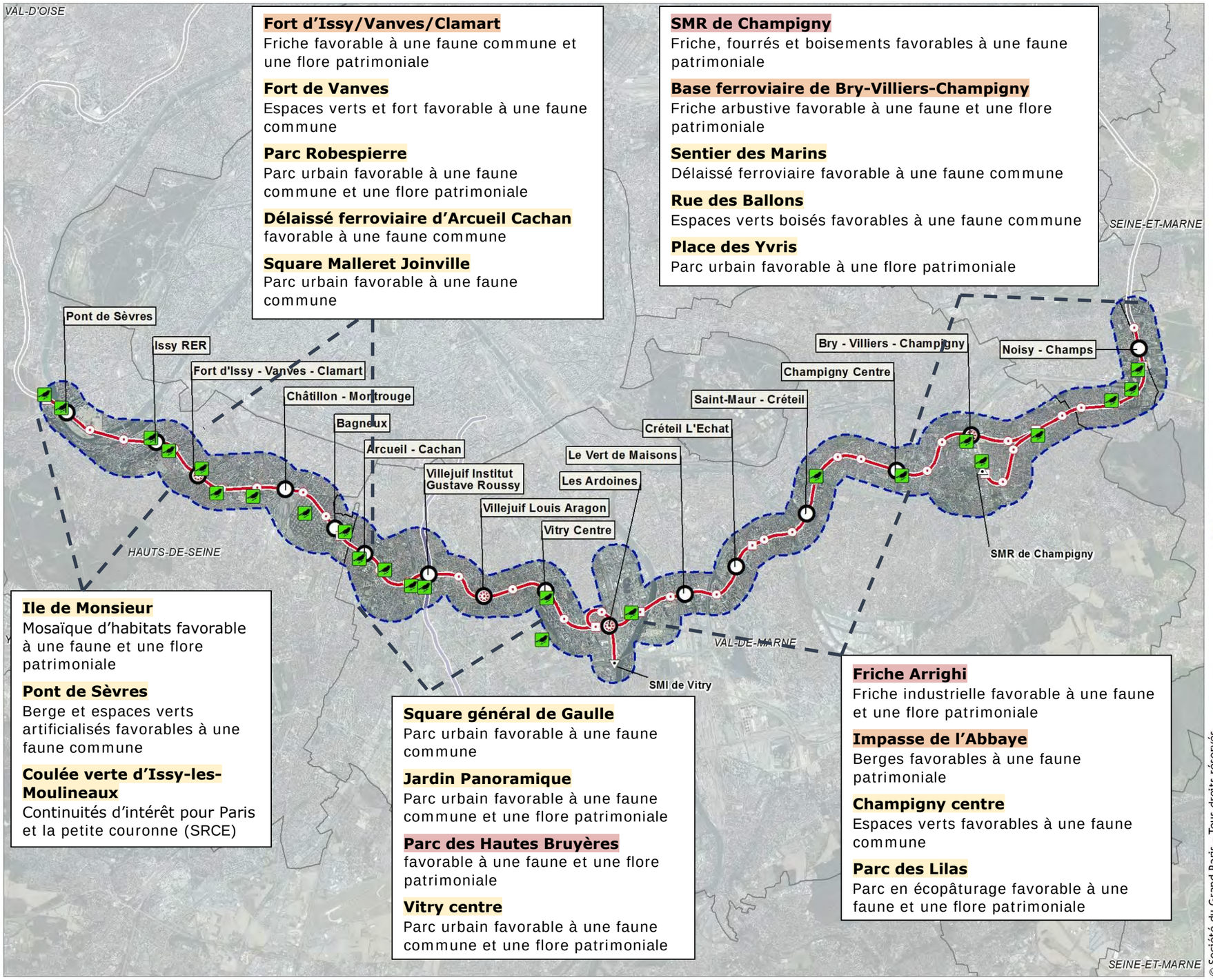
Les secteurs d'intérêt en contexte urbain ou liaison reconnue pour leur intérêt écologique en contexte urbain sont la coulée verte à Issy les Moulineaux, un continuum depuis le cimetière parisien qui descend vers le parc de Sceaux, une coulée verte Bièvre – Lilas, une liaison entre le Golf de Villiers sur Marne - Parc du Plateau - Place Patrick le Roux et une liaison entre le canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin.

Hiérarchisation des enjeux liés aux milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques et Natura 2000

Section	Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore	Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	**Ile de Monsieur** : mosaïque d'habitat, de friches prairiales et à tendance humide avec la présence d'une espèce de flore patrimoniale à enjeu modéré : Molène pulvérulente.	**Parc de Billancourt, parc de l'Ile Saint Germain et bois de Meudon :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Ile de Seguin :** Corridor de milieux ouverts identifiés par le Conseil départemental 92 **Coulée verte qui traverse le parc Rodin près d'ISSY RER** : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Corridors de la sous-trame bleue** qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine
	Autres espaces verts : Pont de Sèvres, Ile Seguin, Ile Saint-Germain présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune et la flore commune	
Issy RER à Arcueil Cachan	**Gare de Fort d'Issy / Vanves / Clamart** : friche qui accueille une espèce de flore patrimoniale : la Molène pulvérulente. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles.	**Cimetière Parisien de Bagneux et les ensembles verts de Arcueil Cachan : parc le Vallon, parc Raspail, etc. :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Continuum depuis le cimetière parisien** qui descend vers le parc de Sceaux : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne
	Autres espaces verts : Gare d'Arcueil Cachan, Parc Henri Barbusse, square Malleret Joinville, Fort de Vanves, cimetière parisien, parc Robespierre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Arcueil Cachan à Vitry Centre	**Parc départemental des Hautes Bruyères** qui présente une mosaïque d'habitat intéressante pour la flore (2 espèces patrimoniales) et la faune. Présence avérée d'un reptile ubiquiste protégé comme le Lézard des murailles. Le site accueille plusieurs espèces d'insectes patrimoniales et protégées au niveau des zones de friches et de friches prairiales. Les mammifères et les chauves-souris sont également présents sur le site.	**Abords du parc des Lilas :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Parc départemental des Hautes Bruyères :** secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne et continuum départemental pour le Val-de-Marne Le parc est également utilisé comme support dans **la coulée verte Bièvre – Lilas**, identifiée par le Conseil départemental du Val-de-Marne et le SRCE comme liaison d'intérêt pour Paris et sa Petite couronne.
	Carrières souterraines : Les inventaires montrent la présence de chauves-souris ubiquistes autour des entrées des carrières.	
	Gare de Vitry Centre : présence d'une espèce de flore patrimoniale en bordure de voirie : le Passerage des décombres	
	Autres espaces verts : **Square Général de Gaulle / Parc Raspail, Jardin Panoramique** Gare le Vert de Maison, friches ferroviaires (SMI Vitry) et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Vitry Centre à Champigny Centre	**Impasse de l'Abbaye et bords de Marne :** présence d'une avifaune riche et d'habitats favorables de nidification et de chasse pour des espèces d'eau et notamment la Bergeronnette des ruisseaux. Les bords de Marne sont favorables aux insectes avec la présence d'une espèce patrimoniale relativement ubiquiste.	**Golf du parc du Tremblay** : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Liaison entre le Golf de Villiers sur Marne, Parc du Plateau, Place Patrick le Roux** : liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Corridors de la sous-trame bleue** qui concerne les continuums fluviatiles de la Seine et de la Marne
	Friche Arrighi constitué d'une friche sèche et xérique où s'établissent 5 espèces de flore patrimoniales. L'avifaune y est riche et le Faucon Hobereau, espèce patrimoniale y nicherait dans les zones arborées. Présence avérée du Lézard des murailles. Site le plus riche au niveau entomologique, la friche présente plusieurs espèces protégées et patrimoniales d'intérêt.	

Section	Niveau d'enjeu pour les milieux naturels, la faune et la flore	Niveau d'enjeu pour les continuités écologiques
	Autres espaces verts : Gare de Champigny Centre et espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
Champigny-sur-Marne à Noisy-le-champs	**Gare de Bry Villiers Champigny** : zone boisée et friches buissonnantes accueillant une faune commune	**Boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand** : secteur d'intérêt pour Paris et sa petite couronne **Canal de Chelles, la Haute Ile, le parc de la Butte verte et le bois Saint Martin :** liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne
	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny : zone rudérale et dégradé où se développe une espèce de flore patrimoniale. L'intérêt entomologique est marqué par la présence d'une espèce protégée. Présence d'une espèce d'oiseau patrimoniale, la Linotte mélodieuse.	
	SMR de Champigny : zone de friche et de végétation prairiale qui hébergent de nombreux insectes patrimoniaux et protégés.	
	Sentier des marins : présence potentielle d'un reptile ubiquiste protégé : le Lézard des murailles	
	Place des Yvris : square urbain regroupant deux stations d'espèces de flore patrimoniales	
	Autres espaces verts : espaces verts alentours présentant des habitats peu diversifiés mais intéressants pour la faune commune	
	Gare de Noisy-Champs : boisement neutrophile où se localise en marge, le long d'un trottoir, une station de flore patrimoniale. Les boisements sont investis par une avifaune cavernicole et inféodée à ces milieux. Les amphibiens (dont des espèces présentant un enjeu de conservation) se reproduisent au niveau de deux mares et utilisent les bois comme habitats terrestres.	**Corridor écologique arboré à fonctionnalité réduite** au niveau du parc de la Butte verte et les boisements alentours
	Parc de la Butte verte : accueille une station de flore protégée connue depuis 2005 au niveau d'une mare. L'avifaune y est riche en espèces inféodées au milieu boisé et cavernicoles malgré le caractère altéré des boisements. Les amphibiens se reproduisent au niveau des mares et utilisent les bois comme habitats terrestre.	

Synthèse des enjeux liés aux milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques



Fort d'Issy/Vanves/Clamart
Friche favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Fort de Vanves
Espaces verts et fort favorable à une faune commune

Parc Robespierre
Parc urbain favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Délaissé ferroviaire d'Arcueil Cachan
favorable à une faune commune

Square Malleret Joinville
Parc urbain favorable à une faune commune

SMR de Champigny
Friche, fourrés et boisements favorables à une faune patrimoniale

Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny
Friche arbustive favorable à une faune et une flore patrimoniale

Sentier des Marins
Délaissé ferroviaire favorable à une faune commune

Rue des Ballons
Espaces verts boisés favorables à une faune commune

Place des Yvris
Parc urbain favorable à une flore patrimoniale

Ile de Monsieur
Mosaïque d'habitats favorable à une faune et une flore patrimoniale

Pont de Sèvres
Berge et espaces verts artificialisés favorables à une faune commune

Coulée verte d'Issy-les-Moulineaux
Continuités d'intérêt pour Paris et la petite couronne (SRCE)

Square général de Gaulle
Parc urbain favorable à une faune commune

Jardin Panoramique
Parc urbain favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Parc des Hautes Bruyères
favorable à une faune et une flore patrimoniale

Vitry centre
Parc urbain favorable à une faune commune et une flore patrimoniale

Friche Arrighi
Friche industrielle favorable à une faune et une flore patrimoniale

Impasse de l'Abbaye
Berges favorables à une faune patrimoniale

Champigny centre
Espaces verts favorables à une faune commune

Parc des Lilas
Parc en écopâturage favorable à une faune et une flore patrimoniale

Grand Paris Express

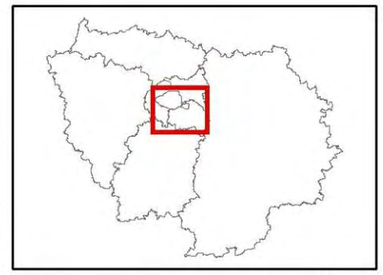
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Faune, flore et continuité

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2015

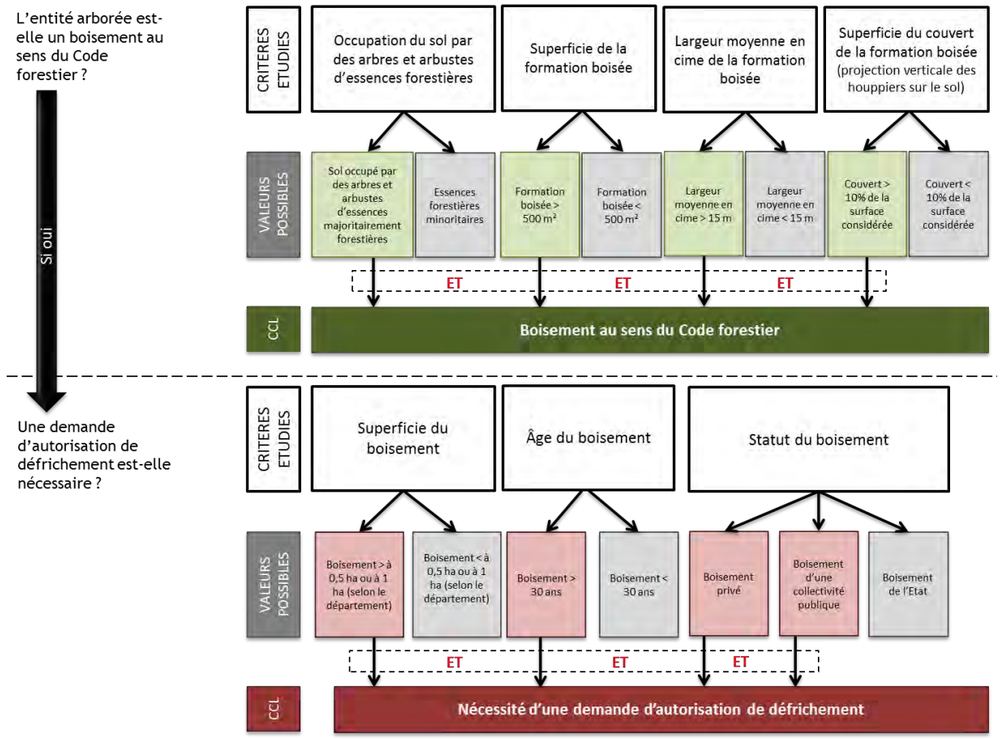


0 2 4 N O E S
Kilomètres

2.12 Boisements au sens du Code forestier

2.12.1 Méthode générale

La localisation et la caractérisation des boisements au sens du Code forestier ont été réalisées sur le terrain lors des expertises dédiées aux habitats et réalisées en 2014. L'ensemble des entités boisées situées sur ou à proximité des ouvrages émergents du projet de la Ligne 15 Sud ont fait l'objet d'une expertise afin de répondre aux deux questions suivantes : (1) l'entité boisée correspond-elle à un boisement au sens du Code forestier ? et (2) si un boisement est identifié au sens du Code forestier, une demande d'autorisation de défrichement est-elle nécessaire ? Afin de répondre à ces questions, plusieurs critères ont été étudiés. Ils sont synthétisés dans le schéma ci-contre. Ces critères sont définis sur la base des définitions présentées dans les articles L341- 1 et L342-1 du Nouveau Code Forestier.



Critères de définition d'un boisement au sens du Code forestier (source : Biotope)

2.12.2 Conclusions sur les boisements au sens du Code Forestier

Le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud traverse trois régions forestières : le Pays des Yvelines, la Brie et la Vallée de la Seine. A l'issue des expertises de terrain, quatre boisements au sens du Code forestier ont été identifiés : les boisements du Fort de Vanves, de Bry-Villiers-Champigny, du SMR de Champigny, et de Noisy-Champs. Ces boisements présentent des enjeux écologiques limités en raison de leur caractère pionnier et du contexte urbain dans lequel ils se trouvent. Le boisement de Noisy-Champs présente toutefois un fort enjeu écologique en raison de la présence de mares forestières dont l'une constitue un habitat de reproduction d'espèces patrimoniales d'amphibiens. Deux de ces boisements présentent un enjeu social modéré en raison de la trame urbaine dense dans laquelle ils se situent et du rôle de respiration urbaine dont ils sont le support. *A contrario*, les deux autres boisements sont occupés par des gens du voyage les rendant ainsi inaccessibles au public, à l'origine d'un faible enjeu social.

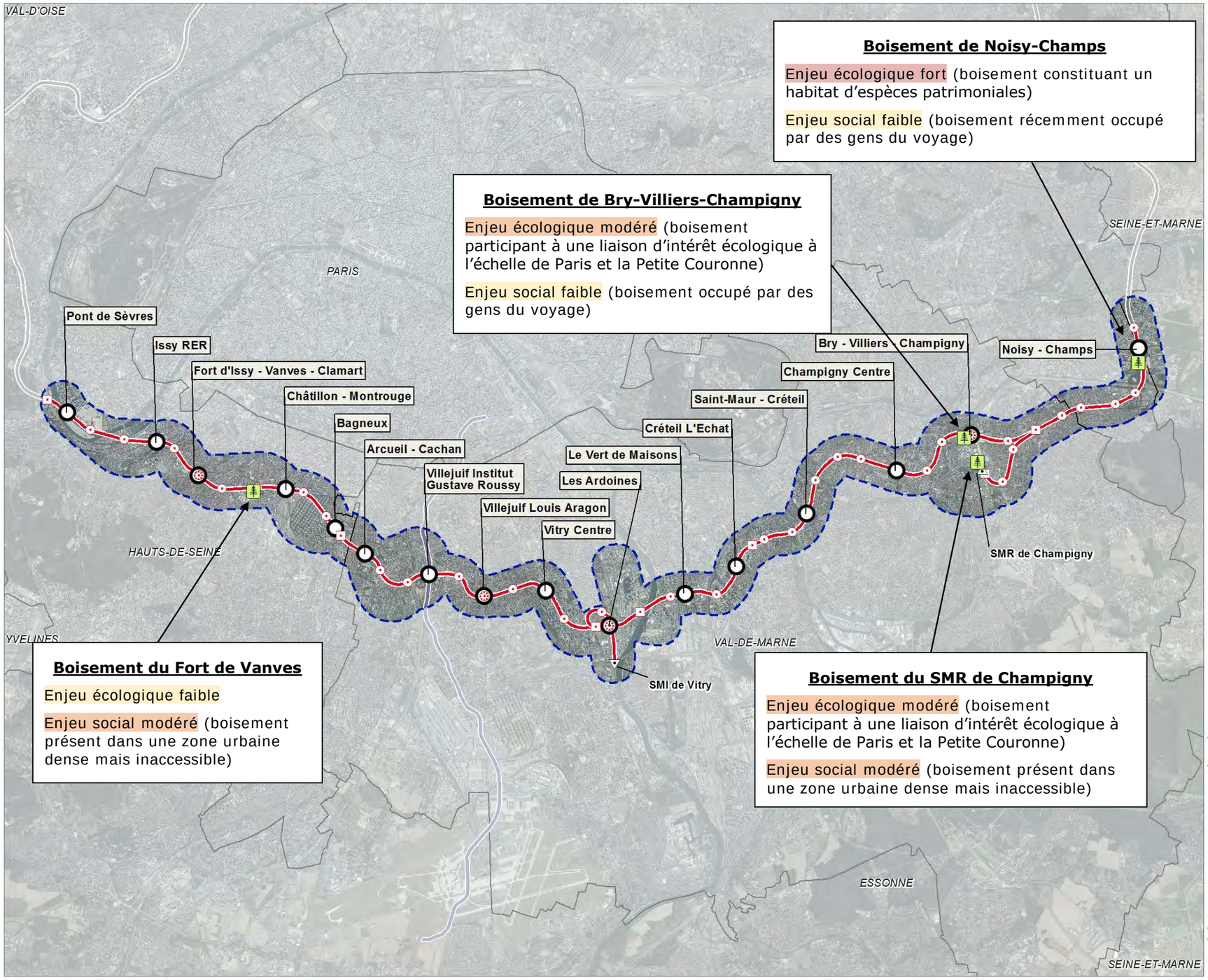
Hiérarchisation des enjeux liés aux boisements

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Aucun boisement au sens du Code forestier en interaction avec le projet.
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence du boisement du Fort de Vanves.
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier en interaction avec le projet.
Vitry Centre à Champigny Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier en interaction avec le projet.
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet (boisements de Bry-Villiers-Champigny, du SMR de Champigny et de Noisy-Champs).

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Synthèse des enjeux liés aux boisements



Grand Paris Express

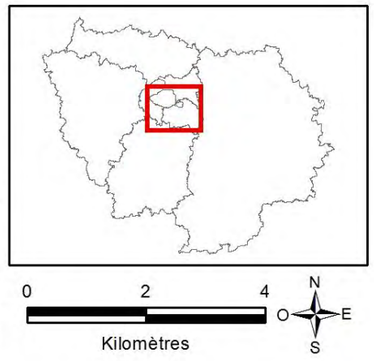
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Boisement

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2015



2.13 Services écosystémiques

2.13.1 Méthode générale

Les services écosystémiques soulignent le lien étroit entre la biodiversité et son utilisation par les sociétés humaines. L'existence d'un service écosystémique dépend tout autant de processus écologiques que des pratiques sociales qui en déterminent son utilisation. L'ensemble des services étudiés ont été répartis selon trois catégories : les services d'approvisionnement (production de biens par les écosystèmes et consommés par l'être humain), les services de régulation (processus qui canalisent certains phénomènes naturels et ont un impact positif sur le bien-être humain) et les services socioculturels (bénéfices immatériels que l'être humain tire de la nature en termes de santé, de liberté, d'identité, de connaissance, de plaisir esthétique et de loisirs, etc.).

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. La méthodologie appliquée pour l'étude des services écosystémiques rendus consiste en l'établissement d'un lien entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

2.13.2 Conclusions sur les services écosystémiques rendus

Sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent une superficie totale de **646,0 ha** soit 15 % environ de la superficie totale du tronçon. Ce dernier est donc très urbanisé.

Les parcs urbains sont les milieux (semi)naturels les plus représentés au niveau de la Ligne 15 Sud (57 % des milieux (semi)naturels). Les plus étendus le parc départemental des Hautes Bruyères, le parc départemental du Plateau ou encore le parc de la Butte Verte. Dans un contexte urbain particulièrement dense, ces milieux constituent de véritables « poumons » en cœur de ville, tant pour la qualité de l'environnement de vie des citoyens (régulation du climat local, purification de la qualité de l'air, etc.) que pour les activités sociales qu'ils génèrent (services socioculturels). Les principaux enjeux se concentrent donc au niveau des services socioculturels et de régulation fournis par ces milieux.

Hiérarchisation des enjeux liés aux services écosystémiques

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence du boisement du fort de Vanves
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet
Vitry Centre à Champigny Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier et en interaction avec le projet (boisement de la gare de Bry-Villiers-Champigny, Boisement du SMR de Champigny et boisement de Noisy-Champs)

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

2.14 Zones humides

2.14.1 Méthode générale

L'identification des zones humides potentielles au sein du fuseau d'étude s'est appuyée sur l'analyse de quatre sources bibliographiques :

- La couche des enveloppes d'alerte Zones humides de la DRIEE Ile-de-France qui date de 2010,
- L'inventaire des zones humides réalisé en 2012-2013 par le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre (SMBVB),
- L'inventaire des zones humides en cours de finalisation par le Syndicat Marne Vive,
- L'ECOMOS de l'IAU IdF de 2014 et des photoaériennes.

A la suite de cette première analyse, 27 secteurs d'aménagement ont été définis comme à enjeu « Zones humides » et une stratégie de délimitation réglementaire sur le terrain a été engagée avec l'utilisation du critère « Habitat » puis l'utilisation du critère « Sol » (Cf. Schéma).

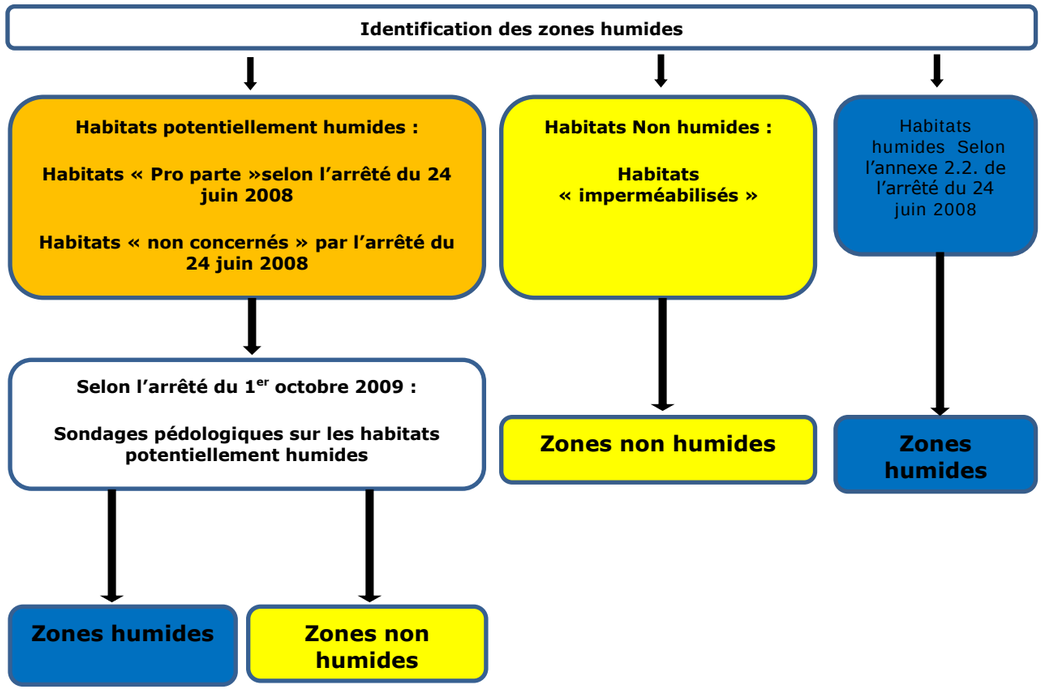


Schéma expliquant la démarche et la stratégie prise dans la délimitation réglementaire des zones humides

2.14.2 Conclusions sur les zones humides

La présence de zones humides ponctuelles terrestres observées sur le fuseau est liée à la création anthropique de mares, à la topographie ou à la pédologie particulière de certains secteurs d'aménagement.

L'analyse des critères « habitats naturels » et pédologie » a permis de délimiter :

- 1,89 ha de zones humides au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny,
- 46,44 ha de zones non humides au niveau du secteur d'aménagement de la gare de Noisy-Champs.

La bibliographie a permis d'identifier :

- 0,267 ha de zones humides sur la rigole de la redoute des Hautes Bruyères à proximité du secteur d'aménagement de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy,
- 0,205 ha de zones humides sur bassin de décantation du site Aldes de Vitry-sur-Seine à proximité du secteur d'aménagement de la friche Arrighi.

Dans l'ensemble, les zones humides observées sur le terrain sont dans un état de conservation bon (Villejuif IGR), à dégradée voire très dégradée (Friche Arrighi, Noisy-Champs, SMR de Champigny).

Les fonctions qu'elles continuent d'exprimer ont traits principalement à l'accueil de la biodiversité et à la reproduction de la faune inféodée à ces milieux et dans une moindre mesure au stockage des eaux de surfaces.

Le respect de la qualité des zones humides (habitat, alimentation,) est nécessaire, notamment lors de la réalisation des travaux d'aménagement de l'infrastructure et des émergences (gares et ouvrages annexes qui s'inscrivent à proximité de zones humides.).

De manière globale, la Ligne 15 Sud ne compromet pas le maintien des zones humides et des surfaces identifiées, selon le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Bilan des zones humides présentes dans le fuseau d'étude

Secteur d'aménagement	Critère de délimitation	Surface (ha)	Enjeux faune-flore/ habitat d'espèces	Habitat d'espèces	Etat de conservation / fonctionnalité	Enjeu global de la zone humide
Zones humides présentes au droit des secteurs d'aménagement						
SMR de Champigny	Pédologie	1,83	Faible	-	Dégradée	**Faible**
Gare de Noisy-Champs	Habitats naturels	0,06	Faible à Fort	Habitat de reproduction d'amphibien	Sensiblement dégradée à dégradée	**Modéré**
Zones humides présentes à proximité des secteurs d'aménagement						
Friche Arrighi	Habitats naturels	0,0267 (à proximité)	Faible	- *(Bassin de décantation)*	Sensiblement dégradée à dégradée	**Modéré**
Gare Villejuif IGR	Habitats naturels	0,0205 (à proximité)	Faible à Fort	Habitat de reproduction d'amphibiens	Bonne	**Fort**

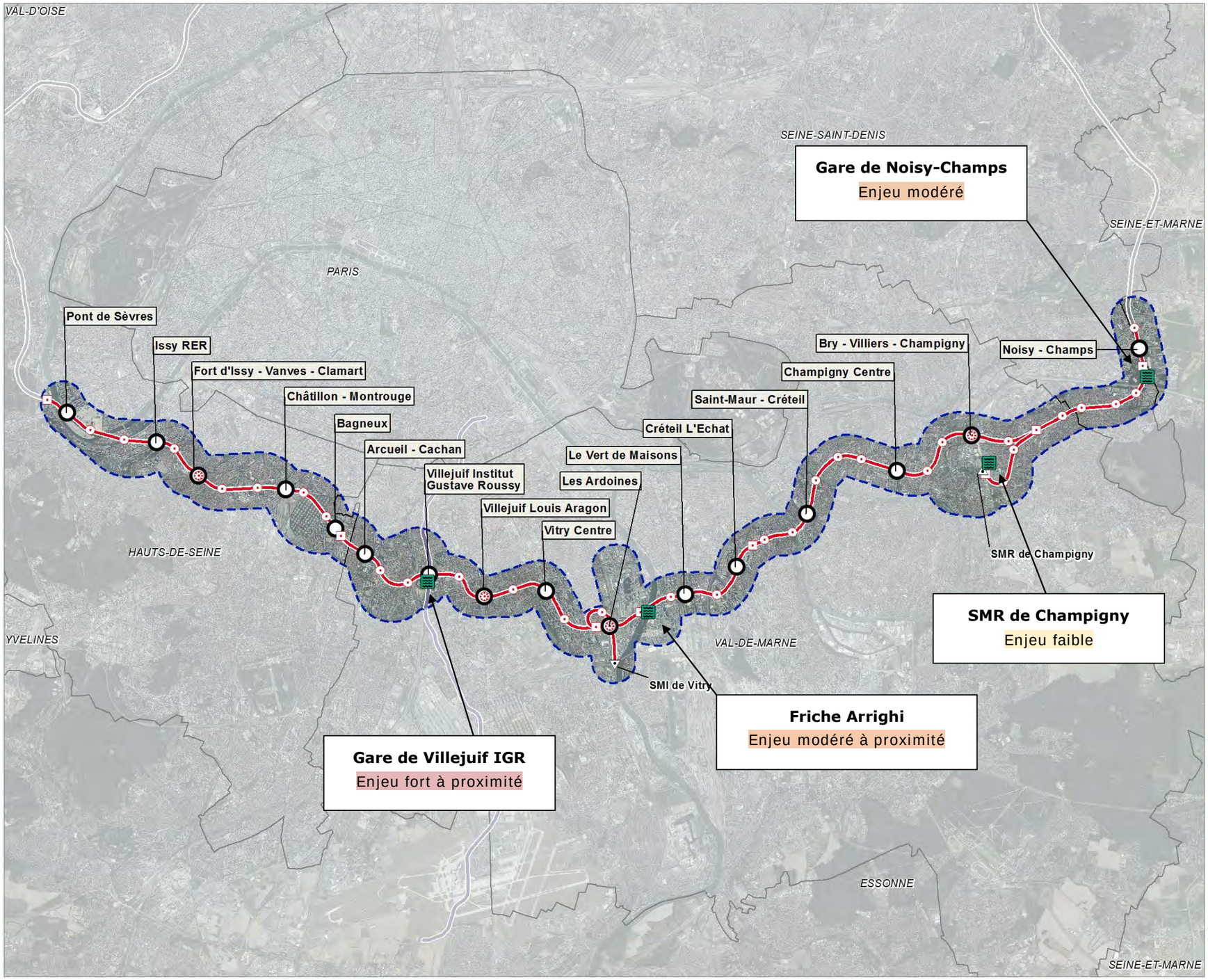
Hiérarchisation des enjeux liés aux zones humides

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Pas de zone humide sur cette section
Issy RER à Arcueil Cachan	Pas de zone humide sur cette section
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Présence d'une zone humide d'enjeu fort à proximité de la gare de Villejuif IGR
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence d'une zone humide d'enjeu modéré à proximité de la friche Arrighi
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence d'une zone humide d'enjeu faible au niveau du SMR de Champigny
	Présence de zones humides d'enjeu modéré au niveau de la gare de Noisy-Champs

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Synthèse des enjeux liés aux zones humides sur les secteurs d'aménagements de la Ligne 15 Sud



Grand Paris Express

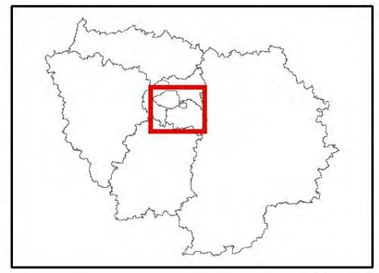
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2015



0 2 4 Kilomètres

N O E S

2.15 Frayères

2.15.1 Méthode générale

L'identification des zones de frayères et des espèces piscicoles a été réalisée au sein du fuseau d'étude à travers l'analyse des consultations (ONEMA, CG92, DRIEE IdF), des sources bibliographiques (Etude sur les berges de Seine, Espaces Naturels Sensibles, Etudes écologiques diverses) et via un inventaire de terrain.

A l'échelle de la Ligne 15 Sud, les inventaires ont été réalisés sur les secteurs où le projet présentait une forte interaction avec les milieux aquatiques, en l'occurrence la Seine et la Marne.

Les trois secteurs retenus, faisant l'objet d'une analyse des enjeux et des impacts, sont tous localisés en berge de Seine. Les secteurs d'aménagement de l'Ile de Monsieur, de Pont de Sèvres et de la Friche Arrighi Vitry étaient les seuls secteurs d'aménagement présentant un enjeu écologique pour la faune piscicole.

L'expertise de terrain a été menée en amont et en aval de chaque secteur d'aménagement, suivant les méthodes suivantes :

- Evaluation des potentialités d'accueil de la Seine,
- Recherche des frayères potentielles de bordure,
- Observation des espèces à vue et capture éventuelle.

2.15.2 Conclusions sur les frayères

Le fuseau de la Ligne 15 Sud est en interaction directe avec le lit mineur de la Seine, au niveau de l'Ile de Monsieur, Pont de Sèvres et la Friche Arrighi Vitry.

Trois secteurs d'aménagement présentent des zones de frayères et d'espèces piscicoles avérées sur la base des inventaires de terrain réalisés en 2014 et de la bibliographie.

De manière générale, le maintien de la continuité biologique et sédimentaire sur la Seine est obligatoire et concerne ces trois secteurs d'aménagement sur le fuseau d'étude.

Le respect de la qualité du fleuve est nécessaire, notamment lors de la réalisation des travaux d'aménagement de l'infrastructure et des émergences (gares et ouvrages annexes qui s'inscrivent à proximité du cours d'eau).

De manière globale, la Ligne 15 Sud ne compromet pas l'atteinte des objectifs qualitatifs des masses d'eau de la zone d'étude, renseignés au sein du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Hiérarchisation des enjeux liés aux frayères

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Berges de Seine anthropiques mais fond formé de blocs et graviers éparses combinés à la présence importante d'herbiers aquatiques formant des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants. **Présence avérée de frayères d'enjeu modéré à fort au niveau de l'Ile de Monsieur**
	Berges de Seine anthropiques mais fond formé de blocs et graviers éparses plus limité et combinés à la présence d'herbiers aquatiques formant des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants. **Présence avérée de frayères d'enjeu modéré au niveau de Pont de Sèvres**
Issy RER à Arcueil Cachan	Pas de berges sur cette section
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Pas de berges sur cette section
Vitry Centre à Champigny Centre	Capacité d'accueil limité pour la ponte de l'ichtyofaune. Principalement milieu de déplacement des espèces piscicoles. **Présence avérée mais limitée de frayères au niveau de la Friche Arrighi**
Champigny Centre à Noisy-Champs	Pas de berges sur cette section

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

2.16 Agriculture et pédologie

2.16.1 Méthode générale

Le volet agricole a été analysé par traitement cartographique grâce à l'atlas d'occupation du sol (MOS, 2008) et le Recensement Parcellaire Graphique (RPG, 2012). Les recherches bibliographiques ont consisté en l'analyse des données de recensement agricole (2010) et des données communales existantes (Surface Agricole Utile, nombre d'exploitation, Orientation Technico-Economique des Exploitations (OTEX)).

2.16.2 Conclusions sur l'agriculture

Cinq parcelles à vocation agricole ont été identifiées sur le fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud. Il s'agit pour quatre d'entre elles de serres municipales destinées à la production florale. Une parcelle sur la ville de Cachan est constitué d'un vignoble de cépages Sauvignon et Cémillon.

Les jardins familiaux sont également bien représentés sur le fuseau d'étude au nombre de 12 (source MOS) et sont principalement gérés par la Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs (FNJFC).

2.16.3 Conclusions sur la pédologie

Les sols ont été fortement modifiés par l'urbanisation. Pour l'essentiel, ils sont, soit imperméabilisés, soit issus de travaux d'aménagement.

L'analyse géologique a montré que, sur la quasi-totalité du parcours de la Ligne 15 Sud, les remblais occupent les premiers mètres du sous-sol.

Hiérarchisation des enjeux pédologiques et agricoles

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Agriculture : présence de serres municipales
	Pédologie : pas d'enjeu sur cette section
Issy RER à Arcueil - Cachan	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section
	Pédologie : pas d'enjeu sur cette section
Arcueil - Cachan à Vitry Centre	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble
	Pédologie : pas d'enjeu sur cette section
Vitry Centre à Champigny Centre	Agriculture : Présence de cultures sous serres
	Pédologie : unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible
Champigny Centre à Noisy-Champs	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section hormis la présence de jardins familiaux au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny
	Pédologie : unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

2.17 Paysage, patrimoine architectural et archéologie

2.17.1 Méthode générale

L'inventaire **des éléments de patrimoine** est réalisé à l'échelle du fuseau. L'appréciation des sensibilités visuelles tient compte, du niveau de protection du monument ou du site (classé ou inscrit), de l'objet du classement (site totalement ou partiellement protégé), de l'importance pour la préservation de l'objet du contexte paysager (importance des interrelations visuelles, notion de site…), et surtout de la position par rapport au fuseau et au tracé de référence et de la nature des aménagements (aériens ou pas). L'analyse s'appuie à la fois sur les données en possession des organismes compétents en matière de paysage et de patrimoine architectural.

L'approche paysagère s'intéresse dans un premier temps au paysage d'accueil du fuseau. Pour ce faire, l'approche paysagère s'appuie sur le fuseau produit à partir des différentes hypothèses de tracés et validé par la maîtrise d'ouvrage et les unités paysagères recoupées par ce dernier. Les unités paysagères ont été délimitées et décrites par l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile-de-France (IAU-IDF, 2010).

L'approche archéologique se base sur les éléments du service d'archéologie préventive qui identifie deux types de relevés où sont représentés les vestiges archéologiques : les vertiges connus et les périmètres de saisine dans lesquels les services de l'Etat sont susceptibles de demander une étude diagnostic suivie ou non de fouille.

2.17.2 Conclusions sur le patrimoine culturel protégé

Le niveau d'enjeu vis-à-vis **des sites protégés** est établi eu égard à la sensibilité relevée et au niveau de protection de ceux-ci.

La plupart des sites classés ou inscrits sont situés en marge du fuseau. Toutefois, le secteur de Sèvres se distingue en termes d'enjeu : il comprend le site classé de « l'Île de Monsieur », qui présente un enjeu particulièrement fort au regard de l'importance de ce site, de la qualité paysagère. Les sites inscrits voisins (en zone tampon), marqués par les infrastructures de transports, sont moins sensibles.

Les principaux enjeux concernant les monuments historiques relevés dans le fuseau d'étude, pondérés selon le niveau de protection (monument inscrit ou classé), sont concentrés au niveau des émergences puisque le tracé de la ligne est prévu en souterrain. Il s'agit des secteurs de la gare de « Pont de Sèvres », de la gare de Vert de Maisons.

2.17.3 Conclusions sur le paysage

La section Pont de Sèvres / Issy RER concentre les enjeux d'un point de vue paysager. En rive gauche de la Seine, le fuseau recoupe des secteurs de fort intérêt paysager comme en témoigne la présence de nombreux sites protégés au titre de la loi 1930. Ces derniers concernent des parcs paysagers (parcs de Saint-Cloud et de Brimborion) mais également des ensembles bâtis jardinés. En rive droite, le fuseau recoupe le tissu urbain continu de Boulogne.

Le reste du fuseau d'étude se constitue zones résidentielles dans les coteaux parfois pentus du Val-de-Seine ou industrielles sur l'extrémité nord du fuseau d'étude.

2.17.4 Conclusions sur le patrimoine archéologique

Le tracé étant prévu en tunnel sur sa totalité, les enjeux liés à l'archéologie se concentrent principalement au niveau des gares et des différentes émergences qui jalonnent la ligne. En effet, la profondeur à laquelle se situe le tunnel écarte a priori l'essentiel des risques de rencontrer des vestiges lors du creusement.

En l'état actuel des connaissances, les principaux enjeux liés à l'archéologie sur la Ligne 15sud se localisent sur deux secteurs plus ou moins étendus : près de la gare de Pont de Sèvres, sur la commune de Villejuif.

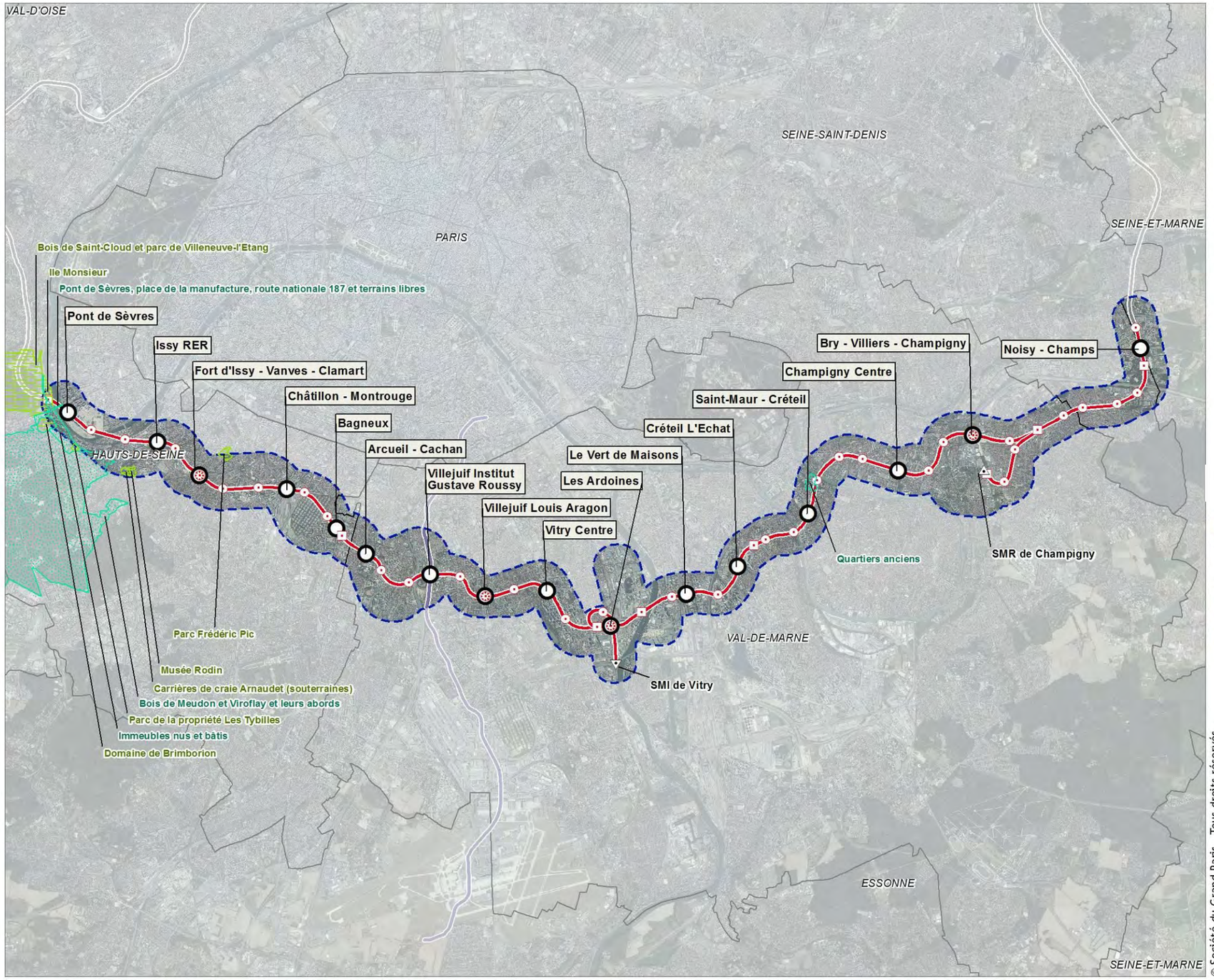
Hiérarchisation des enjeux liés au paysage, au patrimoine architectural et au patrimoine archéologique

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Le fuseau, voir le tracé préférentiel, traversent plusieurs périmètres de sites et monuments historiques
	Le paysage de la boucle de Boulogne est remarquable de par sa composition et la diversité des éléments de patrimoine qui s'y trouve
	Secteurs où la présence de patrimoine archéologique est suspectée
Issy RER à Arcueil-Cachan	Peu de périmètres de sites et de monuments historiques protégés traversés par le fuseau
	Paysage urbain dense faiblement qualifié
	Absence de patrimoine archéologie suspecté
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Quelques périmètres de sites ou de monuments historiques traversés par le fuseau
	Quelques sites ponctuels d'intérêt paysagés (vallée de la Bièvre)
	Présence de vestiges archéologiques connus
Vitry Centre à Champigny Centre	Peu de périmètres de site et de monuments historiques protégés traversés par le fuseau
	Quelques sites ponctuels d'intérêt paysagés (traversées de la Seine et de la Marne)
	Présence de quelques vestiges archéologiques
Champigny Centre à Noisy champs	Peu de périmètres de sites et de monuments protégés traversés par le fuseau
	Paysage urbain dense faiblement qualifié
	Absence de patrimoine archéologie suspecté

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

Localisation des sites inscrits et classés recensés sur le fuseau d'étude



Grand Paris Express

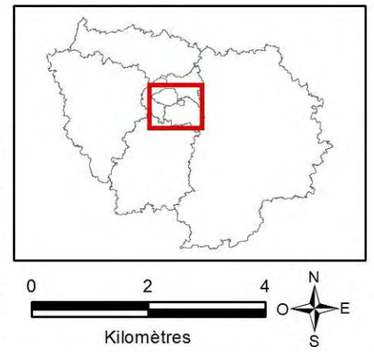
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

Sites protégées

- Sites inscrits
- Sites classés

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014 - ©DRIEE IDF (2014)
Cartographie : Biotope, 2014



2.18 Population, emploi et occupation du sol

2.18.1 Méthode générale

L'analyse de l'état initial dresse un état des lieux des caractéristiques socio-démographiques des communes et territoires situés à proximité du projet principalement sur base des données de l'INSEE. L'occupation des sols et le caractère urbain ou rural des zones traversées par l'infrastructure sont également analysés principalement sur base des données de l'IAU-ÎDF. Le diagnostic donne finalement un aperçu de l'évolution passée et présente de la population, de l'emploi et de l'occupation des sols.

2.18.2 Conclusions

2.18.2.1 L'Ile-de-France comme moteur économique majeur

Produisant 29% de la richesse nationale, la région s'impose comme un moteur économique majeur et constitue un large marché de l'emploi et de consommateurs. En 2010, la région comptabilisait environ 5 millions d'emplois dans plus de 680 000 entreprises[3].

A l'échelle des communes directement concernées par le tracé du projet, les densités d'emplois vont de 8 (à Emerainville) à 130 emplois/hectare (à Boulogne-Billancourt) avec une moyenne de 40 emplois par hectare. Les densités d'emplois sont généralement plus élevées dans les communes adjacentes à Paris intra-muros, ou très proches (en particulier Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux Malakoff, Montrouge, Arcueil et Joinville-le-Pont).

De manière générale, il y a eu une croissance de l'emploi dans la majorité des communes étudiées. Les croissances les plus importantes sont observées à Meudon (+50%), Issy-les-Moulineaux (+36%) et Arcueil (+34%). Seules trois communes ont vu leur nombre d'emplois diminuer, et ce de manière relativement importante : Bagneux (-3,6%), Choisy-le-Roi (-0,7%) et Cachan (-4,7%).

2.18.2.2 Croissance démographique et crise du logement

Près d'un français sur cinq réside aujourd'hui en Ile-de-France qui représente seulement 2% de la superficie nationale. La densité de population est donc importante (10 habitants/hectare). Les communes à proximité de la Ligne 15 Sud étant déjà fortement urbanisées, leur densité de population est encore plus importante et s'élève en moyenne à 92 habitants par hectare. De manière générale, les densités les plus élevées sont situées dans les communes adjacentes à Paris-intra-muros. La majorité des communes concernées ont connu une croissance de leur population entre 1990 et 2011. Certaines connaissent même des taux de croissance supérieurs ou égaux à 15% (Issy-les-Moulineaux, Le Kremlin-Bicêtre, Montrouge, Châtillon et Alfortville). Certaines communes ont tout de même connu une légère diminution de population (Maisons-Alfort, Malakoff, Meudon, Arcueil, Saint-Maur-des-Fossés et Champigny-sur-Marne).

L'Ile-de-France est une région très jeune puisque ce pôle économique majeur attire de nombreux étudiants et jeunes actifs. Grâce à un taux de fécondité élevé, le territoire a vu sa population augmenter ces dernières années : +0,7% par an en moyenne entre 1999 et 2010. Les communes proches de la Ligne 15 Sud s'alignent sur les tendances régionales avec une proportion de jeunes dans la moyenne de l'ensemble de la région.

Face aux perspectives de croissance démographique couplées au phénomène de desserrement des ménages[4], le parc bâti francilien devra évoluer pour accroître l'offre en logements. C'est du moins l'objectif visé dans le projet du Schéma Directeur de la région Ile-de-France et qui a été confirmé dans la loi n°2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris. Dans ce contexte, les Contrats de Développement Territorial (CDT) à proximité du tracé du projet (« Grand Paris Seine Ouest », « Campus – Sciences et Santé », « Grandes Ardoines », « Boucle de la Marne » et « Grand Paris Est Noisy-Champs») constitueront des outils opérationnels déterminants.

2.18.2.3 La lutte contre les disparités sociales et territoriales

L'Ile-de-France est l'une des régions françaises les plus riches, mais c'est également l'une des plus contrastées socialement. Ces dix dernières années, le taux de pauvreté a fortement augmenté en Ile-de-France tandis qu'il diminuait sensiblement dans le reste du pays. En 2008, un million de Franciliens vivaient en-dessous du seuil de pauvreté. Favoriser l'égalité sociale et territoriale et améliorer la cohésion sociale est donc l'un des enjeux majeurs de la Région, enjeu d'ailleurs inscrit dans le SDRIF.

A l'échelle des communes directement concernées par le tracé du projet, l'analyse met en évidence des différences importantes entre les communes avec notamment des taux de chômage relativement élevés dans les communes éloignées de Paris ou au centre de la ligne (en particulier Alfortville, Arcueil, Champigny-sur-Marne, Choisy-le-Roi, le Kremlin-Bicêtre, Villejuif et Vitry-sur-Seine). La part des cadres dans la population active et le salaire horaire net moyen sont également plus faibles dans plusieurs communes situées au Sud et à l'Est du tracé de la Ligne 15 Sud.

L'amélioration de la desserte des transports en commun dans les territoires périurbains permettrait donc d'apporter une réponse aux déséquilibres observés en permettant de relier les communes desservies aux pôles d'emploi majeurs de la région.

2.18.2.4 L'étalement urbain

Depuis les années 80, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et deuxième couronnes, selon des formes urbaines peu denses et grandes consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de route et de RER. L'évaluation environnementale du Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF 2012) estime que l'artificialisation des terres agricoles se réalise ainsi depuis 20 ans (1990-2008) en Île-de-France au rythme moyen de 1680 hectares par an. Le phénomène d'étalement urbain, qui est toutefois en diminution ces dernières années, peut avoir des conséquences multiples s'il est excessif. Ces externalités négatives sont aujourd'hui perceptibles et touchent notamment :

- le transport : allongement des déplacements, augmentation de la dépendance au véhicule particulier, augmentation de la congestion sur le réseau routier ;
- l'environnement : augmentation des surfaces artificielles, augmentation de la consommation de carburant, augmentation de la pollution de l'air et des nuisances sonores, consommation des espaces agricoles et naturels (aujourd'hui, près 80% du territoire d'Ile-de-France est constitué d'espaces agricoles, naturels ou forestiers) et pression sur les écosystèmes ;

---

[3]Source: Institut national de la statistique et des études économiques, Projet de Schéma directeur de la Région Ile-de-France (Conseil régional d'Ile-de-France, 2008)

[4]En 2005, la moyenne de surface habitable nécessaire pour un Francilien était de 32m² SHON. En 2030, elle sera, d'après les estimations, de 36m²SHON (Source : Contraintes énergétiques et mutations urbaines. Cahier de l'IAURIF n°147, IAURIF, 2008).

- l'aspect social : accentuation de la fracture urbaine et des ségrégations sociales ;
- l'aspect économique : augmentation des coûts de viabilisation pour l'urbanisation nouvelle.

L'urbanisation nouvelle dans les communes directement concernées par le projet a suivi la même tendance que l'évolution régionale ; c'est-à-dire un pic d'urbanisation dans les années 90 qui s'atténue par la suite. A l'échelle de la zone d'étude, le rythme d'urbanisation des sols est passé d'environ 53 hectares par an entre 1982 et 1990 à environ 23 hectares par an entre 1999 et 2008. Entre 1982 et 2008, le rythme moyen de l'urbanisation nouvelle a donc été divisé par deux.

2.18.2.5 Objectifs territoriaux

L'analyse de l'état des initial permet d'identifier plusieurs objectifs principaux pour le développement urbain durable de l'Ile-de-France dans lesquelles le projet devra s'inscrire :

- **Croissance démographique et crise du logement** : le territoire traversé par le projet est déjà dense (92 habitants par hectare) en particulier à l'Ouest et au centre du fuseau d'étude tandis que la population continue d'augmenter. L'objectif est de favoriser la création de logements pour répondre aux besoins engendrés par la croissance démographique.
- **Consommation des espaces et densification** : Le SDRIF prévoit, d'une part, la limitation de la consommation d'espaces vierges et, d'autre part, la construction massive de logements. Ce double objectif implique un développement urbain via la densification des espaces déjà urbanisés. Au niveau du périmètre d'étude, l'objectif est de construire un bâti dense et compact à proximité des nœuds de transports en commun. La densification dépendra des réserves foncières encore disponibles.
- ***Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales :*** A l'image des objectifs à l'échelle globale, les objectifs à l'échelle locale restent la création d'emplois et la diminution du taux de chômage. Dans le cas des transports en commun, il s'agit surtout de relier les territoires mal connectés aux zones d'emploi. L'objectif étant la diminution des déséquilibres observés (chômage et salaire moyen) dans certaines communes en particulier au centre et à l'Est du fuseau d'étude (Alfortville, Arcueil, Champigny-sur-Marne, Choisy-le-Roi, le Kremlin-Bicêtre, Villejuif et Vitry-sur-Seine).

2.18.2.6 Enjeux

Hiérarchisation des enjeux en termes de population d'emploi et d'occupation du sol

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Croissance démographique et crise du logement : croissance démographique généralement modérée.
	Consommation des espaces et densification : potentiel de densification modéré.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : croissance importante de l'emploi dans la commune de Meudon entre 1999 et 2011.
Issy RER à Arcueil Cachan	Croissance démographique et crise du logement : plusieurs communes ont connu une croissance démographique importante entre 1990 et 2011 (Issy-les-Moulineaux Chatillon, Montrouge) pouvant générer un déficit de logements.
	Consommation des espaces et densification : les alentours de la gare de Fort d'Issy, et dans une moindre mesure des gares d'Arcueil-Cachan et de Villejuif IGR, comprennent des terrains vacants. La densification du bâti autour de ces gares offre une opportunité intéressante afin de limiter l'étalement urbain.
Arcueil Cachan à Vitry Centre	Croissance démographique et crise du logement : plusieurs communes ont connu une croissance démographique importante entre 1990 et 2011 (Le Kremlin-Bicêtre et dans une moindre mesure Cachan et Villejuif) pouvant générer un déficit de logements.
	Consommation des espaces et densification : Certaines communes de cette section ont connu des taux relativement importants d'urbanisation nouvelle entre 1982 et 2008. La densification du bâti autour des gares offre une opportunité intéressante de limiter l'étalement urbain.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : plusieurs communes de cette section (en particulier Arcueil, Villejuif et dans une moindre mesure Le Kremlin-Bicêtre) présentent des taux de chômage plus importants. Certaines communes (en particulier Arcueil) ont connu une croissance relativement importante de l'emploi entre 1999 et 2011.
Vitry Centre à Champigny Centre	Croissance démographique et crise du logement: croissance démographique généralement modérée.
	Consommation des espaces et densification : Certaines communes de cette section ont connu des taux relativement importants d'urbanisation nouvelle entre 1982 et 2008 (notamment Créteil). La densification du bâti autour des gares, en particulier la gare des Ardoines qui présente des réserves foncières encore disponibles offre une opportunité intéressante de limiter l'étalement urbain.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : Plusieurs communes de cette section (Vitry-sur-Seine, Alfortville et Choisy-le-Roi) présentent des taux de chômage importants et des salaires horaires moyens plus faibles par rapport aux communes avoisinantes et à la moyenne régionale.
Champigny Centre à Noisy-Champs	Croissance démographique et crise du logement: croissance démographique généralement modérée.
	Consommation des espaces et densification : de manière générale, les communes de cette section ont connu des taux importants d'urbanisation nouvelle entre 1982 et 2008, en particulier à Emerainville et Champs-sur-Marne. Dans une perspective de limiter l'étalement urbain, la densification du bâti autour des gares, en particulier celles de Bry Villiers Champigny (terrains vacants et réserves foncières disponibles) et Noisy-Champs (zone peu urbanisée) offre une opportunité intéressante.
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales : les communes de Champs-sur-Marne et Champigny-sur-Marne présentent des taux de chômage élevés par rapport aux communes avoisinantes.

2.19 Urbanisme réglementaire

2.19.1 Méthode générale

L'analyse présentée dans cette étude d'impact repose sur une compilation et une analyse de l'ensemble des documents d'urbanisme concernant la zone de projet, de l'échelle régionale à l'échelle communale.

Cette analyse porte sur les interactions du projet avec les orientations générales de chaque document.

2.19.2 Conclusions

L'analyse portée au territoire traversé par la Ligne 15sud permet d'identifier :

- Deux Opérations d'Intérêt National (OIN) sur le fuseau d'étude ;
- Cinq Contrats de Développement Territorial (CDT) couvrant en grande partie les communes admettant le fuseau de la Ligne 15sud ;
- Un seul SCoT sur les communes appartenant au fuseau d'étude la Ligne 15sud : le SCoT des Coteaux et du Val de Seine ;
- Seize Plans Locaux d'Urbanisme et deux Plans d'Occupation des Sols en vigueur. Un seul document d'urbanisme est antérieur à la date d'adoption du schéma d'ensemble du Grand Paris Express (26 mai 2011).

Pour les documents d'urbanisme locaux, les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) ou Plans d'Occupation des Sols (POS), l'enjeu principal est la prise en compte des objectifs du Grand Paris Express au sein du projet des villes, notamment au travers du PADD (Projet d'Aménagement et de Développement Durable).

Le décret 2014-1607 du 24 décembre 2014, déclarant la Ligne 15 Sud d'Utilité Publique, prévoit également la mise en compatibilité des documents d'urbanisme locaux.

De fait, l'enjeu relatif à ces documents est donc faible à nul.

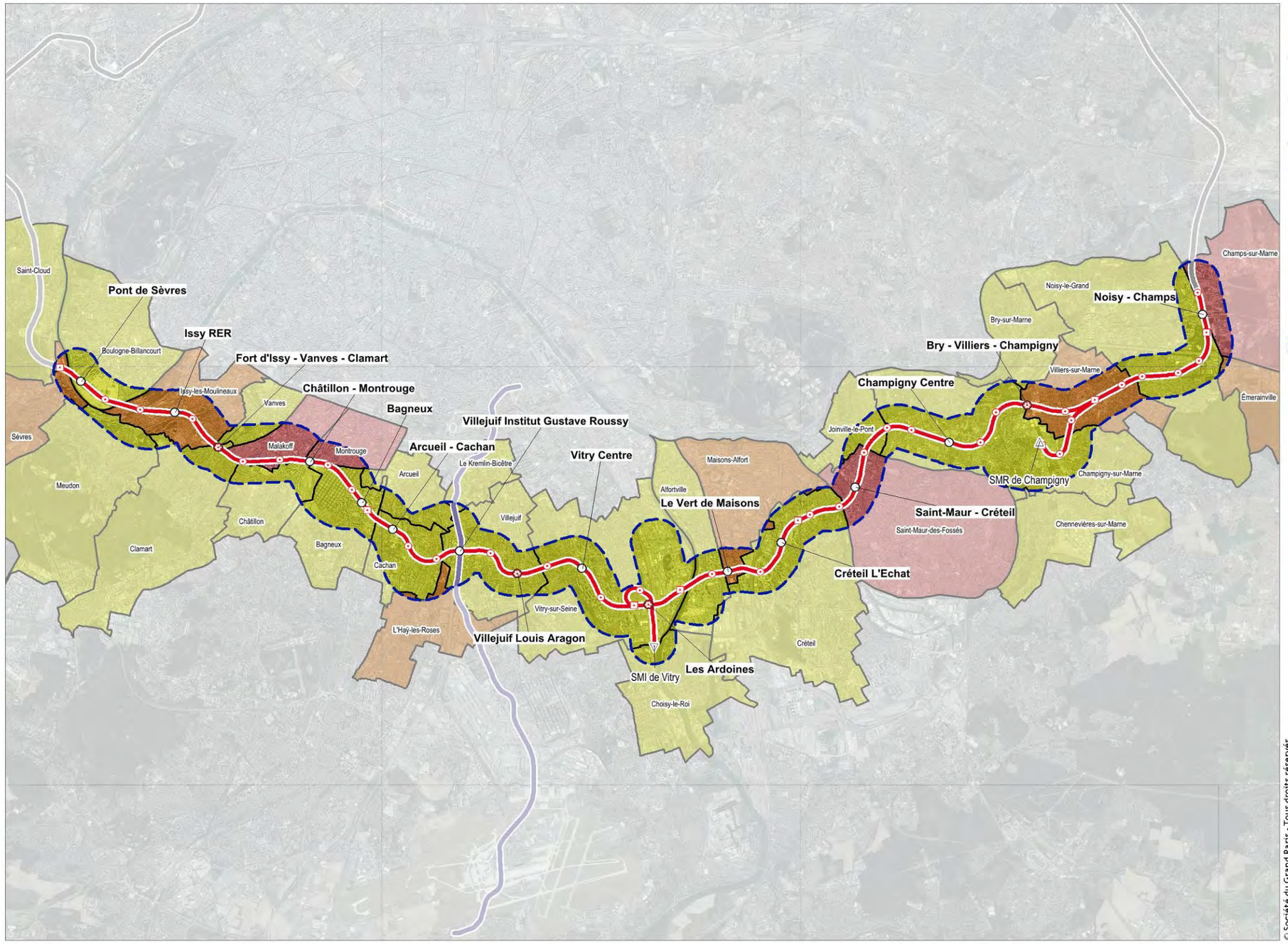
Hiérarchisation des enjeux liés à l'urbanisme réglementaire

Section	Niveau d'enjeu
Ensemble du linéaire	Enjeu intégré à la procédure de DUP relative au projet de Ligne 15 Sud

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

Etat actuel des PLU et POS (juin 2014)



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

Document local d'urbanisme

- Commune disposant d'un POS antérieur à Mai 2011
- Commune disposant d'un PLU antérieur à Mai 2011
- Commune disposant d'un PLU postérieur à Mai 2011

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho® - AVPB 2014
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014

0 1 2 4 km

N O E S

2.20 Risques technologiques

2.20.1 Méthode générale

Les Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) approuvés et rendus publics ont été pris en compte et les éléments graphiques utilisés en rapport avec l'étude.

L'analyse a principalement portée sur l'identification et la caractérisation :

- Des ICPE soumises à autorisation administrative (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) : ces installations présentent un certain nombre de risques pour l'environnement et sont, de ce fait, soumises à procédures administratives permettant d'évaluer et gérer ces risques. Ce sont par exemple des stations-service, des garages automobiles, certaines activités de laboratoire, certaines activités de stockage, certaines activités commerciales : une nomenclature et des seuils définissent les activités relevant de la réglementation et des procédures.

- Des sites SEVESO et de leurs PPRT lorsqu'ils existent : les procédures administratives concernant ces installations sont encore plus sévères que pour les ICPE et la notion de risques fait l'objet de documents spéciaux, dont les PPRT.

2.20.2 Conclusions

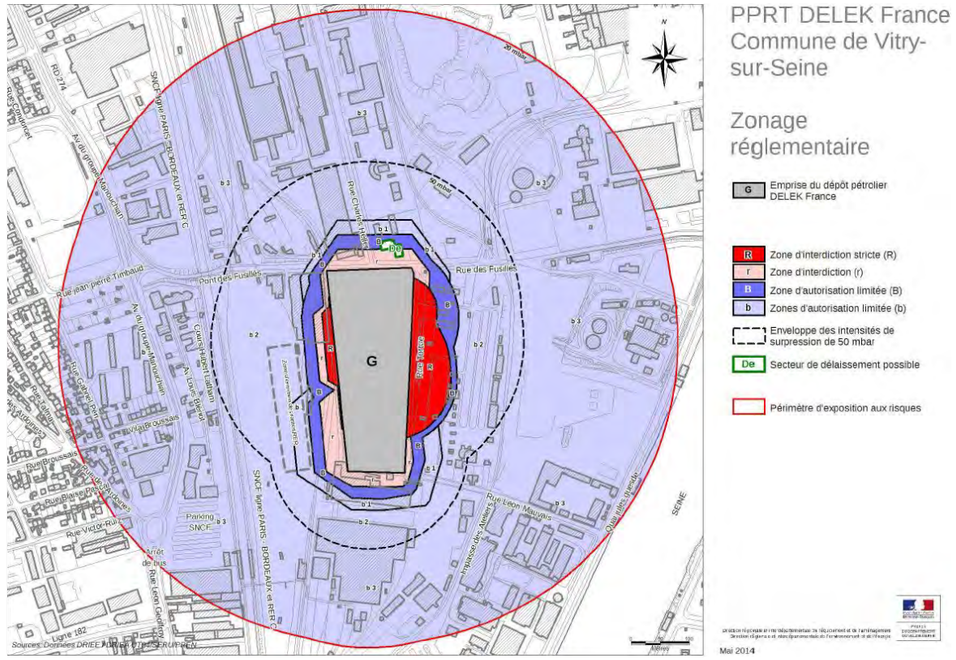
Les ICPE identifiées au niveau du territoire d'étude présentent des risques localisés et plutôt de type émission de pollution.

Les installations SEVESO identifiées au niveau du territoire d'étude sont localisées en un seul endroit du tracé, le secteur de la gare des Ardoines et de la Friche Arrighi sur la commune de Vitry-sur-Seine : les installations présentes ont des enjeux forts en termes de risques technologiques, en particulier d'explosion. Le PPRT associé à l'une de ces installations (DELEK) comprend des prescriptions applicables aux deux ouvrages précités, en particulier au niveau des parties d'ouvrage supérieures à la surface du sol.

Ce type de risque est absent en dehors de la zone ci-dessus.

Enfin, en termes de transport de matières dangereuses, si l'ensemble des communes traversées par le fuseau de la Ligne 15 Sud est concerné, l'enjeu est faible.

NB : Le site Seveso DELEK France, détenu par le groupe TDR Capital LLP a changé de nom le 26 février 2015. Le site Seveso a ainsi été renommé European Forecourt Retail Group (EFR Group). Cette évolution est survenue au cours de la rédaction de la présente étude d'impact. Ainsi, le nom de DELEK France a été conservé et fait aujourd'hui référence au site rebaptisé EFR Group.



Zonage réglementaire du PPRT du site DELEK France, à Vitry-sur-Seine (source : PPRT de Vitry-sur-Seine (DELEK France))

Hiérarchisation des enjeux liés aux risques technologiques

Section	Niveau d'enjeu
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	ICPE en proximité de gares et d'OA
Issy RER à Arcueil-Cachan	ICPE en proximité de gares et d'OA
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	ICPE en proximité de gares et d'OA
Vitry Centre à Champigny Centre	ICPE en proximité de gares et d'OA
	Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration intercepte la gare des Ardoines
	ICPE en proximité de la gare de Créteil l'Echat
Champigny Centre à Noisy-Champs	ICPE en proximité de gares et d'OA

2.21 Mobilité

2.21.1 Méthode générale

L'état initial est principalement décrit sur base des résultats de l'Enquête Globale Transport de 2010. Cette grande enquête co-pilotée et co-financée par le STIF et la DRIEA d'Ile-de-France permet d'analyser les déplacements des Franciliens et leur évolution dans le temps.

2.21.2 Conclusions

2.21.2.1 Evolution des déplacements

La part des déplacements internes à la petite couronne est en forte augmentation depuis plus de trente ans alors que celle des déplacements en échange avec Paris reste au même niveau. Or le réseau de transports en commun a continué de se développer sur une structure essentiellement radiale qui ne permet pas des déplacements latéraux aisés sans passer par le centre de Paris.

2.21.2.2 Réseaux routiers et de transports en commun

L'offre en transports en commun est assez bien développée à proximité du fuseau d'étude puisque ce dernier croise des axes radiaux importants (notamment 4 lignes de métro existantes : lignes 9, 13, 7, 8, et trois prolongements en projet : lignes 12, 4 et 14). Le fuseau comprend également les tramways T2, T3, T6 et T7 qui assurent la desserte de la proche banlieue en faisant le relai des lignes de métro. Parallèlement, l'ensemble des lignes du RER assurent au moins une desserte dans le fuseau d'étude. Il convient de noter toutefois que cette offre est principalement radiale (reliant Paris) et qu'elle est moins développée à mesure que l'on se déplace vers l'Est de la ligne.

Les futures gares sont, enfin, généralement bien desservies par le réseau routier structurant. Néanmoins, la congestion sur le réseau routier à proximité des futures gares, et ce en particulier sur les voies rapides, reste importante.

2.21.2.3 Fréquentation des réseaux

Le réseau routier est saturé à la pointe du matin sur les radiales vers Paris A4, A6 et A13 (malgré une diminution de -5% observée entre 1999 et 2006) et les tangentielles telles que l'A86 (+10% entre 1999 et 2006). Malgré une stabilisation du nombre de déplacements réalisés en voiture à l'échelle régionale[5] et une diminution du trafic routier en véhicules x km parcourus de -6% (entre 2001 et 2010) sur les radiales de petite couronne[6], le réseau routier francilien dans son ensemble reste saturé à la pointe du matin. Ainsi, les radiales de grande couronne comme l'A4, l'A6 et l'A13 ainsi que les tangentielles telles que l'A86 restent saturées et voient même leur trafic augmenter (augmentation de trafic en véhicules x km de +6,9% entre 2001 et 2010 pour l'A86[7]) Cela accentue les nuisances résultant des émissions de polluants, de la consommation énergétique, du bruit et des pertes de temps des usagers. Le réseau routier francilien étant globalement à maturité, il n'est plus envisageable d'augmenter fortement les capacités, ce qui serait, de plus, en contradiction avec les objectifs du Grenelle de l'Environnement. La réduction de la demande de transport en voiture particulière prônée par le Grenelle de l'Environnement repose donc sur plusieurs leviers d'action dont un des principaux concerne le développement des infrastructures de transport public.

Par ailleurs, le réseau de transport en commun est très chargé sur les troncs communs des radiales du RER, du Transilien et de la rocade constituée par les tramways T2 et T3. Il s'ensuit une qualité de service dégradée et une fragilisation de ces lignes au regard des contraintes d'exploitation. La saturation provient de la stagnation des mouvements radiaux associée à la croissance des mouvements transversaux, qui sont contraints de faire un détour par Paris par manque d'infrastructures adaptées.

L'apport d'une liaison radiale supplémentaire représente donc un enjeu important puisqu'elle permettrait de raccourcir les temps de parcours des usagers et de soulager les autres lignes radiales, tout en ayant également un effet bénéfique sur le report modal.

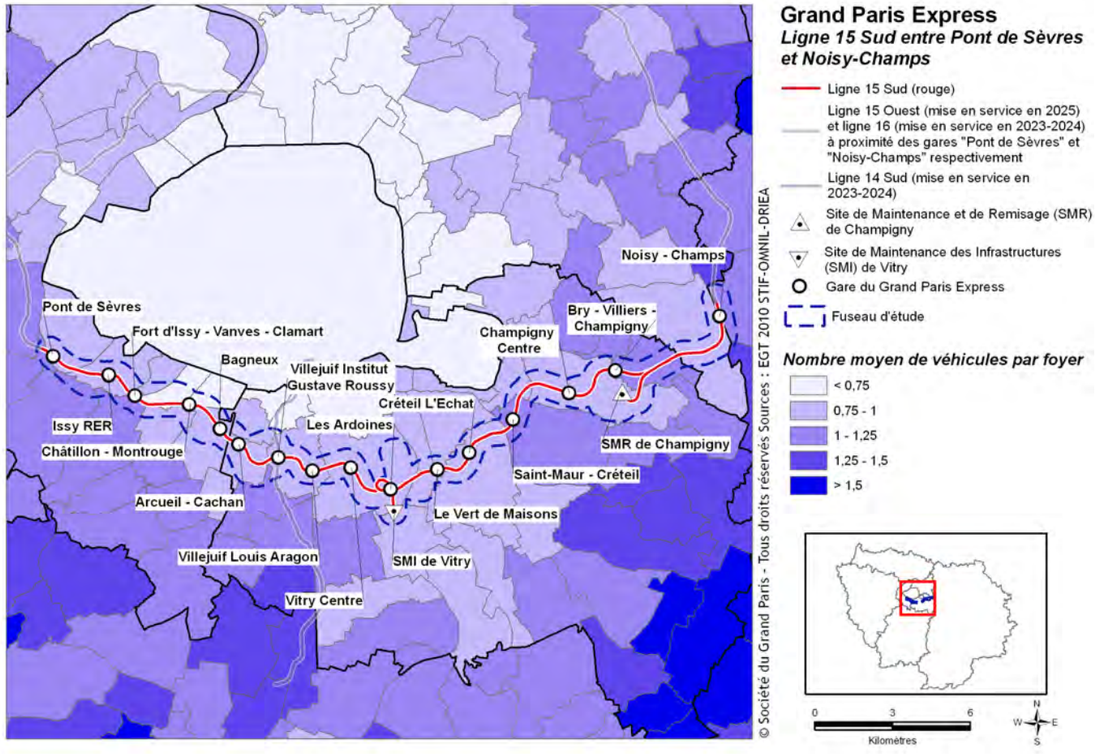
2.21.2.4 Modes utilisés

Les taux de motorisation sont relativement peu importants autour des gares proches de Paris mais deviennent plus élevés avec l'éloignement. Ainsi, l'utilisation de la voiture est plus intensive à l'Est de la ligne où la distance avec Paris est la plus importante. L'utilisation des transports publics le long du fuseau d'étude suit la même logique, avec une utilisation plus intensive pour les communes de proche banlieue.

Généralement, la voiture est majoritairement utilisée dans les déplacements qui ne sont pas en lien avec Paris. Elle est, par contre, moins fréquemment utilisée pour les déplacements vers Paris. Ceci reflète l'offre en transports publics hétérogène : le maillage radial en direction de Paris est important ce qui explique les parts modales importantes depuis/vers Paris mais est limité dans les autres directions (vers la première et la grande couronne ou à l'intérieur de celles-ci) où la part modale de la voiture est alors dominante.

---

[5] Source : Enquête Globale Transport 2010, STIF-DRIEA-IAU-OMNIL
[6] Source : comptages DRIEA, Ville de Paris
[7] Idem



Part des ménages motorisés selon le secteur de l'EGT (Source : STRATEC sur base de l'EGT 2010 STIF-OMNIL-DRIEA).

2.21.2.5 Desserte des gares

Un projet d'implantation d'une infrastructure de transport implique nécessairement des enjeux importants pour la mobilité à proximité des futures émergences tant au niveau des effets temporaires des chantiers qu'au niveau de l'insertion permanente des gares.

Actuellement, les réseaux routiers aux abords des gares de la zone d'étude sont généralement saturés ou proche de la saturation à la pointe du matin, en particulier sur les autoroutes A4, A6, A13 et A86. Le rabattement en voiture vers les gares devra donc tenir compte de ces contraintes et favoriser le rabattement en amont des secteurs congestionnés.

2.21.2.6 Enjeux

Les principaux enjeux territoriaux sont repris dans le tableau suivant.

Hiérarchisation des enjeux liés à la mobilité

Section	Thématiques	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	**Evolution des déplacements**	Les déplacements de banlieue à banlieue sont en augmentation tandis que les infrastructures de transports en commun restent généralement organisées de manière radiale par rapport à Paris. La voiture est donc souvent privilégiée pour ce type de déplacement au contraire de ceux en relation avec Paris.
	Fréquentation des réseaux	Une forte augmentation du trafic sur les autoroutes en rocade (A86, Francilienne) entre 2000 et 2010 a été observée, alors que le trafic diminuait sur les autoroutes radiales (A13, A14…) et les voiries non autoroutières proches de Paris (RN13, …). Les lignes ferrées, principalement radiales (RER A, B, C, D et E) sont particulièrement chargées et arrivent en limite de capacité. Cette saturation provient notamment de la croissance des mouvements transversaux, qui sont contraints de faire un détour par Paris par manque d'infrastructures adaptées.
	Parts modales	L'augmentation de la part modale des transports collectifs est marquée depuis dix ans. L'utilisation des transports en commun dans la compétition avec la voiture particulière doit être favorisée pour atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transport en commun dans la région.
	Chantiers et desserte des gares	Les zones proches des futures émergences du projet sont généralement bien connectées au réseau de transports en commun existant. L'accessibilité routière est également généralement bien assurée mais de nombreux axes supportent un trafic important proche de la saturation.

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

2.22 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

2.22.1 Méthode générale

Les consommations énergétiques en Ile-de-France sont bien suivies notamment par l'ARENE et l'ADEME au travers du tableau de bord de l'énergie publié régulièrement. Les émissions de gaz à effet de serre étant plus difficilement quantifiables, de plus grandes incertitudes persistent. Néanmoins, le bilan des émissions de gaz à effet de serre d'AirParif ainsi que le Bilan Carbone® de la Région Île-de-France réalisé en 2007 permettent de donner un aperçu des émissions et de leur évolution au cours du temps.

2.22.2 Conclusions

L'importance de la population et des activités en Ile-de-France font de cette région le principal consommateur d'énergie en France (23,7 millions de tonnes équivalent pétrole consommés en 2008) et un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre (44,7 millions de tonnes équivalent CO_2 émises par an). Que ce soit du point de vue des consommations énergétiques ou des émissions de gaz à effet de serre, les trois secteurs les plus importants sont le transport, le résidentiel et le tertiaire. Ce sont également ces secteurs pour lesquels les acteurs publics ne sont pas encore parvenus à diminuer significativement les émissions.

La France s'est cependant engagée sur la scène internationale à réduire ses émissions de gaz à effet de serre (GES). Le Grenelle de l'environnement a notamment rappelé l'objectif de diviser par 4 les émissions de GES d'ici 2050 en accélérant les progrès d'efficacité énergétique dans le bâtiment, en favorisant les modes de transports peu émetteurs, en favorisant un urbanisme plus efficace et en développant une politique énergétique de réduction des consommations et du contenu carbone de la production. L'Ile-de-France a également pris des engagements forts contre les changements climatiques notamment grâce à son plan régional pour le climat adopté en juin 2011. Le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE), prévoit, quant à lui, une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020.

Tant la construction que l'exploitation du projet nécessiteront une consommation importante d'énergie et l'émission des gaz à effet de serre associés. Néanmoins, le report modal de la voiture vers les transports en commun et la forme urbaine plus durable induits par le projet devraient permettre de réduire les consommations de carburant du trafic routier et des secteurs résidentiel et tertiaire. Les enjeux du projet vis-à-vis de l'énergie et des émissions de gaz à effet de serre sont donc multiples et concernent tant la phase de construction que la phase d'exploitation de l'infrastructure.

Hiérarchisation des enjeux liés aux consommations énergétiques et aux émissions de gaz à effets de serre

Section	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Importante contribution de la région Ile-de-France aux consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale.
	Contribution significative du secteur du transport, en particulier du transport routier, aux consommations et aux émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.
	Contribution significative du bâti résidentiel et tertiaire aux consommations et émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

2.23 Environnement Sonore

2.23.1 Méthode générale

Dans une première approche, l'analyse de l'environnement sonore est réalisée à l'échelle du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud, sur le territoire de l'ensemble des communes croisées par le fuseau.

L'état initial du bruit sur le fuseau d'étude s'appuie sur les données bibliographiques disponibles. Il est caractérisé à travers l'analyse :

- Du bruit généré par le trafic routier, ferroviaire et aérien,
- Du bruit généré par les installations classées et l'identification des sites industriels présents à l'échelle du fuseau d'étude,
- Des plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE),
- De la présence de zones calmes et établissements sensibles identifiés dans le fuseau d'étude.

Suite à l'analyse de l'environnement sonore à l'échelle du fuseau d'étude, un focus est réalisé au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud : gares, ouvrages annexes et sites de maintenance.

Pour caractériser l'environnement sonore au droit de ces secteurs, des mesures acoustiques ont été conduites sur l'ensemble des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents de la Ligne 15 Sud sur le dernier trimestre de l'année 2014.

Mesures de bruit réalisées :

Les mesures acoustiques ont été réalisées sur de courte durée (30 minutes) en période de jour (7h-22h) et de nuit (22h-7h) selon la méthode dite de « contrôle » de la norme NFS 31-010 et préconisée par l'Arrêté du 5 décembre 2006 relatif aux modalités de mesurage des bruits de voisinage.

Ce choix de méthode permet, pour l'ensemble des sites, d'obtenir une bonne évaluation du bruit ambiant existant sur les différentes périodes réglementaires. Les résultats de ces mesures permettent également de définir les niveaux de bruit de fond de référence qui seront pris en compte pour le calcul des objectifs de niveaux sonore.

La caractérisation de l'environnement sonore est ainsi traitée de manière homogène sur l'ensemble des secteurs d'aménagement en vue de définir les niveaux d'enjeux associés.

En outre, la présence en continu d'un chargé d'études au niveau de chaque point de mesure renforce la connaissance de l'environnement et du contexte sonore local, via par exemple l'identification de bruit perturbateurs éventuels.

Au total, **135 points de mesures** ont été réalisés sur la Ligne 15 Sud.





Illustration du type de sonomètres utilisés

Ces mesures permettent d'obtenir une représentation beaucoup plus précise de l'ambiance sonore existante au droit des secteurs d'aménagement.

Les résultats de ces mesures acoustiques sont analysés au regard du contexte de chaque site (présence d'établissements sensibles, de zones calmes, sites industriels, …) afin d'appréhender les enjeux liés au bruit.

Les principaux parcs, espaces verts ou zone d'intérêt sensibles, ayant une potentialité pour être développés en zone de calme (zone à valoriser) ou associables à une zone calme sont identifiés dans le fuseau d'étude, à proximité des secteurs d'aménagement des ouvrages du projet. Au même titre, les activités et les établissements particulièrement sensibles vis-à-vis du bruit (établissements scolaires et de santé) sont identifiés.

Dans le cadre de la définition des enjeux liés au bruit, les données bibliographiques analysées à l'échelle du fuseau d'étude sont croisées avec les résultats des mesures de bruit réalisées à l'échelle des secteurs d'aménagement des ouvrages émergents. La hiérarchisation de ces enjeux tient compte notamment :

- Du contexte sonore dans lequel se situe le secteur d'aménagement,
- De la proximité du secteur d'aménagement avec des logements ou bâtiments sensibles (établissements scolaires ou établissements de santé),
- De la proximité du secteur d'aménagement avec des zones calmes ou zones vertes sensibles.

2.23.2 Conclusions

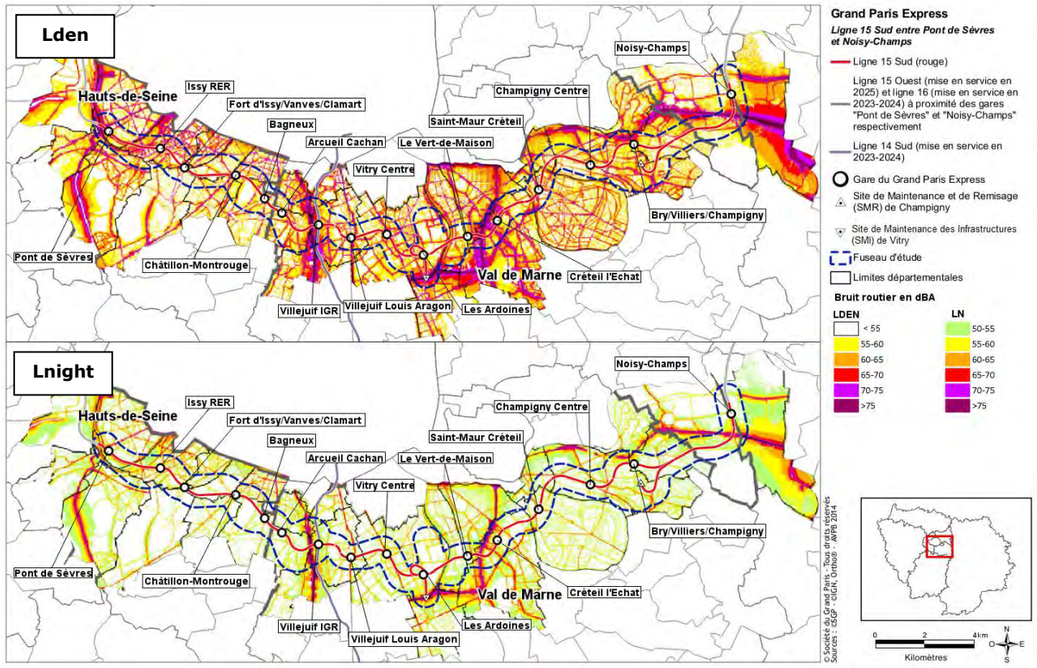
A l'échelle de la Ligne 15 Sud, le **trafic routier** constitue la source de bruit la plus importante avec un réseau routier dense. L'analyse des données disponibles sur le bruit routier permet d'identifier :

- Des nuisances sonores importantes et étendues à proximité des plus grandes infrastructures routières en particulier la N118 et les quais de Seine sur la section Pont de Sèvres – Châtillon Montrouge, les autoroutes A6 et A86 sur la section Bagneux - Champigny Centre, et l'A4 sur la section Saint-Maur-Créteil - Noisy-Champs.
- Des nuisances sonores significatives mais en général cantonnées aux bordures de voiries pour les routes départementales et nationales les plus fréquentées localisées dans le fuseau d'étude.

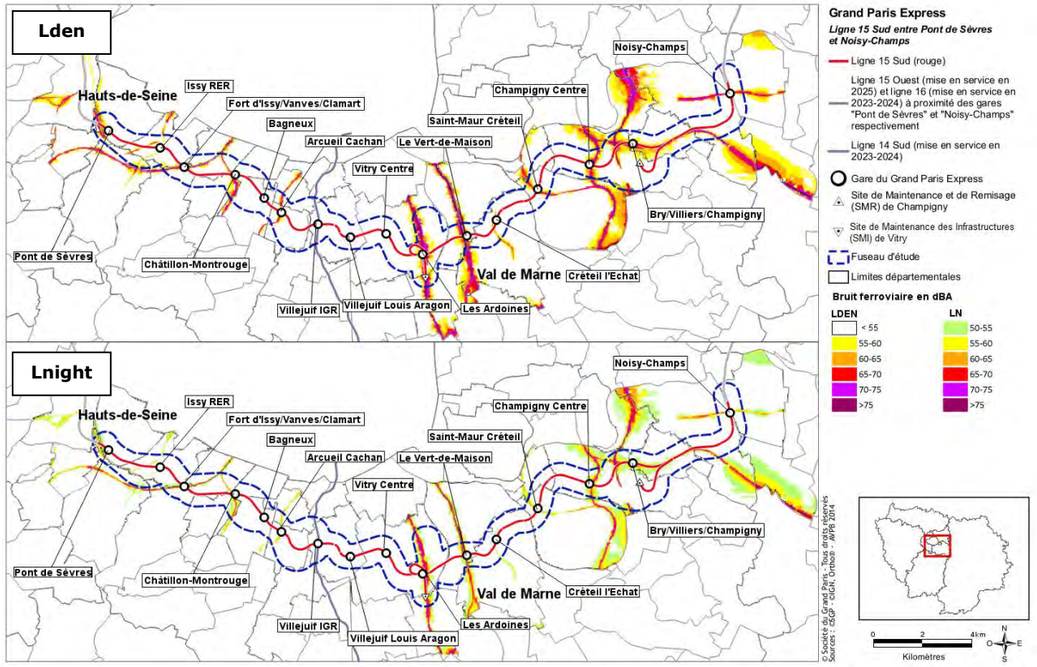
Le **bruit ferroviaire** représente également une source de bruit importante avec la présence d'axes ferroviaires majeurs :

- les RER A, B, C, D et E,
- les Transiliens P et R à l'Est du fuseau,
- le Transilien N à l'Ouest,
- les tramways T2 et T7,
- lignes de trains classiques et les lignes de trains à grande vitesse.

L'analyse des données disponibles met en évidence un environnement sonore significativement marqué par le bruit ferroviaire mais dont l'impact reste cependant plus localisé que l'impact du bruit routier, laissant de larges zones non soumises à cette source de bruit.



Niveaux de bruit routier Lden et Lnight sur le fuseau d'étude *(source : Bruitparif)*

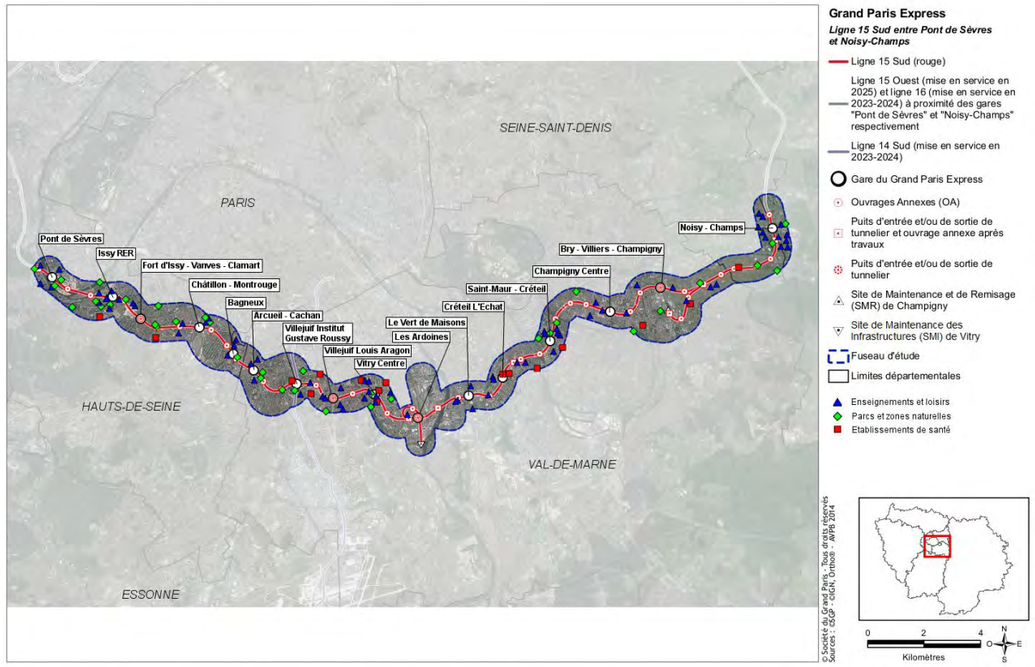


Niveaux de bruit ferroviaire Lden et Lnight sur le fuseau d'étude *(source : Bruitparif)*

Le fuseau de la Ligne 15 Sud est en revanche peu impacté par le **bruit des aéronefs**. En effet il se situe en dehors du PEB de l'héliport d'Issy-Les-Moulineaux et de l'aérodrome de Lognes/Emerainville.

Les zones calmes en région Ile-de-France constituent des points d'intérêt particuliers à préserver, dans le cadre d'un contexte urbain où les sources de nuisances sonores sont nombreuses.

Les principaux **parcs, espaces verts ou zone d'intérêt sensibles**, ayant une potentialité pour être développés en zone de calme (zone à valoriser) ou associables à une zone calme sont identifiés dans le fuseau d'étude, à proximité des secteurs d'aménagement des ouvrages du projet. Au même titre, les **activités et les établissements sensibles** vis-à-vis du bruit (établissements scolaires et de santé) sont identifiés.



Zones vertes et bâtiments les plus sensibles identifiés à l'échelle du fuseau d'étude de la Ligne 15 Sud

La synthèse des enjeux établie au droit des secteurs d'aménagement des ouvrages de la Ligne 15 Sud est présentée dans le tableau ci-dessous :

Secteur d'aménagement	Environnement sonore existant	Synthèse des enjeux
Secteurs d'aménagement des gares et des sites de maintenance		
Pont de Sèvres	Modéré à très bruyant le long de la RD910 et du quai George Gorse	**Enjeu modéré** lié à un environnement sonore déjà très impacté par le trafic routier. Les premiers riverains restent malgré tout proches du secteur d'aménagement de la gare.
Issy RER	Bruyant à très bruyant le long de l'avenue Aristide Briand (RD2)	**Enjeu modéré à fort** lié à la présence de riverains à proximité du site. Malgré un environnement sonore bruyant, impacté par le trafic routier, certains secteurs bénéficient de nuisances sonores plus modérées.
Fort d'Issy / Vanves / Clamart	Très bruyant en bord de RER et le long du Bd des Frères Vigouroux (RD130)	**Enjeu modéré à fort** lié à la proximité de nombreux riverains malgré des niveaux de bruit assez élevés (trafic ferroviaire ponctuel).
Châtillon-Montrouge	Bruyant à très bruyant au niveau des avenues - Calme dans les rues de quartier	**Enjeu faible à modéré** lié à un environnement sonore existant déjà très impacté par le bruit routier des avenues Marx Dormoy et Jean Jaurès. Le nombre d'habitations à proximité du secteur reste limité.
Bagneux	Calme en intérieur d'îlot, éloigné du trafic - Très bruyant le long de l'avenue Louis Pasteur	**Enjeu modéré** lié à un environnement sonore existant déjà très impacté par le bruit. Néanmoins, l'environnement sonore est plus calme en intérieur d'îlot et au niveau des secteurs les plus éloignés des routes.
Arcueil-Cachan	Calme à modéré au Sud - Très bruyant le long de l'avenue Carnot	**Enjeu modéré à fort** lié à la présence d'un nombre important d'habitations à proximité du secteur ainsi qu'à un environnement sonore calme localisé au Sud du secteur.
Villejuif Institut Gustave Roussy	Calme à l'Est du Parc des Hautes Bruyères - Bruyant le long des rues E.Vaillant et Verdun	**Enjeu modéré à fort** lié à la proximité de l'Institut Gustave Roussy ainsi que la présence du parc des Hautes Bruyères. Les niveaux actuels sont malgré tout élevés et marqués par le bruit de l'A6.
Villejuif Louis Aragon	Bruyant à très bruyant	**Enjeu modéré à fort** lié au caractère très urbanisé du secteur et à la présence de nombreuses habitations situées à proximité.
Vitry Centre	Très calme à l'Ouest. Bruyant le long de l'avenue Robespierre (RD5)	**Enjeu fort** lié à la présence du parc du Coteau, caractérisé par un environnement sonore particulièrement calme, ainsi que la présence de riverains à proximité directe du site.
Les Ardoines	Modéré à très bruyant	**Enjeu faible** lié au caractère industriel du secteur d'aménagement et à la présence d'un environnement sonore existant déjà très impacté par le bruit.
Le Vert de Maisons	Calme à modéré le long de la rue de Naples	**Enjeu fort** lié à environnement sonore existant calme et à la présence d'habitations à proximité, dont les axes d'accès sont peu adaptés à une augmentation de trafic.
Créteil L'Echât	Calme à peu bruyant	**Enjeu modéré à fort** lié à la présence d'immeubles de logements et d'un établissement de santé à proximité, pour lesquels l'environnement sonore, déjà impacté par des sources de bruit diverses, doit être préservé.
Saint-Maur Créteil	Bruyant à très bruyant le long de la rue du Pont de Créteil (RD86), Modéré au cœur du Parvis	**Enjeu modéré à fort** lié à la configuration des bâtiments existants qui peut augmenter les nuisances sonores (réverbération du bruit sur les bâtiments) au niveau du parvis. L'environnement sonore existant, très impacté par le bruit, reste à préserver.
Champigny Centre	Bruyant à très bruyant le long de l'avenue Salengro. Calme à modéré le long de la rue de la Plage	**Enjeu modéré** lié à la présence de nombreuses habitations à proximité du site.
Bry-Villiers-Champigny	Calme à modéré	**Enjeu modéré** lié à un environnement sonore calme avec la présence de riverains à proximité. Néanmoins, l'enjeu reste moindre sur le secteur Est et Sud-Est lié au caractère économique et industriel de la zone.
Noisy-Champs – secteur sud	Calme	**Enjeu modéré à fort** lié à un environnement sonore relativement calme au droit des riverains et des sites sensibles situés à proximité du secteur d'aménagement de la gare. L'enjeu est particulièrement marqué au niveau du parc de la Butte Verte et de la zone universitaire de l'avenue Ampère où les logements sont protégés du bruit grâce à la topographie du parc.
Noisy-Champs – secteur nord	Calme à bruyant à proximité du Bd Champy-Nesles (N370)	**Enjeu modéré** lié à la présence d'établissements scolaires localisés à proximité du site. L'environnement sonore existant est cependant caractéristique d'un environnement bruyant et les premiers riverains restent relativement éloignés du secteur d'aménagement.
SMI de Vitry	Bruyant à très bruyant le long de la rue Geffroy (RD274)	**Enjeu faible** lié à l'emplacement du site dans une zone industrielle bruyante.
SMR de Champigny	Calme dans le parc du Plateau à très Bruyant rue Bernaü et le long RD10	**Enjeu faible à modéré** lié à l'emplacement du puits OA 0813P dans le parc départemental du Plateau. En revanche, le SMR de Champigny est situé dans une zone industrielle bruyante et éloignée des habitations.

Secteur d'aménagement	Environnement sonore existant	Synthèse des enjeux
Secteurs d'aménagement des ouvrages annexes		
OA 2301P – Ile de Monsieur	Modéré à bruyant	**Enjeu faible à modéré** lié à un environnement sonore préexistant impacté par le bruit routier continu et à l'absence d'habitation à proximité du site. La présence de la base nautique de l'Ile de Monsieur est identifiée à proximité directe du site.
OA 2203P – ZAC SAEM	Calme	**Enjeu modéré** lié à un environnement sonore préexistant calme et à l'aménagement futur d'habitations à proximité.
OA 2201P – Place de la Résistance	Calme	**Enjeu faible** lié à l'absence de riverains à proximité directe du site.
OA 2101P – Parc Henri Barbusse	Bruyant	**Enjeu faible à modéré** lié à la proximité des premières habitations et à la présence d'une zone verte à préserver du bruit (parc Henri Barbusse). L'environnement sonore préexistant est cependant déjà très exposé au bruit.

Secteur d'aménagement	Environnement sonore existant	Synthèse des enjeux
OA 2002P – Square Malleret Joinville	Très bruyant	**Enjeu modéré à fort** lié à la proximité des premières habitations et de l'école élémentaire Henri Barbusse et à la présence d'une zone verte à préserver. L'environnement sonore préexistant reste cependant déjà très exposé au bruit.
OA 2001P – Fort de Vanves	Calme	**Enjeu modéré à fort** lié à un environnement sonore existant peu bruyant, à la présence d'une zone de parc et de riverains à proximité du site.
OA 1902P – Cimetière Parisien	Très bruyant	**Enjeu faible à modéré** lié à la présence du cimetière Parisien de Bagneux, zone calme. Néanmoins, peu d'habitations sont situées à proximité et l'environnement sonore existant est déjà très exposé au bruit.
OA 1901P – Pierre Plate	Calme	**Enjeu modéré à fort** lié à la proximité d'un immeuble d'habitation et à un environnement sonore existant calme.
OA 1801P – Parc Robespierre	Calme à modéré	**Enjeu fort** lié à la présence d'une zone verte calme (parc Robespierre) et à la présence de nombreux riverains à proximité.
OA 1702P – Square du Général de Gaulle	Bruyant	**Enjeu modéré** lié à la présence de riverains et de l'hôtel de ville à proximité du site ainsi que du square du Général de Gaulle. L'environnement sonore est cependant déjà très exposé au bruit.
OA 1701P – Jardin Panoramique	Calme à modéré	**Enjeu modéré** lié à un niveau de bruit de fond existant élevé. Le parc constitue néanmoins une zone à préserver du bruit, identifiée dans le PPBE du Val de Bièvres.
OA 1601P – rue Jules Joffrin	Modéré à bruyant	**Enjeu faible à modéré** lié à la présence d'une habitation à proximité. Le site est néanmoins déjà impacté par le bruit routier continu.
OA 1501P – rue du Génie	Modéré	**Enjeu fort** lié à la proximité des habitations et à un environnement sonore préexistant peu bruyant la nuit.
OA 1404P – rue Gabriel Péri	Modéré	**Enjeu modéré** lié à la présence de nombreuses habitations à proximité du site.
OA 1404P – rue Gabriel Péri	Modéré	**Enjeu modéré** lié à la présence de nombreuses habitations à proximité du site.
OA 1402P – rue L.Marchandise	Calme	**Enjeu fort** lié à la situation du site, localisé dans un parc, et à la forte densité de population autour du site, caractérisé par un environnement sonore aujourd'hui peu impacté par le bruit.
OA 1401P – CTM Vitry/rue Bel Air	Très bruyant	**Enjeu faible** lié à un environnement sonore préexistant déjà bruyant et à l'absence de riverain à proximité directe du site.
OA 1302P – Friche Arrighi	Modéré à très bruyant	**Enjeu faible** lié au caractère industriel du secteur d'aménagement de l'ouvrage et à l'absence de riverains à proximité.
OA 1301P – rue de Rome	Modéré	**Enjeu fort** lié à la proximité des riverains et à un environnement sonore préexistant assez calme, en particulier la nuit. La proximité de 2 écoles et la présence de nombreux piétons au niveau de la rue de Rome renforcent également les enjeux sur ce secteur.
OA 1201P – Université de Créteil	Calme	**Enjeu fort** lié à la présence de bâtiments universitaires à proximité directe du secteur d'aménagement de l'ouvrage, localisé dans un environnement peu impacté par le bruit.
OA 1103P – Stade F.Desmont	Très bruyant	**Enjeu faible à modéré** lié à la présence d'un gymnase et du collège Plaisance à proximité. Néanmoins, peu de bâtiments sont identifiés à proximité directe du site, qui est par ailleurs déjà très impacté par le bruit routier.

Secteur d'aménagement	Environnement sonore existant	Synthèse des enjeux
OA 1102P – avenue Ceinture	Calme	**Enjeu fort** lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, particulièrement la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 1101P – rue du Port	Calme	**Enjeu fort** lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme et à la présence de riverains à proximité.
OA 1003P – Impasse de l'Abbaye	Modéré	**Enjeu fort** lié à la présence de logement à proximité directe du site et à un environnement sonore préexistant relativement calme malgré des niveaux de bruit de fond assez élevés.
OA 1002P – av Charles Floquet	Calme à modéré	**Enjeu fort** lié à la proximité des premiers riverains, situés dans un environnement sonore calme à modéré.
OA 1001P – av Roger Salengro	Bruyant	**Enjeu modéré** lié à un environnement sonore impacté par le bruit routier continu. Les premières habitations restent néanmoins proches du secteur d'aménagement.
OA 0902P – RP du Colonel Grancey	Modéré	**Enjeu modéré** lié à un environnement sonore fortement impacté par le bruit routier. Un immeuble d'habitations est localisé à proximité du site.
OA 0901P – Clos du Pré de l'Etang	Modéré	**Enjeu fort** lié à la proximité des riverains, situés dans un environnement sonore calme (hors du passage des trains), en particulier la nuit.
OA 0811P – av M.Thorez	Calme	**Enjeu fort** lié à la proximité des riverains et la présence d'une zone de passage (usagers du cimetière). Par ailleurs, l'environnement sonore préexistant est calme.
OA 0810P – rue du Général Leclerc	Modéré	**Enjeu fort** lié à la présence d'un environnement sonore préexistant modéré et à la présence de riverains à proximité directe du site.
OA 0808P – av Henri Dunant	Calme à bruyant	**Enjeu fort** lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme (en dehors du passage des RER), en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 0807P – Sentier des Marins	Calme à modéré	**Enjeu fort** lié à la proximité des riverains, situés dans un environnement sonore calme (en dehors du passage des RER), particulièrement la nuit. Le sentier des Marins est par ailleurs, une ruelle empruntée par les usagers du parc du Bois Saint Denis.
OA 0806P – rue Mozart	Calme	**Enjeu fort** lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 0805P – av Médéric	Calme	**Enjeu fort** lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.
OA 0804P – Place des Yvris	Calme	**Enjeu modéré à fort** lié à la présence d'un espace vert et de la proximité des premiers riverains. Le niveau de bruit de fond reste cependant assez soutenu.
OA 0803P – rue du Ballon	Calme	**Enjeu fort** lié à la proximité des riverains et à la présence d'un environnement sonore plutôt calme malgré le bruit routier soutenu en provenance de l'A4.

Synthèse des enjeux

La Ligne 15 Sud s'inscrit dans un territoire très urbanisé, particulièrement exposé au bruit.

Le bruit lié à la circulation routière reste la première source de nuisances sonores, liée à la présence de grands axes routiers (A6, A86, A4) et des quais de Seine situés à l'ouest du fuseau. Le trafic ferroviaire constitue également une source de bruit importante, notamment au niveau des lignes mixtes RER/trains présentes dans le fuseau.

Une forte densité de population est identifiée sur la quasi-totalité du tracé, excepté sur quelques zones industrielles essentiellement localisées sur les communes de Vitry-sur-Seine et Champigny-sur-Marne.

Le projet s'inscrit par ailleurs à proximité d'espaces verts et de zones calmes, identifiées comme zones sensibles à préserver du bruit.

Synthèse des enjeux liés à l'environnement sonore

Section	Niveau d'enjeu
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier, en particulier à proximité des quais de Seine
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section
	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section
	Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères dans le secteur d'aménagement de la gare Villejuif IGR
	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit, dont le parc du Coteau à Vitry
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles et très impactées par le bruit routier et ferroviaire
	Présence d'habitat dense sur le reste de la section
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier ou ferroviaire
	Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées, dont le parc du Plateau à Champigny-sur-Marne et un centre hospitalier dans le secteur d'aménagement de la gare de Créteil l'Echât
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section excepté à proximité de l'autoroute A4
	Secteurs présentant des niveaux sonores élevés, impacté, par le bruit routier, en particulier au niveau de Noisy-Le-Grand, et localement par le bruit ferroviaire le long du RER E
	Présence de plusieurs zones vertes identifiées, dont le parc de la Butte Verte
	Présence de l'école d'ingénieur ESIEE à proximité directe du secteur d'aménagement de l'avant-gare de Noisy-Champs

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu faible*	*Enjeu modéré*	*Enjeu fort*

2.24 Ondes électromagnétiques

2.24.1 Méthode générale

La très forte densité de l'urbanisation sur la quasi-totalité du fuseau de la Ligne 15sud rend cette problématique sensible. Dans chaque bâtiment, les sources d'ondes sont potentiellement nombreuses :

- Câbles d'alimentation électrique du bâtiment et de toutes les sous unités (logements, bureaux, autres),

- Appareils électriques en tous genres : téléphones, en particulier portables, ordinateurs, copieurs, télévision, four micro-ondes, ordinateurs…,

- Appareils spécifiques : pour certaines activités des appareils sont des sources importantes d'ondes électromagnétiques.

Par ailleurs, les réseaux d'antennes extérieures (principalement téléphonie mobile et télévision) sont très denses dans la zone couverte par le fuseau.

Afin de déterminer plus exactement les niveaux d'ondes électromagnétiques internes au fuseau, ce dernier a été parcouru avec un véhicule équipé d'un dosimètre qui a analysé en temps réel les services FM, TV, PMR, téléphonie mobile, WIFI.

L'analyse a été effectuée en suivant les routes praticables internes à la zone de passage préférentiel de la Ligne 15sud. Deux sections de 13km ont été considérées. Après analyse des résultats, 9 points ont été retenus (secteurs où les ondes les plus fortes ont été enregistrées) dans le but de réaliser des mesures spectrales détaillées, selon le protocole ANFR V3 ; ainsi que des mesures de champs magnétiques 50Hz, selon la norme CEI 62110 (méthode en 1 point).

2.24.2 Conclusions

La zone est imprégnée par les ondes électromagnétiques du fait de la forte urbanisation.

Toutefois, et suite au mesures sur site, les niveaux d'ondes électromagnétiques enregistrés sont relativement faibles et dans tous les cas inférieurs aux seuils réglementaires applicables.

Hiérarchisation des enjeux liés aux ondes électromagnétiques

Section	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques Seuils réglementaires respectés sur toute la section

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

2.25 Santé et sécurité

2.25.1 Méthode générale

Le bruit étant traité de manière spécifique, ce chapitre concerne essentiellement la qualité de l'air, la sécurité routière et la sureté dans les gares. L'analyse de l'état initial dresse un état des lieux pour chacun de ces thèmes sur base des données disponibles (données d'AirParif pour la qualité de l'air, données de la DRIEA pour la sécurité routière et données de l'IAU-IDF pour la sureté).

2.25.2 Conclusions

2.25.2.1 Qualité de l'air

De manière semblable à ce qui est observé généralement en Ile-de-France, la qualité de l'air à proximité du projet est en amélioration depuis une vingtaine d'années, mais reste globalement insatisfaisante. Les concentrations de certains polluants tels que le dioxyde de souffre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO) et divers composés organiques sont en net recul et ne dépassent plus les valeurs limites, ni en situation de fond, ni à proximité du trafic. Cependant, les concentrations de certains polluants restent problématiques et dépassent fréquemment les valeurs limites. Il s'agit principalement du NO_2, des particules fines (PM_{10} et $PM_{2.5}$) et du benzène dont les concentrations à proximité des grands axes routiers dépassent largement les valeurs limites. En fonction des conditions climatiques, les concentrations en ozone (O_3) peuvent également dépasser largement les objectifs de qualité.

Le secteur des transports contribue à une grande partie des émissions de nombreux polluants, notamment les oxydes d'azotes (NO_x) (53% des émissions totales) et les particules fines (PM_{10}) (25% des émissions totales). En permettant de réduire l'utilisation de la voiture au profit des transports en commun, le réseau du métro du Grand Paris constitue donc un enjeu important dans la réduction des émissions de polluants atmosphériques et le respect des objectifs de la Région inscrits notamment au Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA), au Plan Régional de la Qualité de l'Air et au Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie (SRCAE).

Au niveau local, le projet pourrait induire une augmentation du trafic sur les routes d'accès aux gares. Certaines gares étant déjà localisées dans des zones relativement polluées proches des axes routiers, un des enjeux principaux sera donc de limiter l'impact de l'implantation des nouvelles gares sur les émissions de polluants.

A l'intérieur des gares de métro existantes, les concentrations en particules fines peuvent présenter des valeurs significatives. Bien qu'il soit difficile d'évaluer précisément les risques des usagers, les résultats soulignent l'importance de suivre les concentrations en polluants à l'intérieur du métro et, si nécessaire, de mettre en place des mesures de réduction des concentrations en particules fines (ventilation, choix du matériel roulant, etc.).

2.25.2.2 Sécurité routière

Les accidents de la circulation routière comptent parmi les premières causes d'années potentielles de vie perdue. Le report modal induit par la Ligne 15 Sud et plus généralement par le métro du Réseau de Transport du Grand Paris Express permettant de réduire l'intensité du trafic routier, il pourrait par conséquent influer sur le nombre d'accidents de la route et donc sur la santé des Franciliens.

2.25.2.3 Sûreté des gares

La sûreté des gares incarne une problématique importante de la mise en place du réseau Grand Paris Express et du projet. L'enjeu principal vise à garantir la sécurité des personnes et diminuer le sentiment d'insécurité des usagers dans les gares et dans les transports en commun. De plus, les gares et espaces de transition doivent être composés d'espaces défavorisant les possibilités d'agressions et de vols. Une attention particulière doit être accordée à ces problématiques non seulement lors de la conception et de l'aménagement des futures gares du réseau, mais également à l'occasion de la modernisation des gares existantes.

Hiérarchisation des enjeux liés à la qualité de l'air, la sécurité routière et la sûreté des gares pour les usagers

Section	Niveau d'enjeu
Toutes les sections	Concentrations en polluants atmosphériques généralement en baisse mais dépassant toujours fréquemment les valeurs limite en particulier à proximité du trafic routier.
	Concentrations en particules fines pouvant être élevées dans les espaces confinés ferroviaires (gares, trains et métros).
	Nombre d'accidents de la route relativement faible aux abords du fuseau d'étude.
	Sentiment d'insécurité important dans les gares et infrastructures de transport en commun.

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

3. Enjeux identifiés à l'issue de l'état initial

Les enjeux environnementaux sont susceptibles, suivant leurs caractéristiques, de ne concerner le territoire d'étude que ponctuellement. De cette manière, le niveau d'enjeu (fort, moyen, faible) est donc en partie fonction de la superficie de l'enjeu, mais également de la présence de zones/établissements sensibles, d'un patrimoine existant (naturel, historique,…), ou des caractéristiques du sous-sol.

Le tableau suivant fait état des principaux enjeux locaux du territoire, et propose une hiérarchisation de ces derniers selon le code couleur :

- **Rouge : enjeu fort** : l'enjeu est tel qu'il peut remettre en cause et bloquer le projet, sur le plan technique (solutions d'ingénierie particulières peu ou pas adaptées à la contrainte) ou sur le plan procédurier (procédure présentant un risque de blocage du projet) ;

- **Orange : enjeu moyen** : l'enjeu est tel qu'il peut remettre en cause un projet sur le plan technique ou sur le plan de la procédure sans présenter pour autant un risque de blocage (sur le plan technique par exemple, les solutions d'ingénierie particulières sont adaptées à la contrainte) ;

- **Jaune : enjeu faible** : l'enjeu a été pris en compte, mais ne représente pas un facteur de blocage. ;

- **Blanc : sans enjeu.**

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*

Nota : Les thématiques environnementales où les enjeux sont négligeables ou nuls sur l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud ***ne sont pas présentés dans le tableau ci-dessous****.*

Hiérarchisation des principaux enjeux de la Ligne 15 Sud

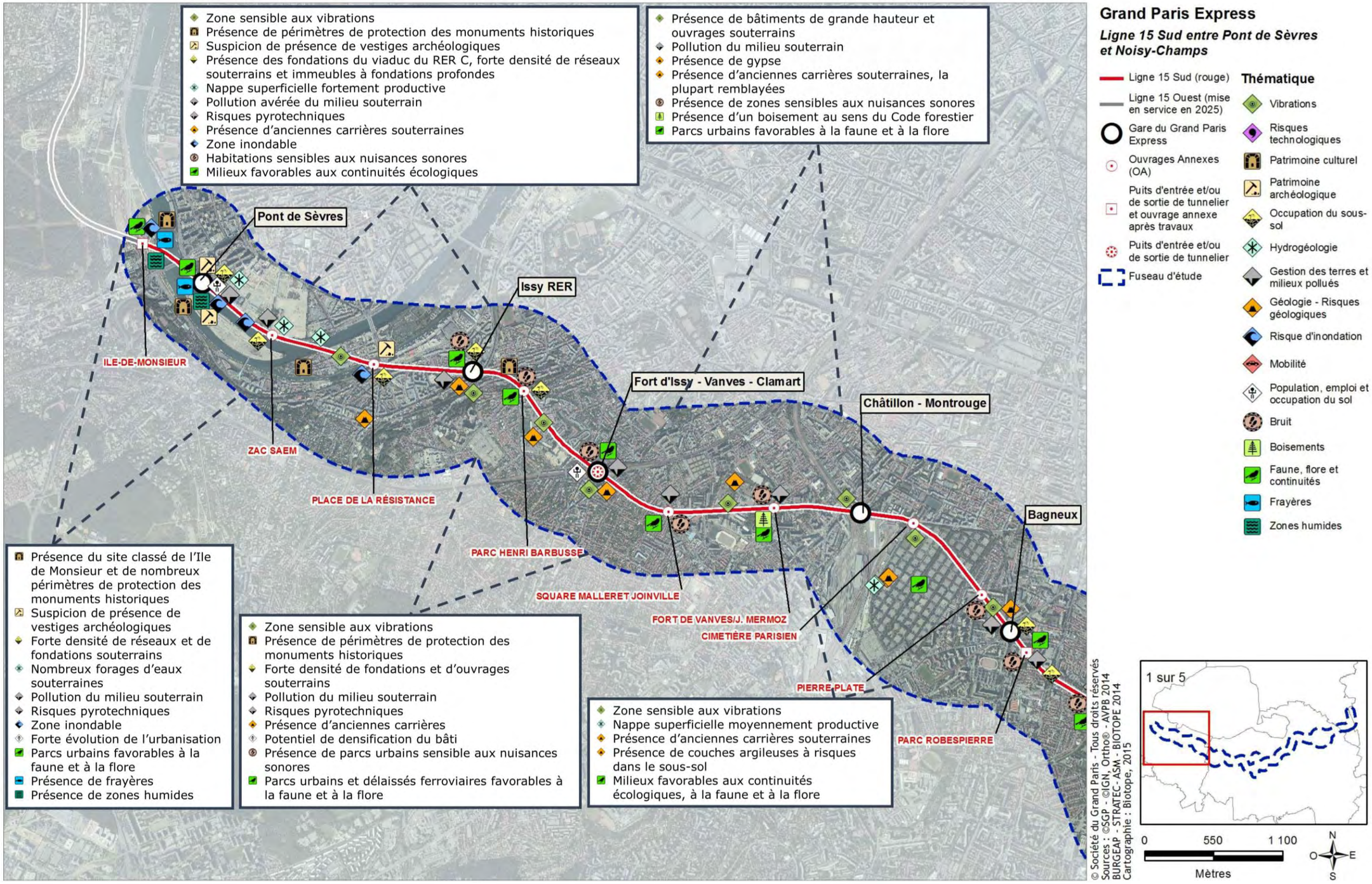
Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	**Issy RER à Arcueil-Cachan**	**Arcueil-Cachan à Vitry Centre**	**Vitry Centre à Champigny Centre**	**Champigny Centre à Noisy-Champs**
Relief	Pas d'enjeu sur la section	Pente forte à très forte très localement, atteignant localement 20% au niveau d'Arcueil Cachan	Pente forte à très forte très localement, atteignant localement 20% au niveau de Villejuif et de Vitry	Pas d'enjeu sur la section	Pentes localement forte, atteignant 10 % au niveau de Champigny sur Marne et de Villiers sur Marne
		Pente faible, de quelques pourcents ailleurs	Pente faible, de quelques pourcents ailleurs		Pente faible ailleurs
Hydrographie et risque inondation	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur de l'Ile de Monsieur	Pas d'enjeu sur la section, fuseau principalement inscrit en dehors des zonages PPRI, des périmètres de protection de captage et des berges de Seine	Pas d'enjeu sur la section, fuseau principalement inscrit en dehors des zonages PPRI, des périmètres de protection de captage et des berges de Seine	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur des Ardoines à Créteil L'Echat	Pas d'enjeu sur la section, fuseau principalement inscrit en dehors des zonages PPRI, des périmètres de protection de captage Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente et des berges de Seine
	Fuseau d'étude inscrit au sein du périmètre de protection dans le secteur de l'Ile de Monsieur			Fuseau d'étude inscrit au sein du périmètre de protection dans le secteur de la Friche Arrighi	
	Fuseau d'étude en bordure de Seine ; Vigilance à avoir quant à la qualité des eaux du cours d'eau			Fuseau d'étude en bordure de Seine ; Vigilance à avoir quant à la qualité des eaux du cours d'eau	
Eaux superficielles	Pas d'enjeu sur la section	Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente	Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente	Pas d'enjeu sur la section	Risques de ruissellements localement forts en liaison avec la pente
Pédologie	Pas d'enjeu sur la section	Pas d'enjeu sur la section	Pas d'enjeu sur la section	Pas d'enjeu sur la section	Pas d'enjeu sur la section
Géologie	Pas d'enjeu sur la section	Hétérogénéité des couches traversées par le tunnelier contraignantes pour le creusement au tunnelier	Hétérogénéité des couches traversées par le tunnelier contraignantes pour le creusement au tunnelier	Hétérogénéité des couches traversées par le tunnelier contraignantes pour le creusement au tunnelier	Hétérogénéité des couches géologiques présentes
Risques géologiques	Pas d'enjeu sur la section	Présence significative d'anciennes carrières, de gypse en imprégnation et d'argiles sur toute la section Existence de réglementation sur le risque carrières sur toute la section	Présence significative d'anciennes carrières, de gypse en imprégnation et d'argiles sur toute la section Présence de gypse cristallisé au niveau de Villejuif Existence de réglementation sur le risque carrières sur toute la section	Présence de gypse en faible imprégnation et d'argile Existence de réglementation sur le risque carrières sur toute la section	Pas d'enjeu sur la section

Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	**Issy RER à Arcueil-Cachan**	**Arcueil-Cachan à Vitry Centre**	**Vitry Centre à Champigny Centre**	**Champigny Centre à Noisy-Champs**
Hydrogéologie et risques associés	Nappe alluvions craie très productive, gradient faible. Tunnel parallèle à perpendiculaire au sens d'écoulement des nappes intersectées dans une zone très densément urbanisée Usage géothermie développé. Risques associés aux pompages et aux rejets d'eaux pompées	Nappe Eocène inférieur et moyen profonde, très peu productive Pas d'usage Risque associé effet barrage	Nappe Eocène inférieur et moyen profonde, très peu productive Pas d'usage Risque associé effet barrage	Nappe alluvions Eocène très productive, gradient faible. Tunnel perpendiculaire au sens d'écoulement des nappes intersectées dans une zone très densément urbanisée Pompages industriels au niveau des Ardoines Risques associés aux pompages et aux rejets d'eaux pompées	Nappes superficielles peu étendues, peu productives, gradient fort Tunnel quasiment parallèle au sens d'écoulement des nappes intersectées Risques associé Effet barrage
	Risque de remontée de nappe très fort en liaison avec la proximité de la Seine	Risque faible de remontée de nappe	Pas de risque de remontée de nappe	Trois Ouvrages inscrits dans des zones de nappes sub-affleurantes	Pas de risque de remontée de nappe
Occupation du sous-sol	Présence d'une canalisation GRT Gaz et d'un collecteur SEVESC de gros diamètre	Présence d'aqueducs au niveau d'Arcueil Cachan	Présence d'aqueducs au niveau d'Arcueil Cachan	Présence de canalisations GRT Gaz dans les secteurs des Ardoines et de Vert de Maisons Présence d'installations RTE au niveau des Ardoines	Présence localisée de réseau
Gestion des terres et milieux pollués	Forte densité de sites BASIAS au niveau de Pont de Sèvres et pollution des sols avérée	Présence avérée de pollution sur les secteurs de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et de Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées	Présence de remblais potentiellement pollués	Forte densité de sites industriels sur le secteur des Ardoines et pollution des sols avérée	Présence potentielle de pollution du fait d'activités industrielles et commerciales au niveau du secteur d'aménagement du SMR
NATURA 2000	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude	Aucun site Natura 2000 présent dans le fuseau d'étude Le site de la ZPS Seine Saint Denis le plus proche est la Haute Ile à moins d'un kilomètre de la gare de Noisy-Champs
Faune-Flore-Habitats Naturels	Présence de quelques sites à enjeux notamment l'Ile de Monsieur	Présence d'espèces protégées au niveau de la gare Fort d'Issy/Vanves/Clamart et sur quelques espaces verts	Présence d'espèces protégées et patrimoniales à dans la Parc des Hautes Bruyères à Villejuif Espaces verts alentours à enjeux plus faible	Présence d'espèces protégées et patrimoniales sur la friche Arrighi Espaces verts alentours à enjeux plus faible	Présence d'espèces protégées et patrimoniales au niveau de la gare de Noisy Champs, du SMR de Champigny, de la gare de Bry/Villiers/Champigny et de l'entre deux ferroviaire Espaces verts alentours à enjeux plus faible

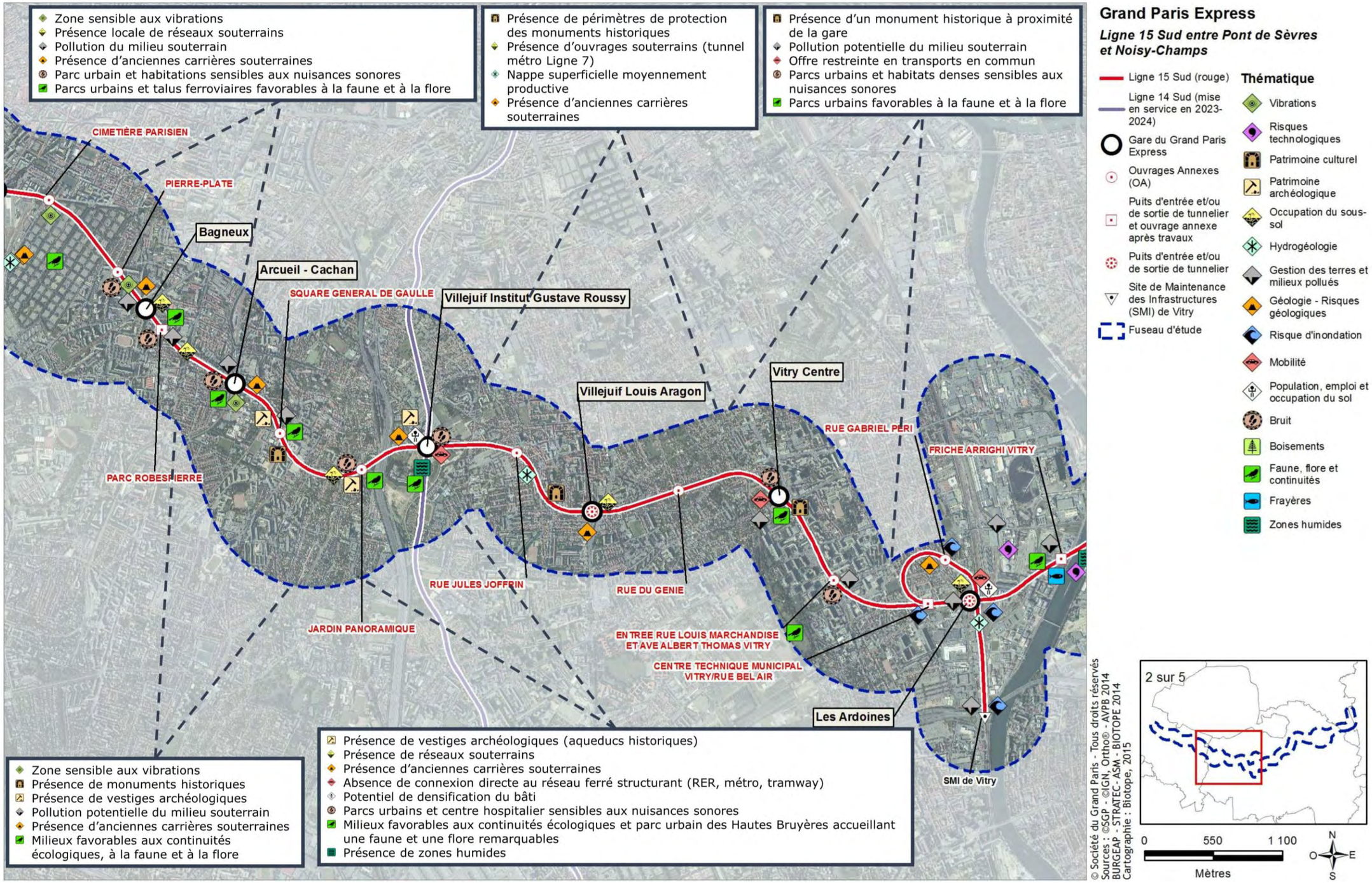
Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	**Issy RER à Arcueil-Cachan**	**Arcueil-Cachan à Vitry Centre**	**Vitry Centre à Champigny Centre**	**Champigny Centre à Noisy-Champs**
Continuités écologiques	Corridor de la sous-trame bleue (Seine) Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain	Corridor de la sous-trame arboré à fonctionnalité réduite au niveau de la gare de Noisy-Champs Présence de secteurs et de liaisons d'intérêt en contexte urbain
Boisements	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet	Présence du boisement du fort de Vanves	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet	Aucun boisement au sens du Code forestier et en interaction avec le projet	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier et en interaction avec le projet (boisement de la gare de Bry-Villiers-Champigny, Boisement du SMR de Champigny et boisement de Noisy-Champs)
Frayères	Berges de Seine anthropiques mais fond formé de blocs et graviers éparses combinés à la présence importante d'herbiers aquatiques - des lieux propices pour la reproduction, le nourrissage et des refuges intéressants.	Pas de berges sur cette section	Pas de berges sur cette section	Berges de Seine – Friche Arrighi : Capacité d'accueil limité pour la ponte de l'ichtyofaune. Principalement milieu de déplacement des espèces piscicoles.	Pas de berges sur cette section
Zones humides	Zones humides au niveau de l'Ile de Monsieur et Pont de Sèvres	Pas d'enjeu	Pas d'enjeu	Zone humides au niveau de la friche Arrighi	Zone humide au niveau du SMR de Champigny et de Noisy-Champs
Continuités écologiques associées aux milieux humides	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents : Parc de Billancourt, Domaine National de Saint-Cloud. Continuités associée à la Seine	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents avec le Parc des Hautes Bruyères, les espaces associés au Fort de Vanves	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents avec le Parc des Hautes Bruyères, les espaces associés au Fort de Vanves	Continuités associée à la Seine et à la Marne.	Des secteurs d'intérêt en contexte urbain identifiés par le SRCE sont présents avec les espaces verts naturels et artificialisés des secteurs de Bry-Villiers-Champigny et de Noisy Champs
Agriculture et pédologie	Agriculture : présence de serres municipales Pédologie : pas d'enjeu sur cette section	Pas d'enjeu	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble Pédologie : pas d'enjeu sur cette section	Agriculture : Présence de cultures sous serres Pédologie : unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section Pédologie : unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible
Patrimoine culturel	Le fuseau s'inscrit au niveau des sites classés du Bois de Saint-Cloud et parc de Villeneuve-l'Etang et de l'Île de Monsieur et concentre un nombre important de monuments historiques	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés	Faible présence d'éléments de patrimoine répertoriés

Thématique	Section				
	Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	**Issy RER à Arcueil-Cachan**	**Arcueil-Cachan à Vitry Centre**	**Vitry Centre à Champigny Centre**	**Champigny Centre à Noisy-Champs**
Grand paysage	Sensibilité paysagère forte avec des sites à fortes valeurs patrimoniales (domaine de Saint Cloud) et nombreux belvédères et perspectives paysagères	Tissu résidentiel et urbain continu	Tissu résidentiel et urbain continu	Tissu résidentiel et urbain continu	Tissu résidentiel et urbain continu
Archéologie	Vestiges connus au niveau de Saint-Cloud	pas d'enjeu	Vestiges connus au niveau d'Arcueil Cachan et de Villejuif	Vestiges connus au niveau de Champigny	pas d'enjeu
Risques industriels	Pas d'enjeu	Pas d'enjeu	Pas d'enjeu	Sites SEVESO au niveau des Ardoines avec PPRT contraignant pour le projet Aucun PPRT à proximité ou au sein du fuseau d'étude	Pas d'enjeu
Environnement sonore	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section	Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles	Présence d'habitat dense sur la majorité de la section
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, en particulier à proximité des quais de Seine	Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit	Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères	Présence d'habitat dense sur le reste de la section	Secteurs présentant des niveaux sonores élevés
			Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit	Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées	Présence de plusieurs zones vertes identifiées et d'un établissement scolaire
Vibrations	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes au niveau de Boulogne-Billancourt	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes sur la quasi-totalité de la section	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes sur la quasi-totalité de la section	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes au niveau de Créteil et de Saint Maur	Présence d'une zone de remblais admettant des bâtis hauts et des fondations profondes au niveau de Noisy Champs
	Pas de singularité du sous-sol	Présence de gypse et d'anciennes carrières souterraines de calcaires grossiers entre Issy RER et Arcueil Cachan	Présence de gypse et d'anciennes carrières souterraines de calcaires grossiers entre Issy RER et Arcueil Cachan	Présence de gypse partout en imprégnation et d'anciennes carrières souterraines de calcaires grossiers au niveau de Créteil	Absence de carrières souterraines
Ondes électromagnétiques	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section	Zone urbaine imprégnée par les ondes électromagnétiques – Seuils réglementaires respectés sur toute la section

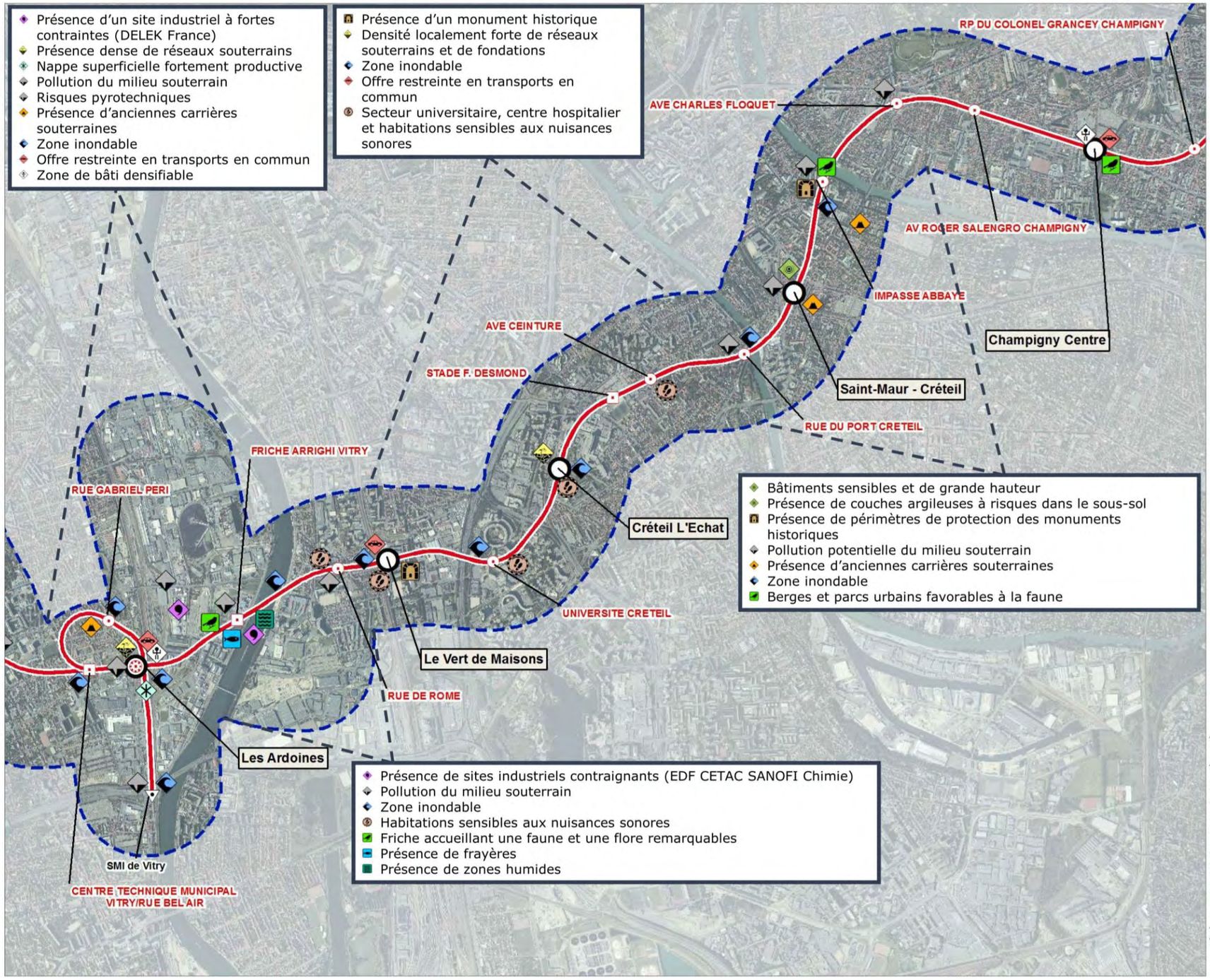
Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Ile de Monsieur/Pont de Sèvres - Bagneux



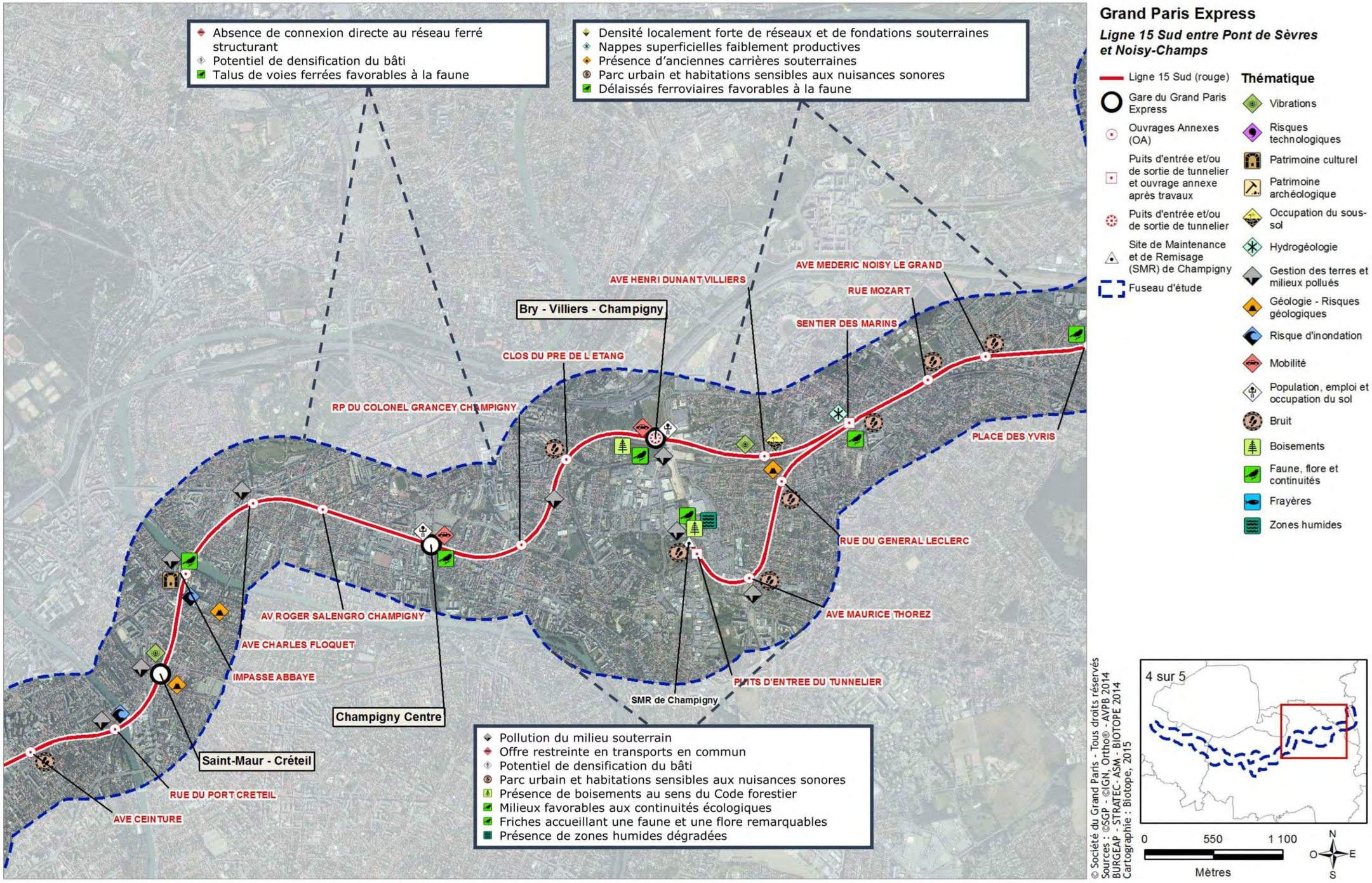
Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Bagneux - Les Ardoines



Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Les Ardoines - Champigny Centre



Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Saint-Maur Créteil – Bry Villiers Champigny



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

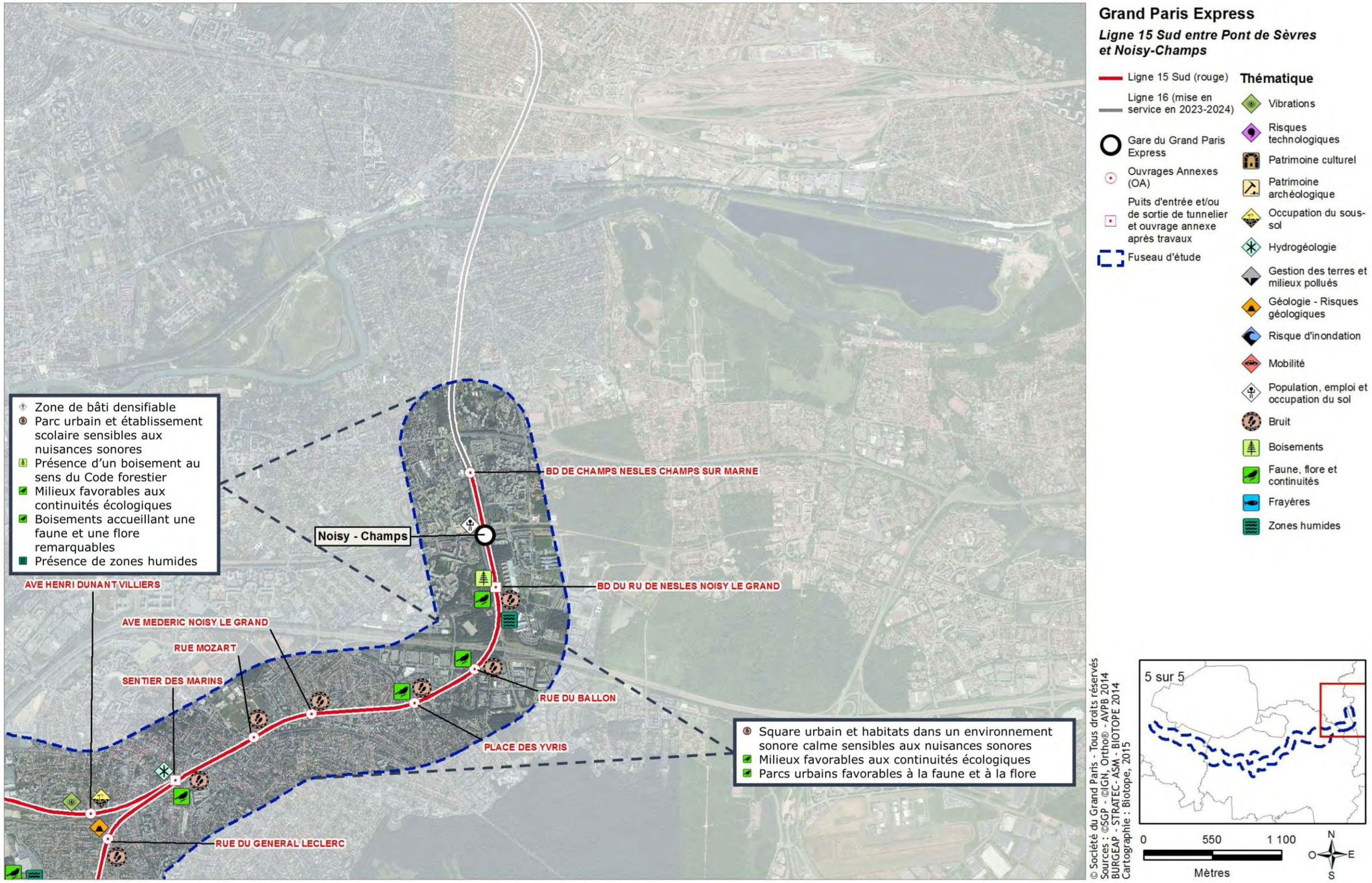
- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Population, emploi et occupation du sol
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des enjeux – Ligne 15 Sud – Section Bry Villiers Champigny - Noisy-Champs



4. Présentation du projet retenu et des variantes étudiées

4.1 Présentation générale de la Ligne 15 Sud

La Ligne 15 Sud est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une partie de la rocade prévue dans le cadre du Grand Paris Express.

La rocade est constituée de 3 projets dont les mises en service s'échelonnement dans le temps :

- La Ligne 15 Sud (environ 33km) qui relie Pont de Sèvres et Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022),
- La Ligne 15 Ouest (environ 21km) qui relie Pont de Sèvres à Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027),
- La ligne 15 Est (environ 24km), qui relie Saint-Denis Pleyel à Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030)

La Ligne 15 Sud, objet du présent dossier, correspond à la première section mise en service de la rocade. Son ouverture est prévue à l'horizon 2022.

La Ligne 15 Sud reliera les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs sur un linéaire de 33 kilomètres, parcouru en 35 minutes.

Elle desservira 16 gares, la plupart en correspondance avec le transport en commun existant, que ce soit RER, Transilien, Métro, tramway, bus en site propre. Les réseaux de bus actuels seront réorganisés pour assurer la bonne desserte des nouvelles gares.

La Ligne 15 Sud comporte également deux sites de maintenances, pour les trains et pour les infrastructures, de la ligne mais également d'autres lignes du Grand Paris Express. Pour assurer la sécurité des usagers, et en application de la réglementation, la Ligne 15 Sud comporte également 38 ouvrages de sécurité.

La Ligne 15 Sud et traverse le territoire de 22 communes en souterrain, minimisant ainsi l'impact sur les territoires traversés.

La réalisation de la Ligne 15 Sud permettra notamment de:

- Relier des territoires stratégiques connaissant une forte dynamique d'aménagement (futur pôle culturel international de l'île Seguin, projet de ZAC « Campus Grand Parc » autour de l'Institut Gustave Roussy à Villejuif, Opération d'Intérêt National Orly-Rungis / Seine Amont (intégrant notamment la reconversion de la zone industrielle des Ardoines à Vitry-sur-Seine)
- Desservir des secteurs d'enseignement, de recherche et d'innovation de pointe, à l'image de la Vallée Scientifique de la Bièvre et de la Cité Descartes. La plupart de ces « territoires de projet » font l'objet de réflexions en vue de l'élaboration de contrats ou de schémas de développement territorial, associant l'Etat et les collectivités locales.
- Desservir le secteur de Boulogne-Billancourt et Issy-les-Moulineaux dont la densité d'emploi et d'habitat est particulièrement élevée.
- Présenter une alternative à la voiture particulière pour les déplacements de banlieue à banlieue;
- Contribuer à l'allègement des lignes de transport en commun traversant la zone centrale de l'agglomération;
- Améliorer la desserte de secteurs denses de proche couronne ne bénéficiant pas d'une offre de transport en commun structurante et favoriser l'égalité des territoires ;
- Faire bénéficier d'une amélioration du réseau de transport les territoires plus éloignés, par le biais d'un maillage systématique avec l'ensemble des lignes interceptées ;
- Contribuer à répondre aux enjeux environnementaux, en favorisant un report de l'utilisation de la voiture particulière vers les transports en commun et en limitant l'étalement urbain.



4.2 Les principaux types d'ouvrages et leurs caractéristiques

Une ligne de métro souterrain nécessite plusieurs types d'ouvrages pour assurer son bon fonctionnement.

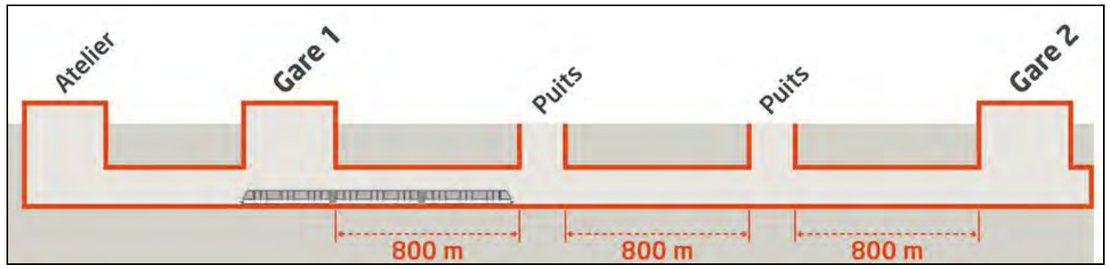


Schéma de principe d'une ligne de métro souterrain

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit la construction et l'exploitation des ouvrages suivants :

- **33 kilomètres de tunnel**. Du fait du recours à la méthode de creusement au tunnelier, des **puits d'entrée et de sortie** de ces équipements sont nécessaires.
- **16 gares** qui permettent d'assurer l'entrée et la sortie des usagers entre l'infrastructure souterraine. Ces gares comprennent des services pour assurer le confort des usagers.
- **38 ouvrages annexes** qui permettent d'assurer la sécurité du dispositif. En application de la réglementation, ces ouvrages sont nécessaires tous les 800 mètres le long de la ligne. 3 d'entre d'eux sont considérés comme spéciaux (entonnement, débranchement…).
- **2 sites de maintenance**, ces installations industrielles permettent d'assurer la maintenance de l'infrastructure et des trains.
- **3 plates-formes fluviales**. Au vu de la quantité de déblais liés aux phases de creusement du tunnel, des plates-formes fluviales sont prévues à proximité de la Seine pour assurer une évacuation des déblais par barges, et ainsi limiter le recours aux camions.
- **2 plates-formes ferroviaires**. Elles permettent l'évacuation des déblais au niveau de Bry-Villiers-Champigny et de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.



Vue de principe d'un tunnel de métro

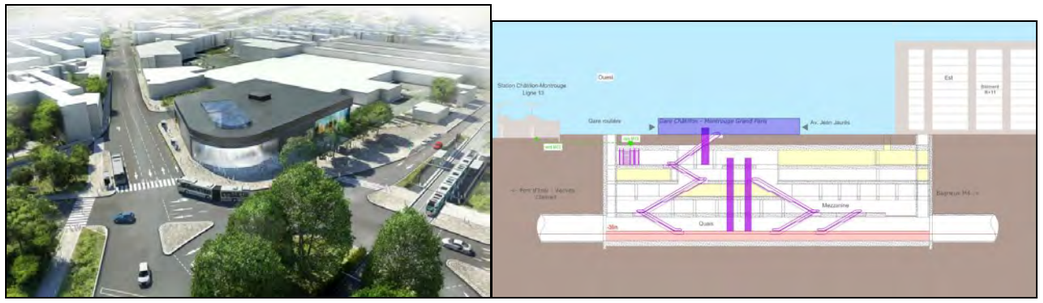


Schéma et vues de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud



Vues de principe d'un ouvrage annexe



Vue de principe d'un site de maintenance

4.2.1 Le tunnel et les puits de tunnelier

La section courante du tunnel ferroviaire réalisé dans le cadre du projet permet l'installation de deux voies de circulation. Le tunnel a un diamètre extérieur de 10 mètres environ.

La géométrie du tunnel est limitée par différentes contraintes :

- les possibilités techniques de déplacement du tunnelier (la majorité du tracé souterrain étant creusée au tunnelier),
- les contraintes de tracé imposées par la circulation du matériel roulant,
- les contraintes imposées par la recherche du confort des usagers.

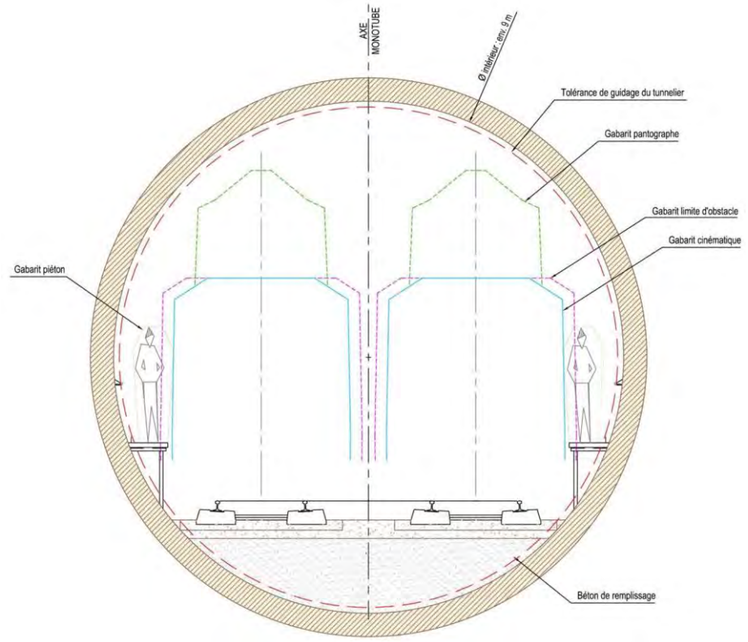
Les grands principes de conception retenus sur le projet sont présentés ci-après :

- Afin de maximiser les sections de tracé sur lesquelles les trains pourront circuler à vitesse maximale (objectif de vitesse maximale d'au moins 110 km/h), le tracé nominal en plan est généralement conçu avec des courbes d'un rayon minimal de 600 mètres. Une réduction de la valeur de ce rayon impose en effet une diminution de la vitesse de circulation des trains.
- En section courante, les pentes du tunnel ne doivent pas dépasser 4%.
- Le dévers maximum en profil en travers est fixé à 160 mm.
- Au droit des gares, le tracé est en alignement droit, et la pente est nulle.

Localement et à titre exceptionnel, il peut être envisagé de déroger à ces valeurs de référence pour résoudre des contraintes d'insertion particulière du tracé ou du profil en long.



Photo d'un tunnelier



Coupe type du tunnel bivoie en alignement droit

Afin notamment de minimiser la durée des travaux, la partie courante du tunnel est réalisée sur l'intégralité de sa longueur au tunnelier. Celui-ci peut être à pression de boue ou à pression de terre selon la nature des terrains rencontrés.

Le tunnelier est un engin de forage permettant de creuser au moyen d'une tête rotative les terrains tout en les maintenant sous pression afin d'assurer la stabilité des sols et des ouvrages environnants lors du creusement. Cet engin, dont la longueur totale avec tous les équipements auxiliaires peut atteindre 100 mètres, présente un diamètre extérieur de l'ordre de 10 mètres.

Il assure plusieurs fonctions :

- creusement du terrain,
- mise en pression du front d'attaque,
- montage du revêtement définitif du tunnel,
- évacuation des déblais.

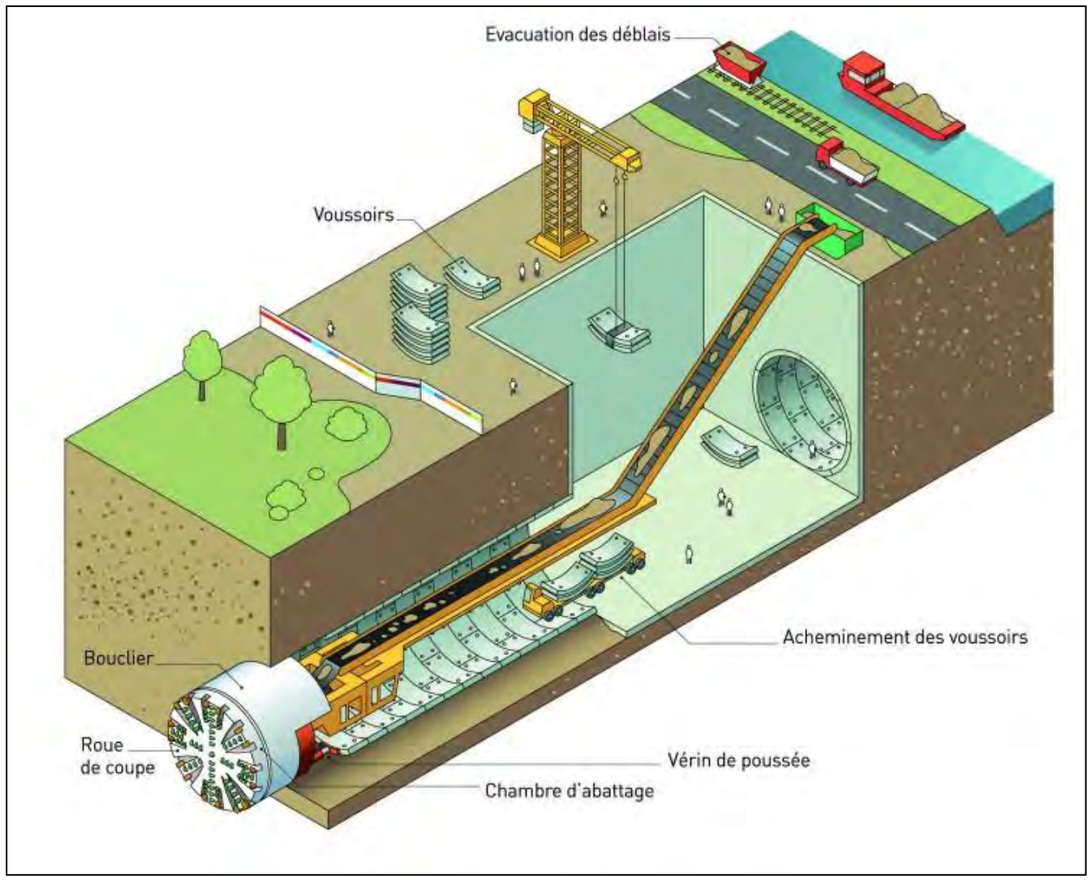
Le tunnelier est constitué de différentes parties aux fonctionnalités bien définies :

- La **roue de coupe** (ou tête d'abattage) fixée à l'avant du bouclier est une pièce rotative équipée de multiples molettes de coupes, de pics et de couteaux, permettant une excavation efficace des sols dans les terrains de toute nature.
- La **chambre d'abattage**, cavité située entre la roue de coupe et le bouclier, reçoit les terres excavées par la roue de coupe tout en les maintenant à une pression suffisante pour résister à la pression exercée par le terrain et l'eau de la nappe, assurant ainsi la stabilité du front d'attaque.
- Le **bouclier**, pièce maîtresse de la structure du tunnelier, est la cloison étanche et résistante qui sépare la chambre d'abattage, sous pression, de la partie arrière du tunnelier et du tunnel déjà réalisé, qui sont à la pression atmosphérique. Il regroupe les systèmes

permettant d'extraire les déblais, de faire tourner la roue de coupe et de faire avancer le tunnelier. En particulier, les vérins de poussée s'appuient sur le dernier anneau posé du tunnel pour faire avancer le tunnelier.

- La **jupe** est placée derrière le bouclier. Elle a pour fonction de contenir les terres et, sous sa protection, de poser à l'avancement le revêtement définitif du tunnel (voussoirs) de façon semi-automatisée au moyen de l'**anneau érecteur**.
- Le **train suiveur**, composé d'un certain nombre d'éléments (ou remorques) accrochés au tunnelier, assure toutes les fonctions vitales nécessaires au bon fonctionnement du tunnelier, en particulier la distribution d'énergie. Il est l'interface entre le tunnelier et toute sa logistique arrière, assurée par les véhicules d'approvisionnement.
- Le train suiveur possède une cabine de pilotage, un poste de transformation et de distribution électrique, des pompes hydrauliques et cuves à huile pour alimenter les vérins, des cuves et pompes de transfert du mortier de bourrage, des installations de ventilation afin de garantir la qualité de l'air dans le tunnel, et l'ensemble des équipements permettant d'assurer la sécurité du personnel et des installations.

Schéma de fonctionnement d'un tunnelier et d'un puits de départ



Les puits d'entrée et de sortie des tunneliers sont des ouvrages de génie civil permettant le montage des tunneliers en vue du creusement du tunnel, puis leur démontage. Ces puits sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 25 à 30 mètres selon l'altimétrie du tunnel.

Les puits peuvent utiliser les emprises d'une future gare ou d'un futur ouvrage annexe et bénéficier d'installations de chantiers communes aux deux ouvrages. Cependant, il s'avère parfois nécessaire d'implanter ces puits sur des emprises spécifiques. Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce et par convoi exceptionnel jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage.

Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation des terres du tunnel sur une section prédéfinie. Le puits d'entrée sert, durant cette phase, à l'approvisionnement du tunnelier ainsi qu'à l'évacuation des terres excavées. A l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite évacué par convoi exceptionnel et peut, le cas échéant, être remonté dans un nouveau puits d'entrée.

4.2.2 Les sections de tunnel construites en méthode traditionnelle

Certaines parties ponctuelles des gares de la Ligne 15 Sud seront construites avec des méthodes dites traditionnelles ou conventionnelles.

Cette méthode traditionnelle présente de très nombreuses déclinaisons sur le terrain en fonction non seulement des sols mais aussi du savoir-faire et des matériels spécifiques de mineur développés par chaque entreprise spécialisée qui la met en œuvre. Elle permet du « sur-mesure » pour s'adapter au contexte effectivement rencontré (largeur des passes, profondeur de décousu, stabilisation du front, soutènement provisoires et définitifs, etc.), contrairement aux parois moulées, tunneliers, pieux sécants, jet grouting, etc. qui sont très standardisées.

Ces méthodes sont notamment nécessaires pour la réalisation de certaines boites souterraines de gares pour lesquelles un creusement depuis la surface n'est pas possible (présence de bâtiments, d'infrastructures…), ou lorsque le tunnelier ne peut pas être utilisé du fait de la présence de réseaux ou de sous-sols complexes.

Exemple de la méthode traditionnelle - Tunnel voûté :

Il s'agit de réaliser la demi-voûte supérieure sur une longueur de 1,50m environ, après le terrassement, est projetté du béton afin d'éviter de laisser le terrain au contact de l'air. Le coulage du béton définitif se fait à 25 mètres du front de taille. Une fois cette opération terminée, il s'agit de recommencer à l'identique avec les demi-voutes inférieures en réalisant le radier (dalle inférieure support des voies).

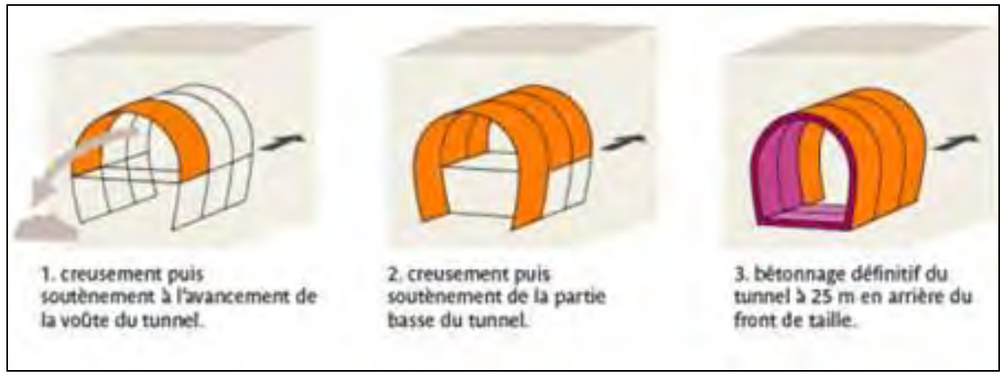


Schéma de la méthode traditionnelle du tunnel voûté

Les différentes parties de gares prévues avec ces méthodes traditionnelles sont identifiées dans la partie de description détaillée de chaque ouvrage du présent document.

4.2.3 Les gares

Les gares de la Ligne 15 Sud sont toutes constituées d'ouvrages souterrains. Les quais permettent d'accueillir des trains d'une longueur de 108 mètres.

Chacune des gares a été positionnée de façon à établir la meilleure correspondance possible avec les réseaux de transport en commun existants, tout en permettant une desserte optimale des quartiers dans lesquels elle s'insère. En outre, les enjeux environnementaux ont été pris en considération afin d'ajuster le positionnement des gares et d'en limiter les éventuels impacts.

Les gares sont dotées d'émergences qui assurent l'accès des voyageurs et peuvent également accueillir des locaux d'exploitation. La forme de ces émergences, conçues en lien avec l'environnement urbain, peut varier : il s'agit le plus souvent de bâtiments (ou d'édicules) jouant un rôle de signal et portant l'identité du réseau. Les espaces publics aux abords des gares font par ailleurs l'objet d'aménagements de qualité, assurant de bonnes conditions d'intermodalité et d'irrigation de la ville.

Les gares bénéficient toutes d'un hall d'accueil, en surface ou en souterrain. Il s'agit d'un espace adapté à une mixité d'activités et capable d'évoluer avec les usages. Celui-ci organise à la fois l'accueil, l'information des voyageurs, la vente des titres de transport ainsi qu'une offre de commerces et de services adaptée à chaque territoire.

Les gares sont conçues pour faciliter les parcours de tous les voyageurs entre la ville et les trains. Les services, les quais et les trains sont en particulier entièrement accessibles aux personnes à mobilité réduite (PMR). En outre, il est prévu que les cheminements d'accès et de correspondance soient systématiquement mécanisés : la mécanisation est alors assurée par des ascenseurs et/ou par des escaliers mécaniques. De plus, les espaces sont conçus afin de faciliter leur usage par des personnes souffrant d'un handicap sensoriel ou cognitif.

Le dimensionnement des espaces (quais, salles d'accueil…) comme des équipements (escaliers mécaniques, ascenseurs…) est étudié afin de garantir un usage fluide du réseau, y compris aux périodes de pointe.

Les aménagements des gares devront créer une ambiance accueillante et apaisante. Ils seront avant tout solides, sobres, facilement nettoyables et maintenables, participant ainsi au confort d'accès des usagers. Des interventions culturelles et artistiques pourront également venir enrichir le parcours des voyageurs.



Visuel à titre indicatif de la gare de Villejuif Louis Aragon

Les gares proposeront par ailleurs une offre de services et de commerces définie en fonction des besoins des voyageurs, mais aussi des habitants et des personnes qui travaillent sur les territoires desservis. Les objectifs poursuivis sont de faciliter le quotidien des voyageurs, ainsi que de renforcer la vie commerciale, en favorisant au mieux les effets de complémentarité entre l'offre proposée dans la gare et l'offre existante ou envisagée à ses abords. L'offre de services et de commerces en gare est structurée en trois composantes, qui chercheront à être partagées par l'ensemble des gares et calibrées en fonction de leur potentiel :

- **Les services essentiels** répondent à quatre fonctions principales, liées à la mobilité :
  - une fonction d'accueil, assurée en toutes circonstances, y compris en situation de perturbations : cette fonction garantit une présence humaine dans toutes les gares ;
  - une fonction de vente de tout titre de transport urbain ;
  - une fonction d'information sur le transport, les services de la gare et ceux de la ville ;
  - une fonction de commerce de dépannage, avec une offre repère, présente sur l'ensemble du réseau (presse, retrait-colis, etc.).

- **Les services complémentaires de facilitation**, liés étroitement aux flux de la gare, offrent des services et commerces pratiques, situés sur les parcours des voyageurs et leur permettant de gagner du temps dans les tâches du quotidien (par exemple : offre de restauration rapide, pharmacie, vente d'accessoires, cordonnerie, pressing, etc.).

- **Les services complémentaires de destination** répondent aux besoins de chaque territoire desservi en proposant des commerces et des activités adaptés aux attentes des habitants, de la ville et des entreprises. Il pourra s'agir, au sein des espaces de la gare, de commerces de grande destination ou d'activités spécifiques telles qu'offres médicales (laboratoires, cabinets, etc.), crèches, centres de télétravail, espaces de sport et de loisirs, etc.

Ces orientations renvoient aux recommandations formulées par le comité stratégique de la Société du Grand Paris[8]. Les espaces de commerces et de services respecteront par ailleurs les exigences visant à garantir la sécurité du public dans les gares ; chaque local ou activité qui s'implantera aura obtenu au préalable les autorisations réglementaires nécessaires. Des autorisations d'exploitation commerciale seront également, le cas échéant, obtenues.

[8] Le comité stratégique de la Société du Grand Paris, institué auprès de son conseil de surveillance, constitue un laboratoire d'idées et d'échanges entre les élus des collectivités d'Ile-de-France et les partenaires de la Société du Grand Paris. Il est actuellement composé de 139 membres : représentants des communes et des établissements publics de coopération intercommunale traversés par le réseau, parlementaires, représentants de la chambre de commerce et d'industrie Paris - Ile-de-France ainsi que de la chambre régionale des métiers et de l'artisanat, membres du conseil économique, social et environnemental d'Ile-de-France.

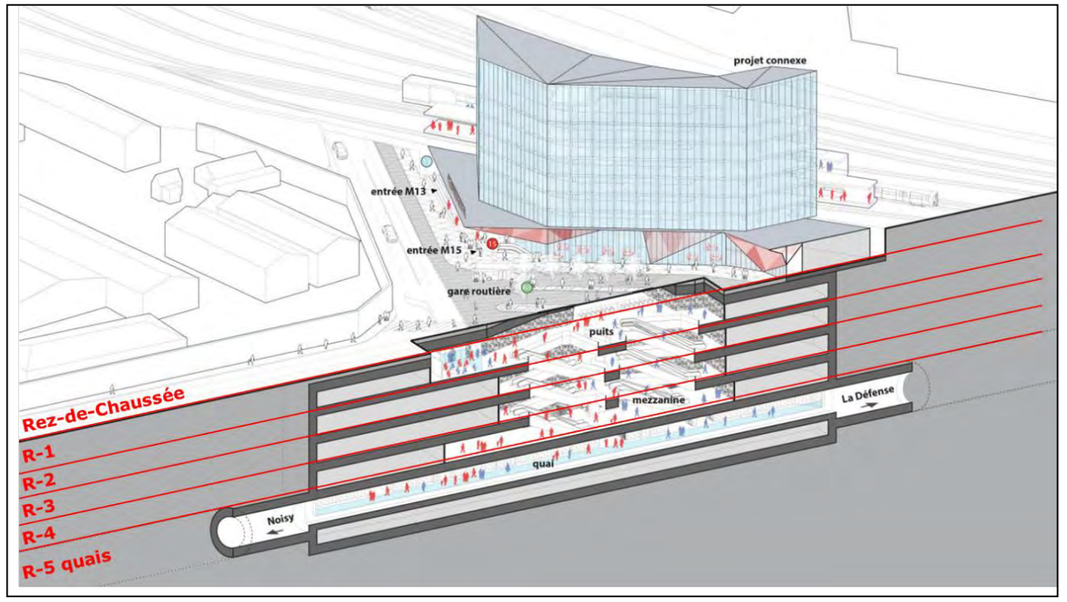


Schéma de principe d'une gare de la Ligne 15 Sud

La figure ci-dessus présente une coupe longitudinale de la gare de Chatillon-Montrouge. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud sont construites sur la même base, sauf exception :

- Une partie souterraine reliant la surface du sol au tunnel de forme rectangulaire de 108 m de long sur 30 à 50 m de large et comportant un nombre d'étages intermédiaires en rapport avec la profondeur du tunnel. Il existe quelques exceptions à cette règle : la gare de Villejuif IGR a une section circulaire. La profondeur des gares varie de 20 à 50 m ;
- La partie souterraine comporte également les ouvrages de connexions avec les gares existantes assurant les correspondances ;
- Une partie émergée, au-dessus de la surface du sol, permettant l'entrée et la sortie des voyageurs : cette partie émergée est, sauf exception (Villejuif IGR et Noisy-Champs) peu importante car elle intégrée à un bâti existant ou futur.

4.2.3.1 Réalisation des gares

La typologie des travaux de réalisation des gares est dépendante de leur profondeur, de la qualité des terrains rencontrés, des conditions hydrogéologiques, mais aussi des contraintes liées aux emprises disponibles en surface et à l'environnement urbain.

Trois principaux types de gares peuvent être distingués :

- gare en tranchée couverte, entièrement réalisée à ciel ouvert (méthode dite « bottom up », soit « **radier premier** ») ;
- gare en tranchée couverte, réalisée en partie sous la chaussée reconstituée (méthode dite « top down », soit « **couverture première** ») ;
- **gare mixte** : réalisation d'un puits principal (ou plusieurs) à ciel ouvert, puis attaque en méthode souterraine traditionnelle pour les parties restantes.

Pour chacune de ces méthodes d'exécution, une partie ou la totalité du volume de terrain situé dans l'emprise de la gare est excavée depuis la surface. Pour chaque phase de terrassement depuis la surface, la zone d'excavation est délimitée par une enceinte étanche. La technique privilégiée est celle des parois moulées.

4.2.3.2 La technique de la paroi moulée

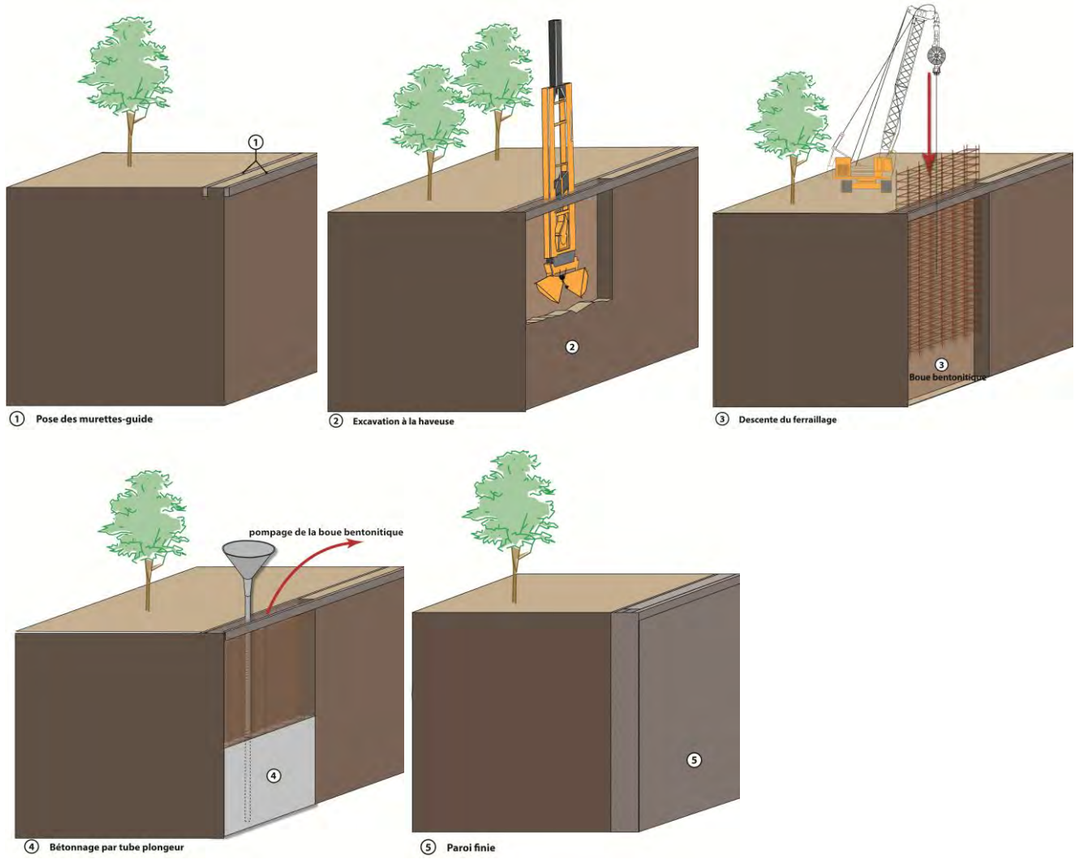
Une paroi moulée est un écran en béton armé moulé dans le sol. Le rôle de chaque paroi est d'assurer la stabilité des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte étanche vis-à-vis de la nappe extérieure et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge pour en assurer les fondations.

La première étape de réalisation d'une paroi moulée consiste à exécuter des murettes-guides. Ces deux murets en béton armé permettent de guider l'outil de forage et de caler les cages d'armature. La perforation du sol est réalisée par panneaux de longueur limitée, variable selon le type de sol et le voisinage.

La stabilité des fouilles réalisées est assurée par la substitution aux terres excavées d'une boue benthonique dans la tranchée, au fur et à mesure du creusement de celle-ci. Ce fluide forme sur les parois de l'excavation un dépôt étanche qui, en s'opposant à la percolation dans le terrain, permet d'appliquer la pression hydrostatique aux parois, en empêchant ainsi l'éboulement.

Une fois l'excavation d'un panneau achevée, la cage d'armatures est mise en place dans la tranchée remplie de boue. Le bétonnage est ensuite effectué à partir du fond à l'aide d'un tube plongeur. En remontant, le béton chasse la boue benthonique, qui est évacuée par pompage au fur et à mesure.

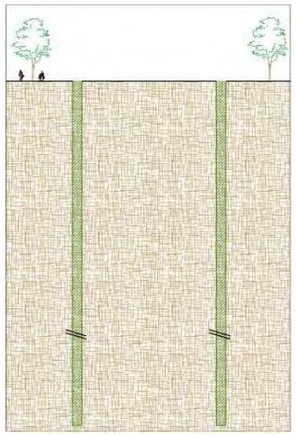
Étapes de réalisation des parois moulées



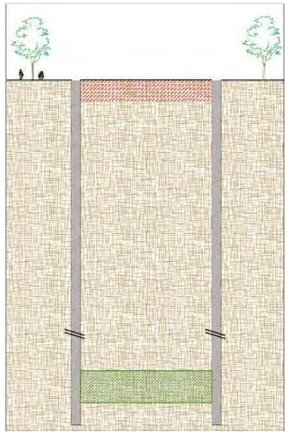
Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte à ciel ouvert (radier premier) (Source : Société du Grand Paris)



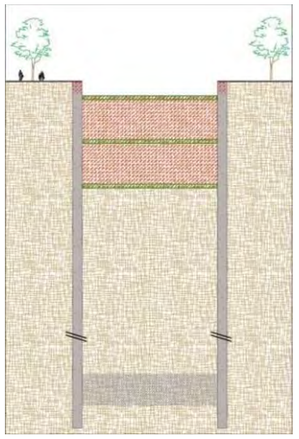
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



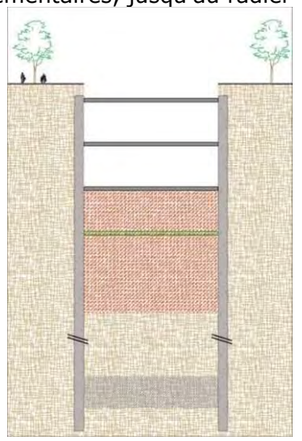
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des premiers terrassements



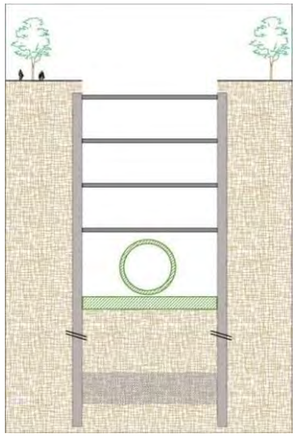
Phase 3 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert, butonnage à ciel ouvert et recépage des parois moulées



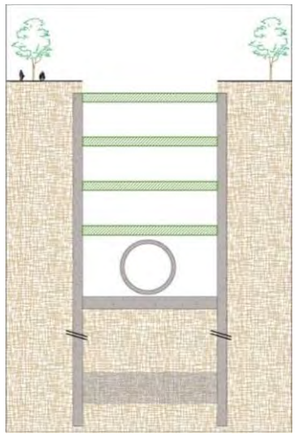
Phase 4 : Poursuite des terrassements à ciel ouvert et mise en place de lits de butons supplémentaires, jusqu'au radier



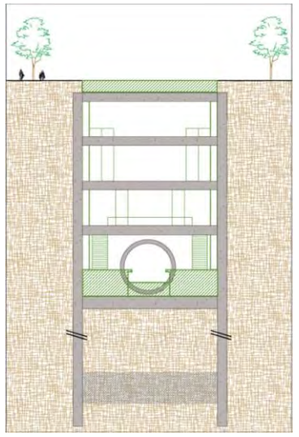
Phase 5 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



Phase 6 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement de butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture

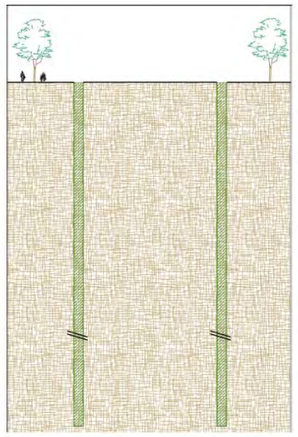


Phase 7 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare, remblai et réfection de voirie

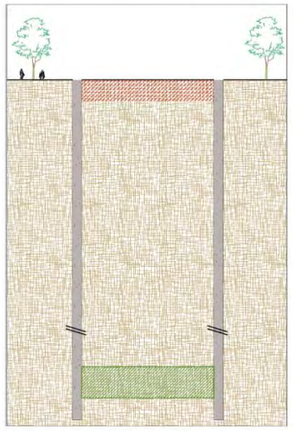


Méthode de réalisation d'une gare en tranchée couverte, réalisation en partie sous couverture (couverture première) (Source : Société du Grand Paris)

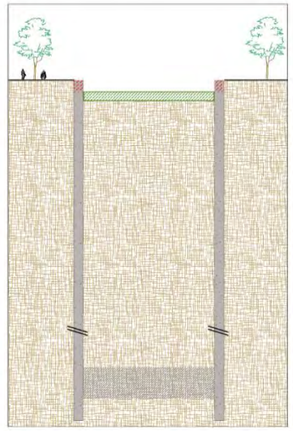
Phase 1 : Réalisation des parois moulées



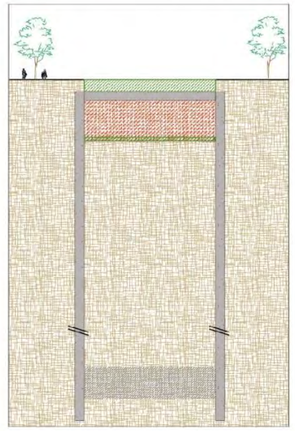
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



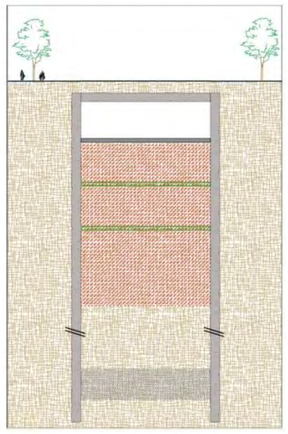
Phase 3 : Réalisation de la dalle de couverture et recépage des parois moulées



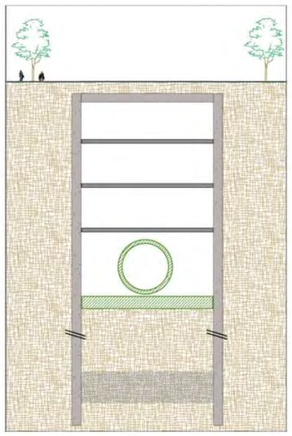
Phase 4 : Première phase de terrassement en sous-œuvre, mise en place des premiers butons provisoires et reconstitution de la voirie existante



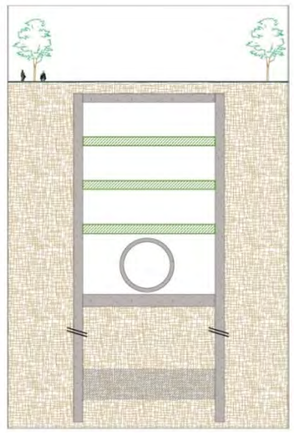
Phase 5 : Poursuite des terrassements en sous-œuvre jusqu'au radier et mise en place de lits de butons provisoires supplémentaires par palier, selon la profondeur de la gare



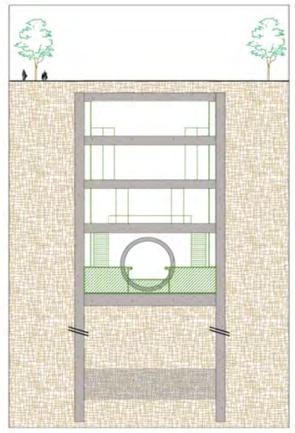
Phase 6 : Réalisation du radier et passage du tunnelier



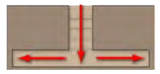
Phase 7 : Réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires par palier jusqu'à la dalle de couverture



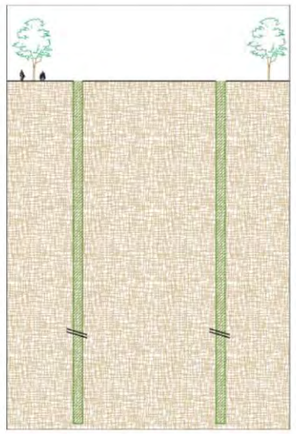
Phase 8 : Réalisation des ouvrages intérieurs de la gare



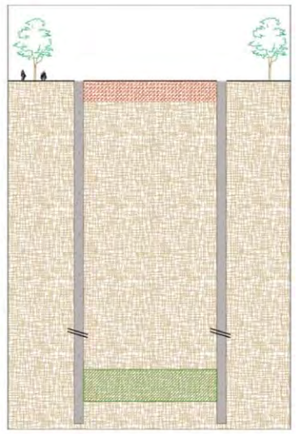
Méthode de réalisation d'une gare en souterrain (Source : Société du Grand Paris)



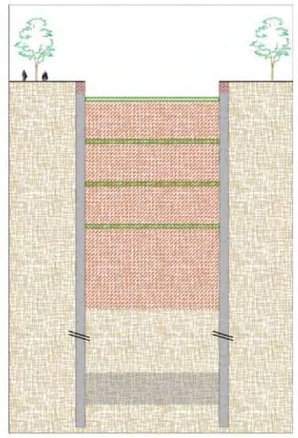
Phase 1 : Réalisation des parois moulées du puits principal



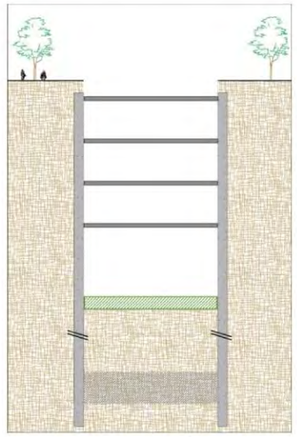
Phase 2 : Injection éventuelle des sols et réalisation des terrassements de surface



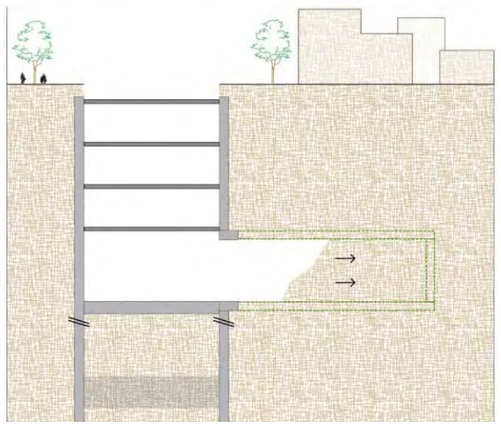
Phase 3 : Recépage des parois moulées, terrassement à ciel ouvert et pose progressive des butons provisoires



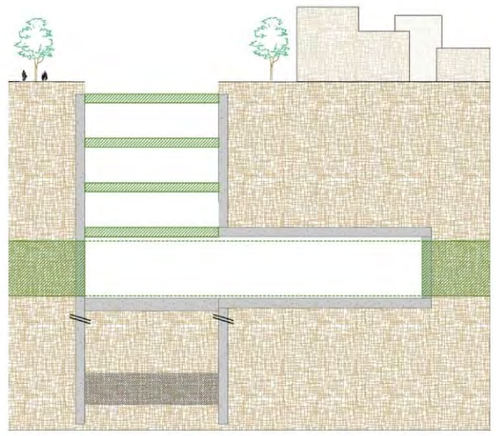
Phase 4 : Réalisation du radier



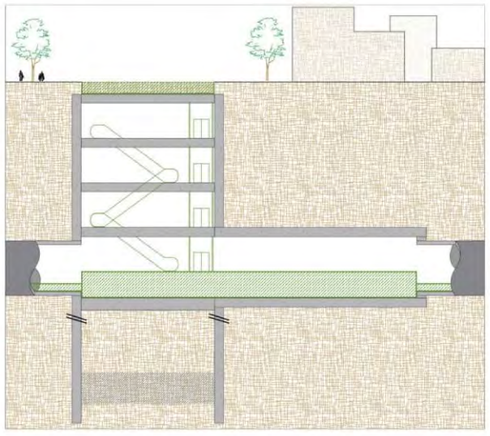
Phase 5 : terrassements de la partie de la gare réalisée en souterrain, avec mise en œuvre du radier, du soutènement provisoire et/ou du revêtement définitif à l'avancement du creusement



Phase 6 : Passage du tunnelier puis réalisation des dalles intermédiaires et enlèvement des butons provisoires



Phase 7 : Reconstruction de la voirie existante. Réalisation des ouvrages intérieurs dans l'ensemble de la gare



4.2.4 Les ouvrages annexes

Définition

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après. Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et, par exemple, être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Accès de secours

Les accès de secours doivent permettre une intervention rapide et efficace des pompiers et services de secours, en n'importe quel endroit, en cas de sinistre. Pour les tunnels, des puits d'accès de secours sont disposés avec un intervalle maximum de 800 mètres, et à moins de 800 mètres d'une gare, conformément à l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport publics guidés urbains de personnes. Compte tenu des contraintes de tracé, plusieurs de ces puits ont une profondeur supérieure à 30 m, ce qui impose de les équiper d'ascenseurs permettant le transport d'un brancard.

Ventilation / désenfumage

La ventilation du tunnel assure plusieurs fonctions essentielles :

- d'une part, elle permet de maintenir une température de confort dans l'ouvrage en évacuant l'air chaud issu de l'échauffement du tunnel ;
- d'autre part, elle permet le renouvellement de l'air ;
- enfin, elle permet le balayage et l'évacuation de la fumée en cas d'incendie dans le tunnel, cette dernière fonction s'avérant dimensionnante.

Les caractéristiques des ouvrages et performances des équipements sont conformes à la réglementation, en particulier l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes. Les ouvrages de ventilation / désenfumage sont équipés de ventilateurs permettant l'extraction ou l'insufflation d'air dans le tunnel. L'air est extrait vers la surface via des gaines de ventilation et des grilles de rejet. Celles-ci ont une surface de l'ordre de 30 à 40 m2 en cas de circulation possible, 20 m2 lorsqu'elles sont protégées et inaccessibles au public.

Généralement, les ouvrages de ventilation / désenfumage sont mutualisés avec les ouvrages d'accès pompiers. Ces ouvrages, généralement souterrains, seront mutualisés et implantés en fonction du programme technique de la ligne, mais aussi en fonction du contexte urbain dans lequel ils s'insèrent, afin de limiter toute nuisance sur leur environnement immédiat.

Décompression

Pour réduire les phénomènes liés aux effets de pression dus à la circulation des trains en tunnel à des vitesses élevées, des ouvrages de décompression sont prévus dans l'ensemble des gares du projet.

Sous cette configuration :

- les pressions ressenties dans les trains par les passagers lors de l'entrée en tunnel et lors du croisement des trains sont acceptables ;
- les pressions sur les équipements en tunnel sont également à des niveaux acceptables.

Épuisement

Les ouvrages d'épuisement sont destinés à recevoir les eaux d'infiltration et de ruissellement du tunnel, en vue de les recueillir à un point bas du tunnel puis les rejeter au moyen d'une pompe dans le réseau d'assainissement local.

Ils sont autant que possible mutualisés avec les puits d'accès des secours. Ces derniers sont alors implantés aux points bas du tracé.

Postes de redressement et postes éclairage force

Les postes de redressement permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en courant continu de 1 500 volts, utilisé par les trains de la ligne 15. En règle générale, ils sont intégrés dans les espaces des gares. Lorsque les espaces en gare ne le permettent pas, ils sont localisés à des emplacements mutualisés avec des puits d'accès de secours, dans des locaux d'environ 150 m² préférentiellement situés en surface au niveau rez-de-chaussée.

Les postes éclairage force permettent de transformer l'énergie électrique haute tension alternative (15 ou 20 kV) en énergie électrique basse tension alternative (230/400 V), destinée à alimenter les installations électriques dans les gares et dans les ouvrages annexes. Ils sont intégrés aux emprises souterraines de ces ouvrages.

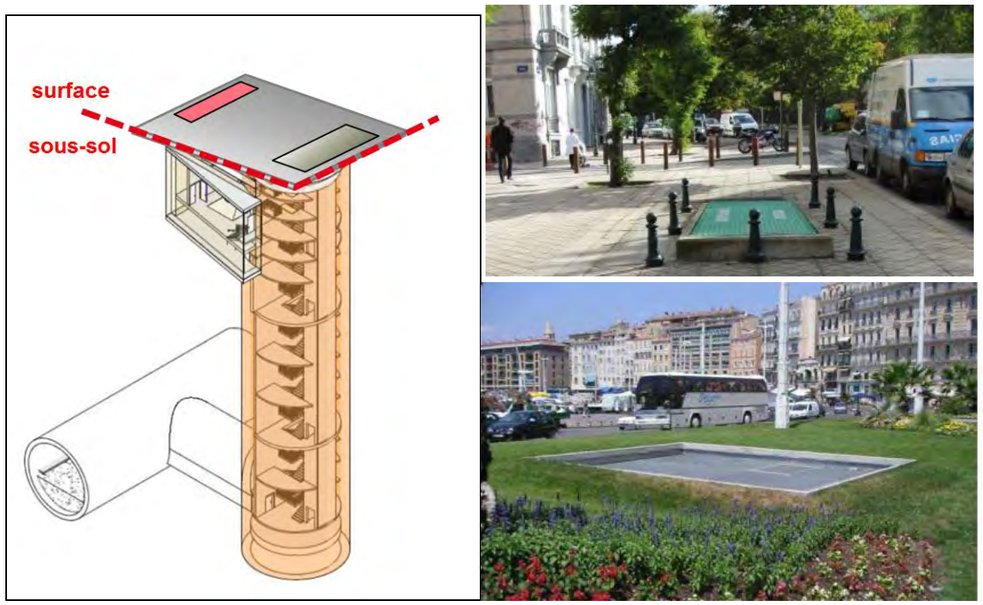


Schéma type d'un ouvrage annexe et visuels en surface (illustration donnée à titre indicatif)

4.2.5 Les sites de maintenance (SMI et SMR)

La Ligne 15 Sud comprend l'implantation de deux sites de maintenance, un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) au niveau de Champigny-sur-Marne, et un site de maintenance des infrastructures (SMI) au niveau de Vitry-sur-Seine.

4.2.5.1 Site de Maintenance et de Remisage (SMR)

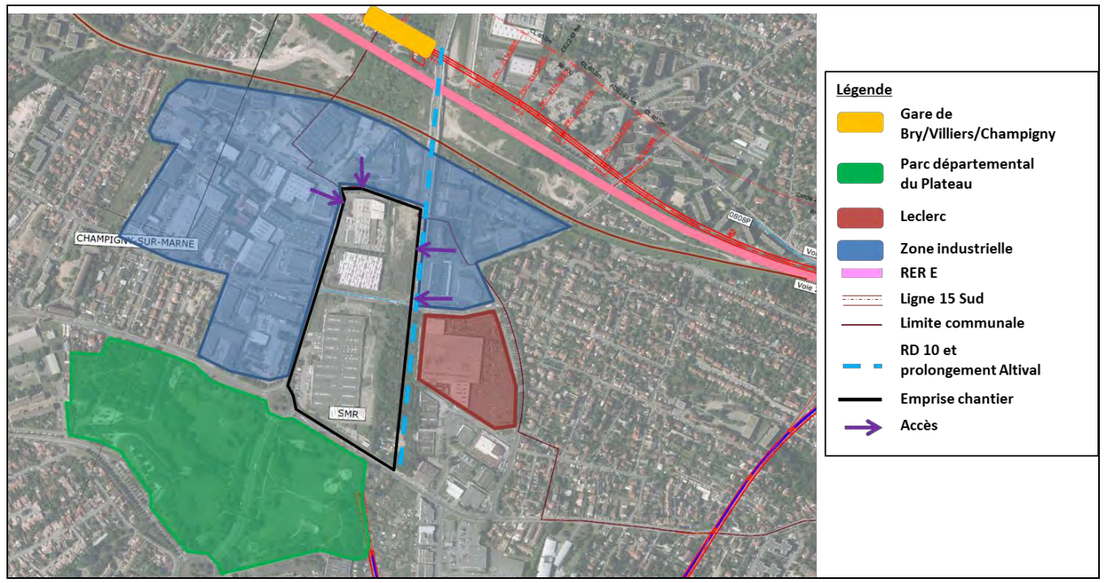
Le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) assure la maintenance en atelier du matériel roulant (dépannage, entretien, remplacement) ainsi que le lavage et le remisage des trains. Il accueille également des fonctions d'exploitation des lignes (poste de commandement centralisé, encadrement opérationnel de la ligne…).

L'emprise du projet se situe à l'est de Paris, au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, en limite de Villiers-sur-Marne, au sud de Bry-sur-Marne et de la future gare de Bry–Villiers–Champigny du réseau du Grand Paris. La superficie du site est d'environ 7,5 hectares.

Le SMR de Champigny accueillera à terme 60% du parc de matériel roulant de la ligne qui pourra être réparé, entretenu et remisé. Il comprend également le Poste de Commandement Centralisé (PCC), véritable centre névralgique du système, par lequel transitent toutes les informations relatives à l'exploitation et à la supervision de la ligne. Le site de Champigny commande ainsi la circulation de l'ensemble des trains de la ligne ; il centralise par ailleurs toutes les remontées d'information ayant trait aux gares, aux systèmes d'exploitation et à l'énergie.

Le site de Champigny joue également un rôle crucial dans la mise en service de la ligne, puisqu'il accueille la livraison des rames de matériel roulant.

Le SMR de Champigny-sur-Marne est relié à la ligne par un tunnel de raccordement d'une longueur de 2,4 km, composé de deux voies.



Insertion du SMR de Champigny

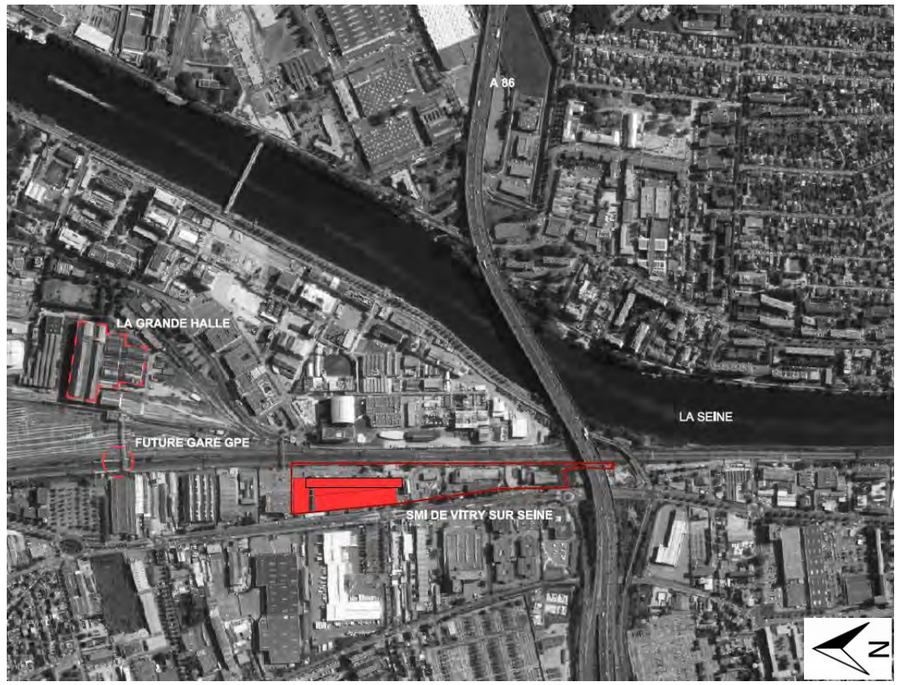
4.2.5.2 Site de Maintenance des Infrastructures (SMI)

Le site de maintenance des infrastructures (SMI) assure la maintenance des voies et des équipements fixes du système de transport : traction, basse tension, signalisation, automatismes de conduite, courants faibles, équipements électromécaniques.

Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry est situé au sud de la gare Grand Paris Les Ardoines, sur le territoire de la commune de Vitry-sur-Seine. La superficie du site est d'environ 4,9 hectares.

Le SMI de Vitry a pour fonction de garantir l'ensemble des conditions de maintenance industrielle des infrastructures, des systèmes et des équipements de la liaison en métro automatique entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs. A terme, il permettra d'assurer les mêmes fonctionnalités pour toute la moitié sud de la ligne rouge du réseau de transport public du Grand Paris. Les équipements associés au SMI permettent de garantir la maintenance des voies, caténaires, ouvrages d'art et équipements liés à l'énergie, la signalisation et les télécommunications.

Le Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry-sur-Seine est relié à la ligne 15Sud par un tunnel d'une longueur de 1,3 km. La voie de raccordement effectue une boucle au nord du tunnel principal avant de se connecter au SMI, de façon à avoir assez de longueur pour pouvoir remonter les 25 mètres qui la séparent de la surface.



Insertion du SMI de Vitry

4.2.6 Les plates-formes portuaires et ferroviaires

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport.

La stratégie de gestion s'articule autour de cinq orientations principales :

- Privilégier les modes de transports alternatifs (fluvial et ferré) et établir une logistique durable de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques) ;
- Favoriser un transport routier plus productif, respectueux de l'environnement et plus sécurisé en recherchant la maîtrise de l'empreinte environnementale du transport routier et l'amélioration de la sécurité ;
- Assurer une gestion rationnelle et économe des déblais en limitant le stockage définitif, en recherchant toutes les voies de valorisation et en traitant spécifiquement et le plus tôt possible les terres polluées ;
- Développer la synergie entre les acteurs et le territoire afin de préparer l'arrivée des chantiers, accompagner leur bon déroulement, valoriser les opportunités offertes, notamment dans le cadre de projets de développement local et contribuer au développement des territoires ;
- Organiser le suivi opérationnel des chantiers en adaptant si besoin le Schéma directeur sur la durée des chantiers et en l'inscrivant dans une démarche « qualité-évaluation ».

4.2.6.1 Le recours au fleuve

En application de cette stratégie, et du fait de la présence de voies d'eau à proximité du projet, la Société du Grand Paris prévoit l'implantation de plates-formes fluviales pour assurer l'apport de matériaux de construction, et l'évacuation des déblais liés aux phases de creusement du tunnel. Ce choix permet ainsi de réduire de manière très importante les déplacements de camions sur le territoire.

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit l'implantation de 3 plates-formes fluviales :

- **Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur l'Ile de Monsieur** : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais du creusement.
- **Au niveau de la gare de Pont de Sèvres située à Boulogne-Billancourt** : apport de matériaux de construction de la gare, et évacuation des déblais liés au creusement de la gare.
- **Au niveau du puits de départ tunnelier prévu sur la friche Arrighi dans le secteur des Ardoines** : apport de matériaux de construction du tunnel, et évacuation des déblais de creusement.

L'implantation des plates-formes fluviales de la Société du Grand Paris s'appuie sur les ouvrages déjà existants, notamment des Ducs d'Albe au niveau de l'Ile de Monsieur, et de la friche Arrighi. Ces ouvrages pourront faire l'objet d'opération de renforcement pour assurer la rotation fréquente de barges fluviales pour les chantiers.



Duc d'Albe au niveau de la friche Arrighi (Source : Google Maps)

Au niveau du secteur d'implantation de la gare de Pont de Sèvres, la mise en place temporaire d'une estacade chantier permettra d'assurer le stationnement de barges fluviales, leur chargement et leur déchargement. La mise en place de cette estacade nécessite une légère modification du chenal de navigation sur ce bras de la Seine. Cette opération fait l'objet d'une procédure spécifique avec Voies Navigables de France (VNF).

Pour éviter et réduire les impacts potentiels liés au fonctionnement de ces plates-formes fluviales, des mesures sont retenues et présentées dans l'étude d'impact jointe à ce document. Il s'agit notamment de dispositifs de chargement des barges qui permettent d'éviter toute chute de matériaux dans la Seine, ou la prise en compte des enjeux écologiques présents au niveau des berges.

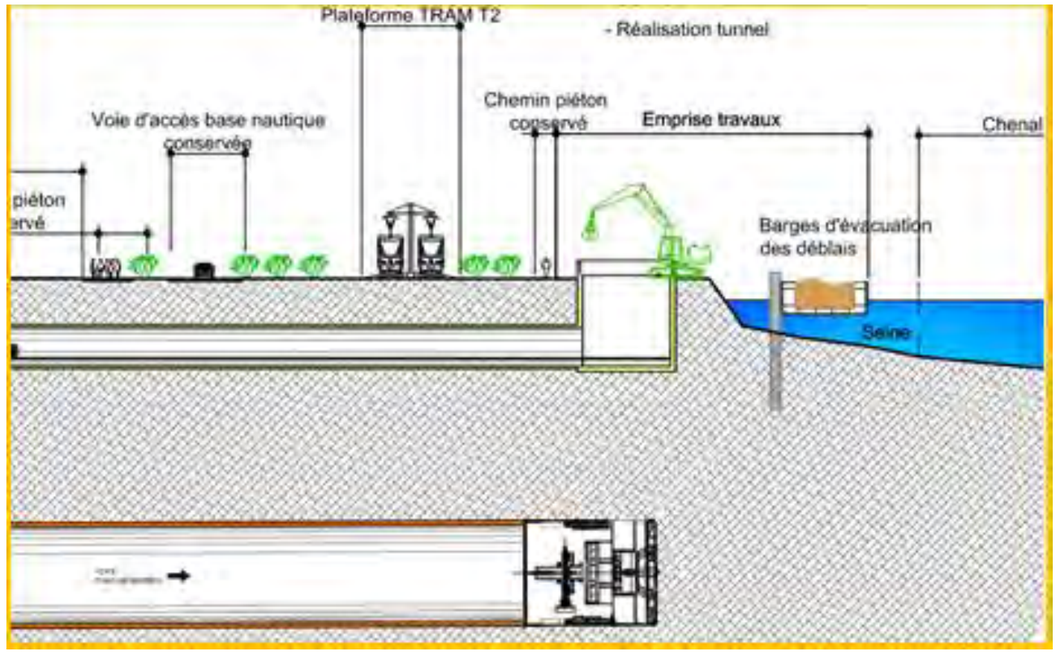


Schéma de principe de la plate-forme fluviale prévue au niveau de l'Ile de Monsieur pour l'évacuation des déblais issus du creusement du tunnel (Source : Société du Grand Paris)

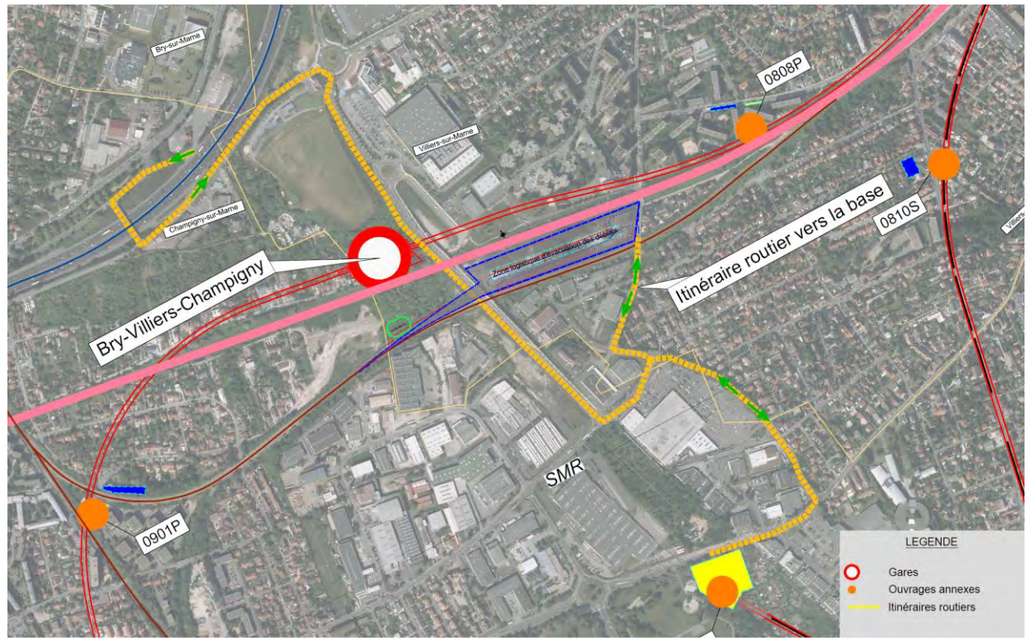
S'il s'agit bien d'ouvrages temporaires, au vu des délais de chantier nécessaires pour réaliser les ouvrages prévus (gares, tunnel…), il n'est pas sollicité pour les plates-formes fluviales d'autorisations temporaires (durée limitée à un an pour une autorisation temporaire).

4.2.6.2 L'utilisation de la voie ferrée

Au vu contexte concerné par la Ligne 15 Sud, une évacuation des déblais par la voie ferrée est possible au niveau Bry-Villiers-Champigny. La gestion des matériaux excavés et leur chargement sur des trains nécessite l'implantation d'un base ferroviaire.

Elle a pour fonction l'évacuation des déblais sur la période allant de mi-2016 à mi-2019, en alternative au mode routier dans le but d'éviter la saturation du secteur. La base ferroviaire est implantée dans le secteur de la gare de Bry-Villiers-Champigny, secteur qui offre des dispositions ferroviaires particulièrement favorables de par sa mitoyenneté directe au Sud avec l'infrastructure de Grande Ceinture, axe de fret ferroviaire majeur par lequel il est possible de rejoindre l'ensemble des lignes principales au réseau ferré national.

L'emprise mise à disposition est donc positionnée au droit de la future gare d'interconnexion Bry-Villiers-Champigny sur des terrains en friche enclavés entre les voies du réseau SNCF Francilien (lignes RER E et P) et celles de la ligne de Grande Ceinture.



Base ferroviaire (encadré bleu) (Source : Société du Grand Paris)

La base logistique ferroviaire est constituée d'un faisceau de voies (pour le stockage des rames et le chargement), d'une voie de desserte et de manœuvre (liaison à la grande Ceinture) et d'une zone de stockage de déblais. Ces 2 dernières zones sont séparées par une aire de circulation des engins de chargement. La zone de stockage des déblais à prévoir sur cette base devra permettre d'accueillir les besoins correspondants à 5 jours de production journalière.

L'utilisation de la voie ferroviaire est également étudiée depuis la base chantier de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, localisée au niveau de la gare de fret de Clamart. Cette logistique d'évacuation par voie ferroviaire étant intégrée sur le site de la base chantier de la gare, elle ne nécessite pas la mise en œuvre d'une base ferroviaire spécifique.

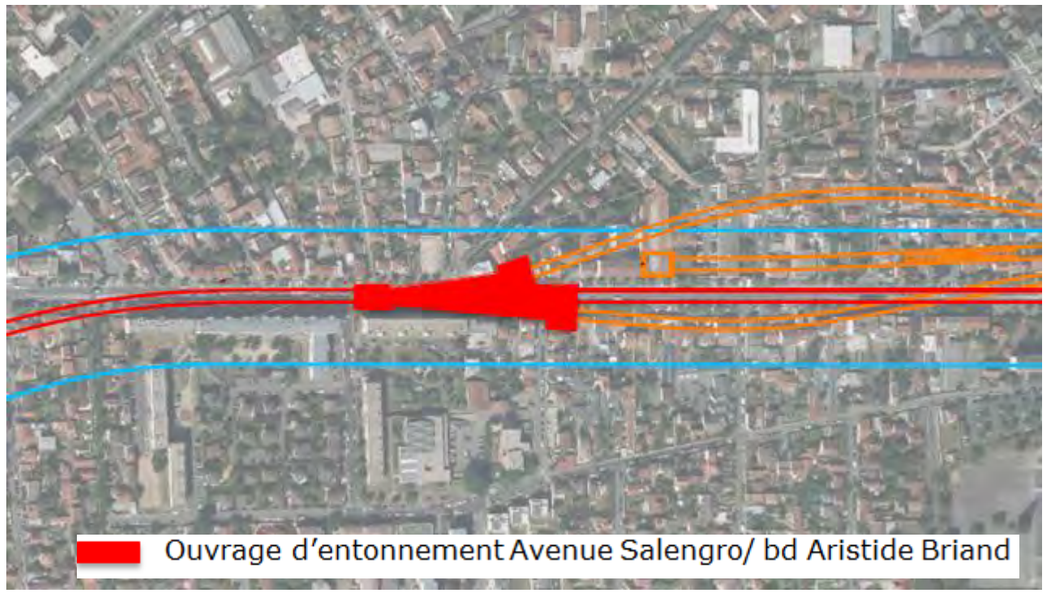
4.2.7 Les ouvrages spéciaux (entonnement, débranchement…)

La Ligne 15 Sud nécessite quelques ouvrages spécifiques pour assurer son bon fonctionnement. Il s'agit notamment d'ouvrages de raccordement aux sites de maintenance, ou d'ouvrages permettant d'assurer la connexion avec la ligne 15 Est du Grand Paris Express. Ces ouvrages sont mutualisés avec des ouvrages annexes.

4.2.7.1 L'ouvrage permettant l'intermodalité entre la Ligne 15 Sud (rouge) et la ligne 15 Est (orange)

L'ouvrage d'entonnement de Champigny est situé sur la commune de Champigny-sur-Marne sur l'Avenue Roger Salengro, au niveau de l'intersection avec le boulevard Aristide Briand. Cet ouvrage, réalisé en parois moulées et certaines parties en parois coulis dans des phases travaux, permet le raccordement entre les Lignes 15 Sud (rouge) et Ligne 15 Est (orange). En phase travaux de la ligne orange il est utilisé comme puits de sortie de deux tunneliers. En phase d'exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours.

Cet ouvrage est mutualisé avec l'ouvrage annexe « OA 1001P - Avenue Roger Salengro ».

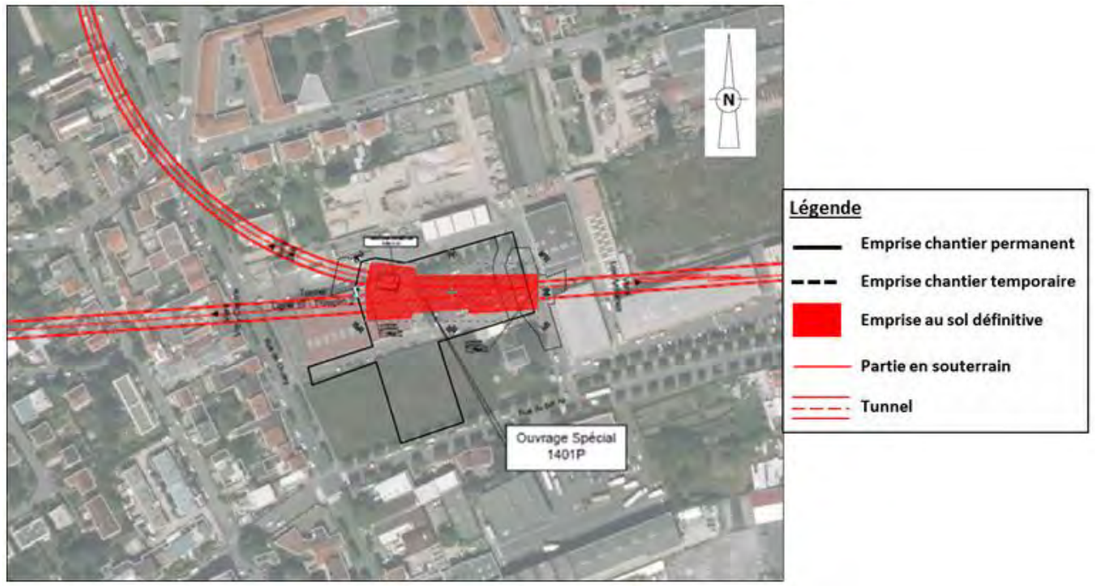


Présentation de l'ouvrage d'entonnement pour assurer la connexion entre la Ligne 15 Sud (Rouge) et la ligne 15 Est (Orange) (OA 1101P - Avenue Roger Salengro)

4.2.7.2 Les ouvrages de débranchement vers les sites de maintenance

Les ouvrages de débranchement permettent d'assurer la liaison entre le tunnel de la ligne principale Ligne 15 Sud, et le tunnel desservant un site de maintenance. Pour cette ligne qui comporte deux sites de maintenances, le site de maintenance des infrastructures (SMI) à Vitry-sur-Seine et le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) à Champigny-sur-Marne, deux ouvrages d'entonnement sont nécessaires. Ils sont mutualisés à terme avec des ouvrages annexes pour limiter le nombre de travaux en surface.

Le débranchement vers le SMI est situé au niveau de l'OA 1401P - Centre technique municipal à Vitry-sur-Seine. Il sert en phase travaux comme puits de sortie du tunnelier du tunnel du SMI. En phase exploitation (opérationnelle), l'ouvrage assure les fonctions de ventilation, de désenfumage de décompression et d'accès de secours.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMI au niveau de l'ouvrage annexe OA 1401P - Centre technique municipal

Le débranchement vers le SMR est situé au niveau de l' OA 0807P - Sentier des Marins situé sur la commune de Villiers-sur-Marne. L'ouvrage comporte une plateforme d'accès pour la réalisation d'une partie du tunnel par la méthode traditionnelle. En phase d'exploitation (opérationnelle) de la ligne, cet ouvrage assure aussi les fonctions de ventilation, de désenfumage, de décompression et d'accès secours, il est équipé d'un poste de redressement double implanté au niveau N-1.



Présentation de l'ouvrage de débranchement vers le SMR au niveau de l'ouvrage annexe 0807P - Sentier des Marins

4.2.8 Les projets d'interconnexions

Le réseau du Grand Paris Express vise notamment à proposer une offre de transport en commun pour les déplacements de banlieue à banlieue. Il vient renforcer le maillage du réseau existant.

A ce titre, la ligne 15 Sud propose pour 80% des gares, une correspondance avec les lignes existantes, du Transilien, du métro et du RER.

Pour assurer les correspondances, le projet nécessite la réalisation d'ouvrages d'interconnexions avec les gares existantes. Il peut s'agir de couloirs de correspondance, de la réalisation de nouveaux espaces publics ou de réaménagement des quais existants pour accueillir les nouveaux usagers.

Ces ouvrages d'interconnexions sont portés le plus souvent avec les maîtres d'ouvrages concernés, la RATP en ce qui concerne les correspondances avec le métro et certains RER, et la SNCF pour les lignes de Transilien, et les autres RER. Ces ouvrages font l'objet d'une présentation détaillée dans le cadre du présent document, à la rubrique 3.2 relative aux ouvrages d'interconnexions.



Exemple de la gare de Pont de Sèvres
Insertion de la nouvelle gare (en rouge) et gare existante L9 (en bleu) (Source : RATP)

4.2.9 Les projets connexes

Parallèlement à la conception du réseau de transport public du Grand Paris, la SGP a conduit en lien avec les collectivités, des études sur les conditions techniques permettant le développement futur de projets immobiliers à proximité des gares du Grand Paris.

En effet, la SGP souhaite contribuer à la dynamique urbaine rendue possible par l'implantation des gares, en mettant son patrimoine foncier au service des projets urbains envisagés par les collectivités. Ainsi, sur les parcelles directement concernées par l'implantation de l'infrastructure de transport, à proximité immédiate ou en surplomb des gares, ont été étudiées dans le cadre des études de maitrise d'œuvre de la Ligne 15 Sud, les conditions permettant la réalisation future de ces projets.

Les objectifs de réalisation de ces projets immobiliers, dit « projets connexes » car situés en surplomb ou à proximité immédiate des gares du Grand Paris, sont multiples et visent notamment à accompagner ou renforcer le processus de renouvellement urbain des quartiers riverains ; à assurer l'insertion urbaine de la gare dans un contexte futur plus ou moins dense ; et à contribuer à l'échelle des parcelles concernées par ces projets immobiliers, à la création de logements en Ile-de-France.

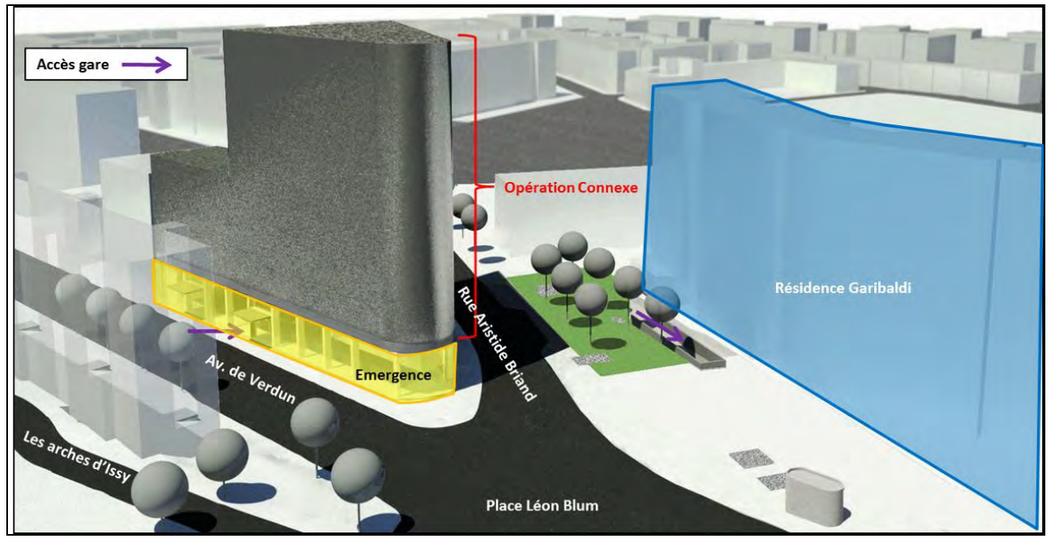
Dans tous les cas, la réalisation des projets immobiliers connexes aux gares ne pourra intervenir qu'après la réalisation de l'infrastructure de transport, celle-ci constituant le plus souvent le socle de ces projets immobiliers futurs.

La définition de ces projets immobiliers potentiels dépend de chaque contexte urbain, et s'effectue en application des dispositions des plans locaux d'urbanisme en vigueur. Ainsi, la programmation comme la volumétrie de ces projets immobiliers est définie au regard de chaque site, en cohérence avec les orientations urbaines souhaitées par la collectivité.

Ces projets connexes ne constituent pas des projets sous maitrise d'ouvrage de la SGP, et leur réalisation relève d'opérateurs économiques tiers, qui auront à leur charge l'ensemble des demandes d'autorisations nécessaires à ces projets immobiliers. **A ce titre, les projets connexes potentiels ne sont pas concernés par la présente procédure de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau.**

Pour assurer une bonne information du public, l'étude d'impact présente toutefois :

- Les intentions urbaines prévisionnelles des projets connexes, afin de pouvoir visualiser l'insertion urbaine indicative des gares dans leur environnement à terme ;
- Les différents scénarios de gares étudiés, présentant les scénarios de gare avec et sans projets connexes : scénarios qui ont été étudiés afin d'établir les conditions permettant la mise en œuvre éventuelle de ces projets sans remettre en cause le bon fonctionnement du réseau de transport sous maitrise d'ouvrage de la SGP ;
- L'analyse des effets cumulés avec ces projets immobiliers connexes potentiels, et le cas échéant, les interfaces avec les ouvrages du réseau de transport objet de l'étude d'impact au tire de la Loi sur l'eau.



Vue à titre indicatif du projet connexe possible au niveau de la gare d'Issy RER (Source : Société du Grand Paris)

4.3 Caractéristiques d'exploitation du projet

4.3.1 Système de transport et matériel roulant

La ligne sera équipée d'un matériel roulant à conduite automatique sans conducteur. Ce type de métro présente de nombreux avantages : adaptabilité à la demande, régularité et optimisation des coûts de fonctionnement.

Pour assurer la sécurité des voyageurs en gare et contribuer à la régularité du service, des « façades de quai » toute hauteur (portes vitrées en bordure de quai) seront installées dans toutes les gares.

Les principales caractéristiques du matériel roulant de la Ligne 15 Sud sont les suivantes :

- Conformément aux objectifs de capacités souhaités, le gabarit du matériel roulant sera de 2,80 m ;
- La longueur des rames sera au maximum de 108 mètres. Des études approfondies sur le matériel roulant permettront d'en préciser les caractéristiques exactes (largeur, longueur, organisation intérieure…) ;
- Les trains seront accessibles aux personnes à mobilité réduite et aux UFR (Usagers en Fauteuil Roulant). L'accessibilité sera optimale, grâce au plancher du train au même niveau que les quais et à l'absence de lacune entre le quai et le train. Le matériel roulant intègrera une intercirculation entre les voitures d'un même élément et l'ouverture automatique des portes à chaque arrêt ;
- Ce matériel roulant est prévu pour rouler à 120 km/h. Cette vitesse, combinée avec des distances intergares assez longues, impose le roulement et le guidage sur voie ferrée ;
- L'écartement de voie sera l'écartement standard de 1435 mm ;
- L'alimentation en énergie électrique de traction des trains sera réalisée par une ligne aérienne de contact alimentée en 1500V en courant continu. La conception des trains et des automatismes de conduite devra permettre d'optimiser la consommation en énergie électrique.

Récapitulatif des caractéristiques principales du système de transport

Pont de Sèvres – Noisy-Champs	
Roulement	fer
Largeur du matériel roulant	2.80m
Longueur du train	108 m
Composition des trains	3 ou 6 voitures
Longueur des voitures	18 m
Vitesse de pointe	120km/h
Capacité à 4 voyageurs/m^2	>1000 (pour un train de 108m)

4.3.2 Offre de transport et service proposé

La ligne sera exploitée avec des missions de type omnibus. La vitesse commerciale envisagée est de l'ordre de 55 km/h.

Dans sa première période de mise en service, le tronçon Pont de Sèvres – Noisy-Champs pourra être exploité, à l'heure de pointe, avec un intervalle de l'ordre de 3 à 4 minutes entre deux trains. Cette fréquence permet d'assurer une offre de transport répondant à la demande initiale prévue sur la ligne et de garantir un bon niveau de service aux futurs voyageurs. A terme, avec la mise en service progressive du reste du réseau Grand Paris Express, la ligne pourra être exploitée en heure de pointe avec un intervalle réduit à 120 secondes (2 minutes), ce qui permet une capacité de transport de 30 000 voyageurs à l'heure de pointe.

L'exploitation de la ligne sera supervisée à partir du Poste de Commandement Centralisé situé au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny. Des dispositifs de vidéo-protection seront déployés dans les gares et dans les trains, et la communication avec un poste central sera possible en tout point de la ligne.

L'amplitude de service n'est pas encore fixée. Afin de préserver la bonne réalisation des opérations de maintenance fréquentes et régulières (voies, équipements en ligne, systèmes d'exploitation…), le trafic voyageur devra habituellement être interrompu la nuit pendant quelques heures. Cependant, le service pourra être maintenu en continu toute la nuit à certaines occasions (événement exceptionnel ou politique de service définie par le Syndicat des Transports d'Ile-de-France).

Des dispositions sont prises pour pouvoir exploiter la section Pont de Sèvres – Noisy-Champs de manière autonome :

- Les gares de Pont de Sèvres et de Noisy-Champs sont des terminus ;
- L'exploitation est assurée à partir du Poste de Commandement Centralisé situé sur le site Champigny ;
- La maintenance des trains est assurée au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny;
- Le remisage des trains est assuré dans les terminus et au Site de Maintenance et de Remisage de Champigny ;
- La maintenance des infrastructures est assurée au Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry.

Ces dispositions ne préjugent pas des orientations qui seront retenues sur la ligne orange (Ligne 15 Est) à l'issue de la phase de concertation ayant eu lieu sur ce projet, notamment des choix ultérieurs qui pourraient être faits en perspective d'une interopérabilité entre ligne rouge et ligne orange à Champigny Centre.

4.4 Déroulement de la phase chantier

4.4.1 Principes généraux

Pour l'heure, les éléments présentés ci-dessous restent des éléments de principes successifs de réalisation. Les études concernant ces différents travaux sont en cours.

4.4.1.1 Réalisation des travaux préparatoires

Préalablement à tous travaux de génie civil, le terrain doit être préparé de façon à éliminer un maximum d'obstacles susceptibles de retarder les phases suivantes.

Plusieurs opérations sont à mener :

- Repérage de l'implantation des réseaux existants (gaz, électricité, télécoms, etc.),
- Diagnostics archéologiques éventuels,
- Dépollution des sols éventuelle,
- Démolitions éventuelles d'ouvrages ou de bâtiments existants,
- Dévoiements de réseaux,
- Mise en place des installations de chantier, réalisation des puits de chantier pour le tunnel et les gares,
- Dans les zones sensibles, référés préventifs (constat par un expert désigné par un juge de l'état des ouvrages avoisinants).

4.4.1.2 Réalisation des travaux de génie civil

Les travaux de génie civil sont des opérations lourdes nécessitant la mise en œuvre de moyens matériels et humains importants. Ils consistent en la réalisation de travaux de gros œuvre pour:

- Le tunnel en partie courante (réalisation au tunnelier),
- Les seize gares Grand Paris,
- Le site de Maintenance des Infrastructures, son tunnel de raccordement à la ligne de métro,
- Le Site de Maintenance et de Remisage et son tunnel de raccordement à la ligne de métro,
- Les ouvrages de service en ligne (accès secours, ventilation/désenfumage).

4.4.1.3 Réalisation des travaux d'équipement

Cette étape consiste à mettre en place l'ensemble des équipements nécessaires au fonctionnement et à la sécurité de la ligne.

Elle comprend les travaux :

- De pose de voie,
- De signalisation,
- D'installations électriques d'alimentation de la ligne : Poste Eclairage Force (PEF), Poste de redressement (PR),
- D'installations de ventilation et de désenfumage,
- D'installations de sécurité,
- D'aménagement des gares.

4.4.1.4 Horaires de chantier

Les horaires de chantier ont été définis selon les types de travaux. S'agissant de la construction des gares et des ouvrages sécurité, il est prévu de retenir une plage horaire maximum 6h/22h pendant les jours de semaine. Pour certains ouvrages, au vu des contraintes techniques, des travaux pourront être réalisés 6 jours sur 7. Une attention particulière sera prise en compte pour réduire les nuisances éventuelles, en cohérence avec le plan de management de chantiers.

S'agissant des tunneliers, leur fonctionnement est prévu 24h/24 et 6 jours sur 7. Leur fonctionnement est en souterrain et ne nécessite pas d'activité en surface la nuit. Pour les travaux souterrains prévus avec les méthodes traditionnelles, les travaux sont prévus 24h/24 et 5 jours sur 7.

4.4.2 Mise en œuvre du tunnel en tunnelier

4.4.2.1 Creusement du tunnel

Les tunneliers mis en œuvre pour la réalisation de la Ligne 15 Sud produisent à l'avancement un tube de béton étanche et ancré dans les terrains. Une fois le tunnelier ressorti, le tunnel est terminé et les gares et ouvrages annexes peuvent y être raccordés.

En pratique, les opérations de réalisation du tunnel sont les suivantes :

- Creusement du puits d'entrée et du puits de sortie :
  - Mise en place de la paroi moulée : cette opération nécessite l'injection de béton dans des excavations dont l'ensemble forme la paroi d'une boîte. Les excavations sont descendues à un niveau géologique peu perméable, variable selon la géologie locale. Si la paroi moulée a un rôle structurel, la méthode de construction est adaptée à ce rôle,
  - La boîte est vidée de ce qu'elle contient, la perméabilité de la paroi étant ajustée à la baisse si nécessaire. Elle est également vidée de son eau par pompage si une nappe souterraine y est présente,
  - Si nécessaire, la perméabilité du fond de la boîte est abaissée par la mise en place d'un bouchon injecté ou une technique équivalente en fonction des débits résiduels observés,
  - Les matériels et ouvrages pour la construction du tunnel peuvent alors être mis en place, en particulier pour la construction du tunnelier.
- Construction du tunnelier au fond du puits d'attaque (45j de réalisation en moyenne). Le tunnelier est construit en place. Sa longueur moyenne est d'environ 100 m entre :

- la tête portant l'organe de coupe (la roue tournante), le poste de pilotage et les éléments permettant son fonctionnement,
- et la partie postérieure de « l'usine » permettant la gestion des flux de matériaux arrivant et partant de la zone de coupe.

- Creusement du tunnel par le tunnelier :
  - L'amorce du tunnel nécessite un appareillage spécial permettant l'appui du tunnelier. Cet appui est fourni par le tunnel en place une fois la vitesse de croisière atteinte,
  - La vitesse d'avancement est de 10 à 12m par jour selon la géologie rencontrée,
  - Sauf imprévu de parcours, le tunnelier creuse le tunnel d'une traite. Les ruptures dans l'avancement peuvent être dues à :
    - La rencontre d'irrégularités géologiques non identifiées au préalable, en particulier des cavités,
    - Une variation significative des paramètres géotechniques du sol susceptibles d'engendrer des désordres et non gérable directement au niveau de la machine.
- Démontage du tunnelier (45j de réalisation en moyenne) : il se fait au niveau du puits de sortie ;
- Adaptations des puits, utilisés pour des ouvrages annexes ou gare.

4.4.2.2 Puits d'entrée et de sortie associés à la mise en œuvre du tunnel

Ces puits particuliers sont creusés dans le sol, à l'intérieur d'une enceinte de parois moulées. Leur profondeur peut varier de 20 à 40 mètres selon l'altimétrie du tunnel. Leur section en travers est de taille variable. En effet, certains de ces puits ont vocation à devenir à termes (en phase d'exploitation) des gares ou des ouvrages annexes d'accès et de ventilation.

Une fois le puits réalisé et les installations de chantier aménagées, le tunnelier est acheminé pièce par pièce, par convoi spécial jusqu'au puits, avant d'être assemblé à l'intérieur de l'ouvrage. Le tunnelier peut alors entamer son travail d'excavation du tunnel sur une section prédéfinie.

Le puits d'entrée sert, durant la phase de creusement du tunnel :

- A l'approvisionnement du tunnelier, notamment des voussoirs qui constituent le tunnel ;
- A l'évacuation des terres excavées.

A l'achèvement de la section concernée, le tunnelier est démonté au sein d'un puits de sortie. Il est ensuite déplacé par convoi spécial et peut être remonté dans un nouveau puits d'attaque si nécessaire.

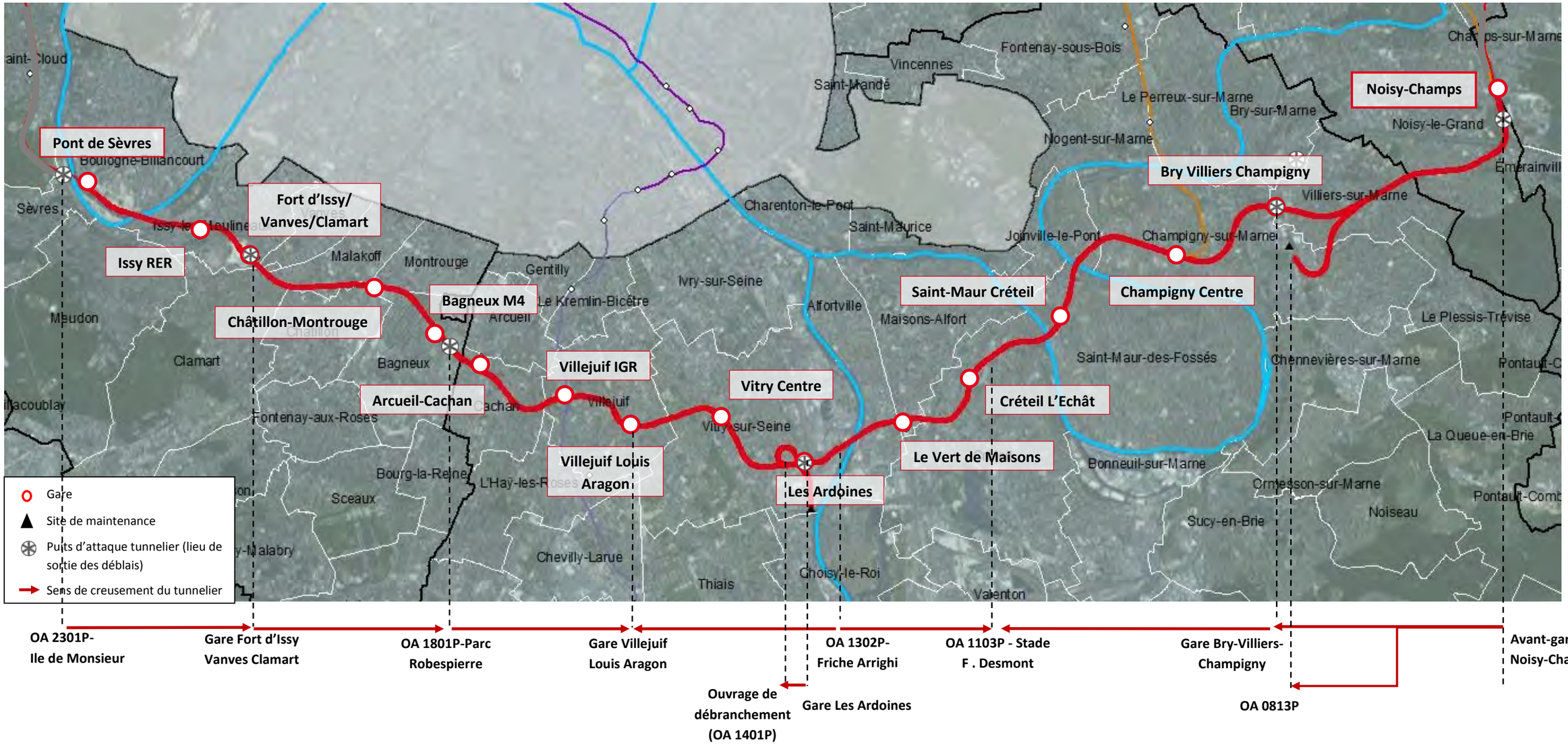
4.4.2.3 Séquencement de la mise en œuvre des tunneliers

Tableau de séquencement du creusement du tunnel

Tunnelier n°	Puits d'entrée	Puits de sortie	Linéaire
1	Ile de Monsieur (OA 2301P)	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	3 970 ml
2	Fort d'Issy / Vanves / Clamart (gare)	Parc Robespierre (OA 1801P)	3 704 ml
3	Parc Robespierre (OA 1801P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 976 ml
4	Friche Arrighi (OA 1302P)	Villejuif Louis Aragon (gare)	3 974 ml
5	Friche Arrighi (OA 1302P)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	4 486 ml
6	Bry-Villiers-Champigny (gare)	Stade F. Desmond (OA 1103P)	6 891 ml
7	Noisy-Champs (OA 0802P)[9]	Bry-Villiers-Champigny (gare)	4 679 ml
		SMR Champigny (OA 0813P)	2 139 ml
8	Les Ardoines (gare)	Débranchement SMI (OA 1401P)	1 136 ml

[9] *Après avoir réalisé le tunnel allant de la gare de Noisy-Champs (OA 0802P) à la gare de Bry-Villers-Champigny, le tunnelier n°7 repart en arrière pour permettre la réalisation du tunnel d'embranchement vers le SMR de Champigny. Le puits d'entrée de tunnelier reste localisé au niveau de l'OA 0802P (site d'excavation des déblais).*

Principes de creusement du tunnel de la Ligne 15 Sud et identification des puits d'entrée de tunnelier (source : Société du Grand Paris)



4.5 Présentation des variantes étudiées

Le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris a été approuvé par décret en Conseil d'Etat le 24 août 2011. Ce nouveau réseau de métro automatique a pour ambition de relier entre eux, tout en les connectant avec le centre de l'agglomération parisienne, les grands pôles stratégiques de la région Ile-de-France. Le réseau complet totalise environ 200 km de tracé et compte soixante-douze gares. Il est composé du réseau de transport public du Grand Paris comprenant des liaisons en rocade parcourant les territoires de proche et moyenne couronnes (« ligne rouge » et « ligne verte ») complétées par une liaison radiale (« ligne bleue »), sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris, et du réseau complémentaire structurant (« ligne orange »), sous maîtrise d'ouvrage du Syndicat des Transports d'Ile-de-France (STIF). Le réseau complet est désigné sous l'appellation de réseau Grand Paris Express.

Le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris est le document qui décrit les principales caractéristiques du projet. Il prend en compte les conclusions du débat public qui, au fil des 55 réunions organisées en Ile-de-France, a permis aux franciliens de s'exprimer sur le projet. Le schéma d'ensemble précise notamment :

- Le tracé des lignes et l'implantation des gares du futur métro automatique
- Les prévisions en matière de niveau de service, d'accessibilité, de mode d'exploitation de tracé et de position des gares
- Les possibilités de connexion au réseau ferroviaire à grande vitesse
- Les possibilités de connexion aux autres réseaux de transport public urbain en Ile-de-France
- L'offre de transport public complémentaire du nouveau réseau disponible à partir de ses gares.

La Ligne 15 Sud reliant les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champs a fait l'objet en 2013-2014 d'une procédure administrative de demande de déclaration d'utilité publique (DUP). En application, des dispositions des articles R.11-3 du code de l'expropriation, et de l'article R.122-2 du code de l'environnement, ce dossier de DUP intégrait une étude d'impact comprenant une analyse de différentes variantes de tracé et de localisation d'ouvrages.

4.5.1 Variantes de tracé

Au cours de la phase d'avant-projet, le tracé a évolué, certes de façon peu importante.

Les cartes ci-dessous montrent cette évolution de tracé entre la première version de l'avant-projet et la version prise en compte pour l'analyse des impacts du projet.

Le tracé emprunté par le tunnel est confronté à de nombreux obstacles avec lesquels il doit composer, dans l'objectif de proposer une solution de tracé répondant aux objectifs généraux du projet, économique, compatible avec les délais impartis, respectueuse de l'environnement et faisable techniquement.

Ainsi, la définition du tracé retenu pour la réalisation de la Ligne 15 Sud résulte d'une recherche approfondie de compromis entre les principes de base de conception du tracé cités au paragraphe précédent et les contraintes suivantes :

- Les contraintes géologiques, hydrogéologiques et géotechniques : la nature du terrain, et plus précisément la qualité des sols traversés, sont étudiées avec soin. En particulier, les zones aquifères[10] sont localisées. Les zones d'anciennes carrières d'exploitation sont également repérées et autant que possible évitées.
- La topographie du terrain naturel.
- Les passages sous bâti : un approfondissement du tracé peut s'avérer nécessaire pour éviter les désordres que le bâti pourrait subir en cas de tassement important en surface ou d'incidents lors du creusement du tunnel. De plus, certains bâtiments sont construits sur fondations profondes que le tracé doit éviter.
- Les réseaux de transport existants (routier ou ferroviaire) et ouvrages d'art : ces obstacles peuvent nécessiter de détourner le tracé et/ou de l'approfondir.

Les réseaux d'assainissement existants : les principaux réseaux ayant un impact sur le tracé sont les gros collecteurs d'assainissement. En effet, ils sont gravitaires et peuvent donc difficilement être déviés. De plus, ils sont de taille importante en région parisienne (diamètre de plusieurs mètres) et profondément enterrés, en particulier le réseau interdépartemental géré par le SIAAP[11].

Les réflexions ont fait évoluer le tracé que sur des secteurs localisés :

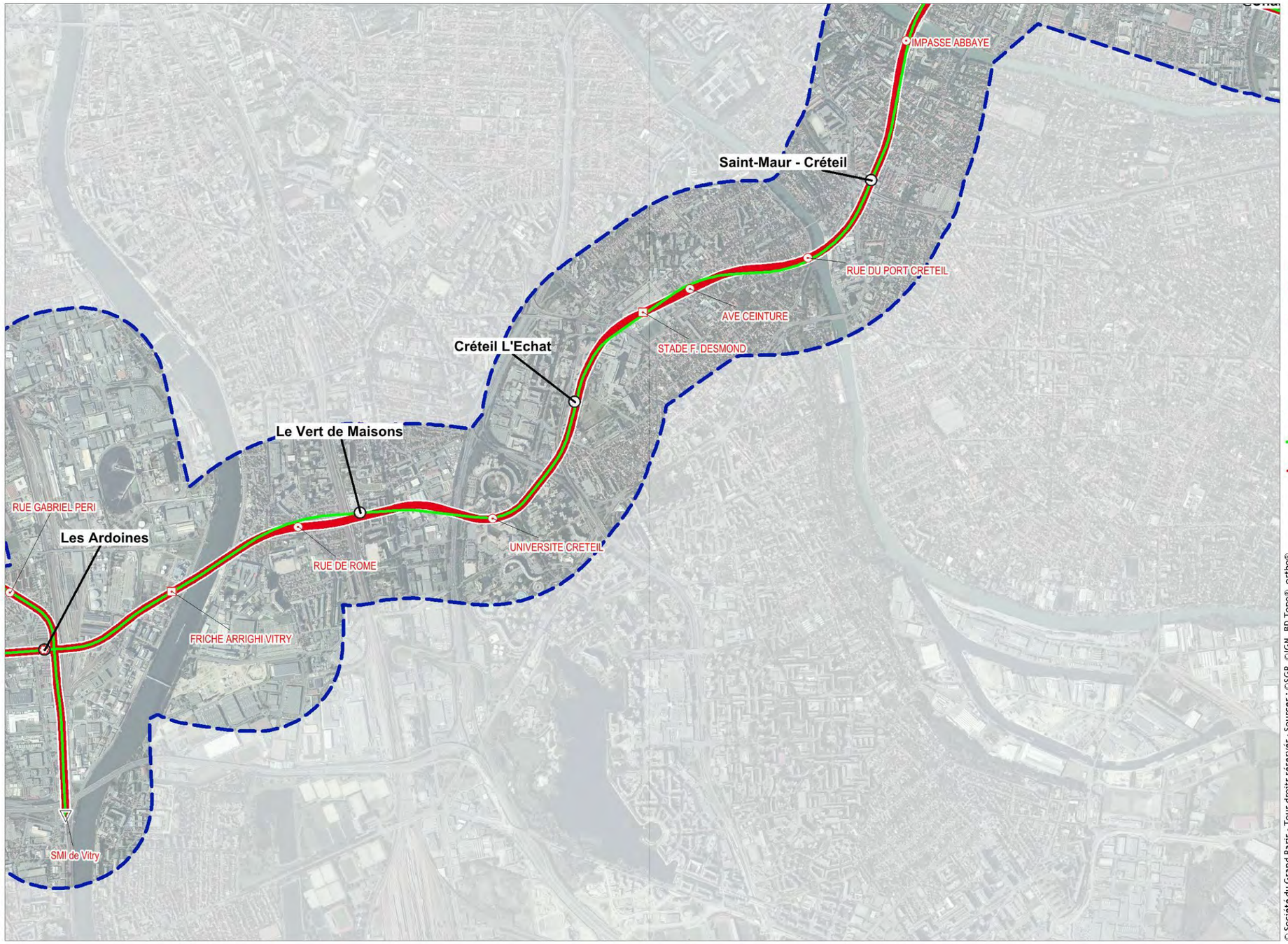
- Entre les gares de Bagneux et Arcueil-Cachan : la courbure du tracé a été optimisée,
- Au niveau de l'ouvrage rue Jules Joffrin : la courbure du tracé a été optimisée,
- Entre les ouvrages Rue de Rome et Université Créteil (y compris la gare Vert de Maisons) : le tracé a été adapté à des contraintes géotechniques affectant le tunnel,
- Entre les gares de Créteil L'Echat et de Saint-Maur Créteil : le tracé a été adapté à des contraintes géotechniques affectant le tunnel,
- Voie d'accès au SMR de Champigny : le tracé de cette voie a été optimisé, en particulier la courbure,
- Entre les ouvrages de la rue du Ballon et Boulevard du Ru de Nesles : la courbure du tracé a été optimisée.

Les optimisations ont pour but de rechercher des économies en ajustant les caractéristiques de l'ouvrage. Elles permettent, outre un gain financier, des économies de matériaux de construction et de consommations diverses qui sont favorables à l'environnement.

Seules les cartes où les modifications sont les plus importantes sont présentées ci-dessous. Le lecteur est invité à prendre connaissance de la pièce B.2 de la présente étude d'impact pour les autres cartes.

[10] Aquifère : Couche de terrain ou roche suffisamment poreuse pour contenir une nappe d'eau souterraine.
[11] SIAAP : Syndicat Interdépartemental pour l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne.

Variations de tracé au cours de la phase d'avant-projet (source : Société du Grand Paris) **– Section Les Ardoines – Saint-Maur Créteil**

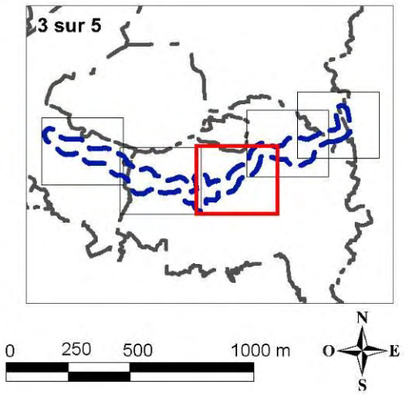


Grand Paris Express

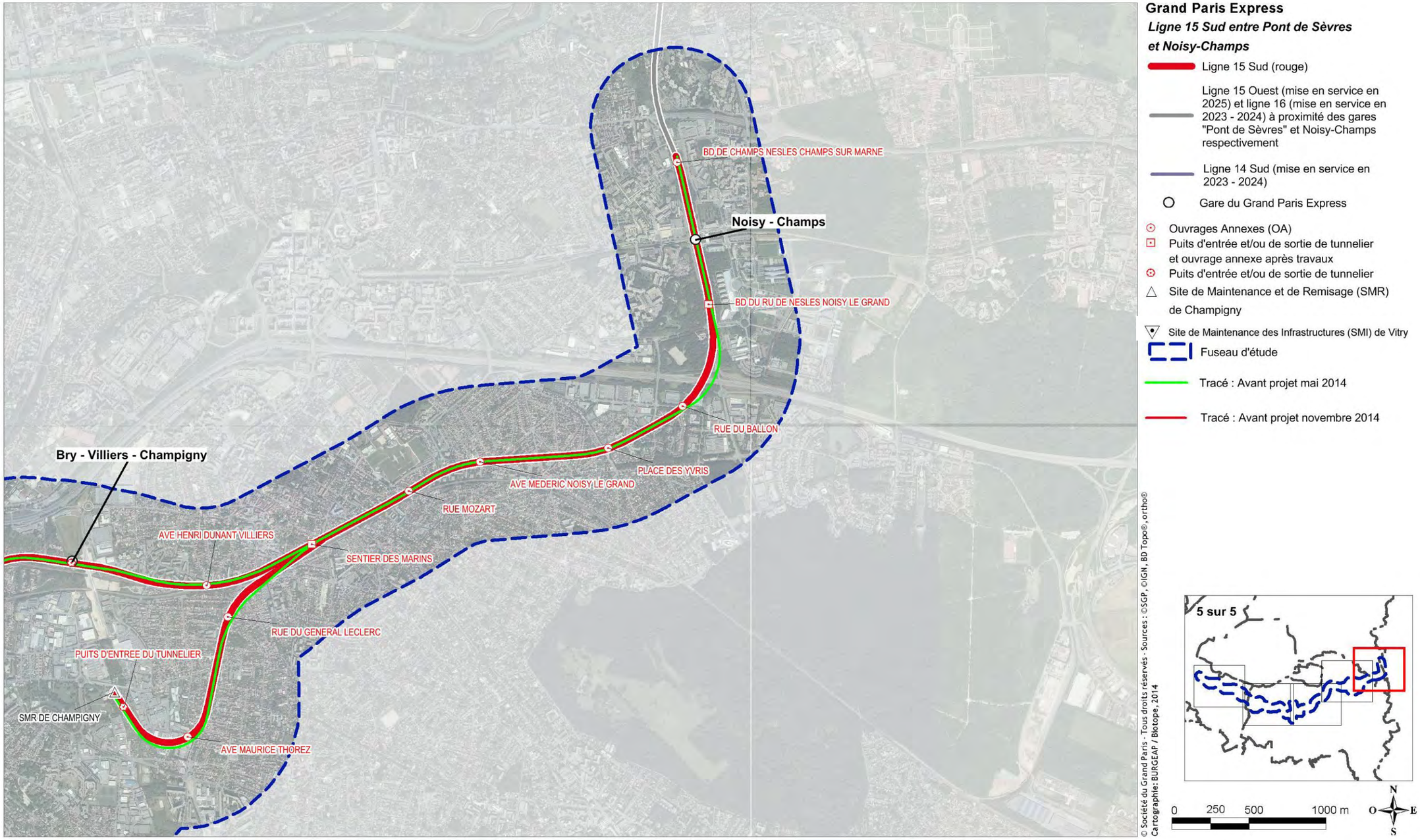
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023 - 2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et Noisy-Champs respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023 - 2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Tracé : Avant projet mai 2014
- Tracé : Avant projet novembre 2014

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo®, ortho®
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014



Variations de tracé au cours de la phase d'avant-projet (source : Société du Grand Paris) **– Section Bry Villiers Champigny – Noisy-Champs**



4.5.2 Variantes de localisation des gares

S'agissant des gares, le dossier présentait pour les gares différentes zones d'implantation des ouvrages. Des analyses multicritères ont permis de retenir les scénarios les plus pertinents. Suite à la déclaration d'utilité publique de la Ligne 15 Sud prise par décret en Conseil d'Etat le 24 décembre 2014, il n'est pas opportun de présenter à nouveau toutes ces premières variantes dans le cadre de cette étude d'impact. Un rappel est néanmoins présenté ci-après, avec l'exemple de la gare de Villejuif Louis Aragon.



Rappel - Extrait du dossier DUP Ligne 15 Sud (2013) – gare de Villejuif Louis Aragon

Comme indiqué en introduction, à ce stade du projet, les variantes étudiées sont plus restreintes, elles concernent en adaptation fine de la localisation de la gare ou de ses caractéristiques. Toutes les gares de la Ligne 15 Sud n'ont pas fait l'objet de nouveaux scénarios depuis la procédure de DUP.

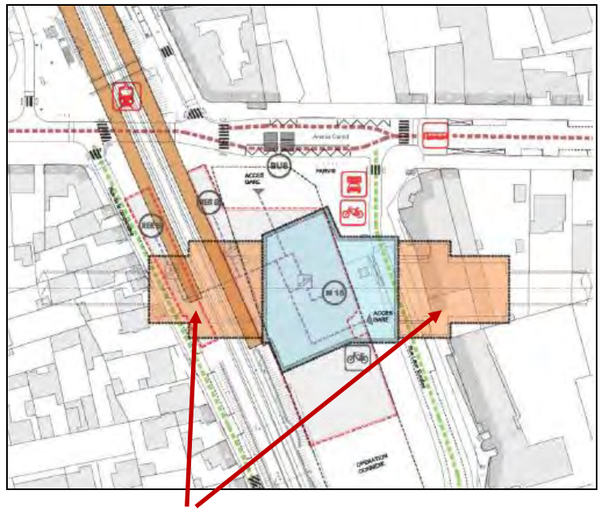
Les adaptations des gares ont porté sur différents critères :

- Choix de localisation des accès à la gare
- Forme des structures et adaptation des méthodes constructives
- Caractéristiques des ouvrages de correspondances avec les gares existantes
- Mise en œuvre d'un projet connexe
- Modification non substantielle de la localisation de la boite gare.

Le lecteur est invité à prendre connaissance de la rubrique 4.5 de la pièce B.2 du présent dossier.

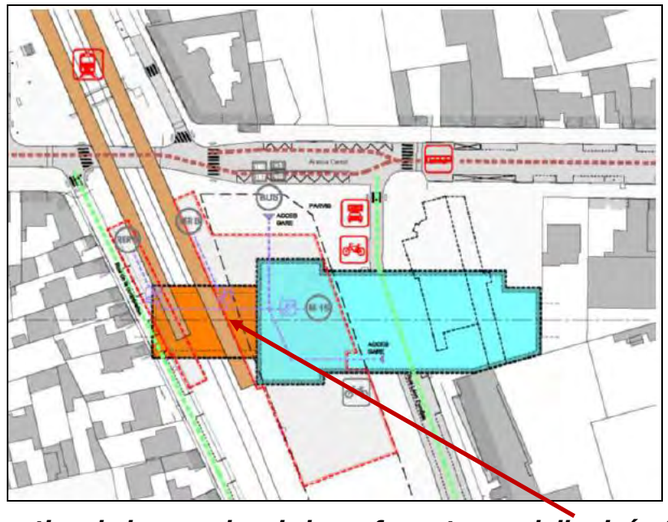
Exemple pour la gare d'Arcueil-Cachan :

Initialement, une partie de la boite était prévue en méthode traditionnelle, en souterrain.



Scénario : zones construites en souterrain (Source : Société du Grand Paris)

Les travaux prévoient dorénavant le recours à la méthode dite à ciel ouvert, l'ensemble de la gare sera construite depuis la surface.
Une partie sera construite sous une dalle ripée au niveau des voies ferrées existantes.



Scénario : construction de la gare depuis la surface et sous dalle ripée (Source : Société du Grand Paris)

4.5.3 Variantes de localisation des ouvrages annexes

Ces ouvrages situés en dehors des gares et des tunnels sont nécessaires à l'exploitation, et assurent une ou plusieurs des fonctions décrites ci-après.
Ces ouvrages peuvent avoir des conceptions variées et par exemple être composés d'un puits vertical relié au tunnel principal par un rameau de liaison ou bien d'un puits vertical centré sur le tunnel.

Pour définir les sites d'implantation des ouvrages annexes, plusieurs critères ont été pris en compte :

- La prise en compte des prescriptions de l'arrêté du 22 novembre 2005 relatif à la sécurité dans les tunnels des systèmes de transport public guidés urbains de personnes, qui prévoient notamment que la distance entre deux puits de sécurité ne peut être supérieure à 800 mètres.
- Les implantations sont à privilégier sur des parcelles publiques.
- Les grilles de ventilation doivent être situées à plus de 8 mètres de façades avec ouvertures.
- Les ouvrages de sécurité doivent pouvoir être facilement accessibles aux engins des secours.
- La distance entre l'ouvrage de sécurité et le tunnel est recherchée doit être minimisée pour réduire les coûts de construction des ouvrages.
- Des phases de négociation ont été mises en place avec les collectivités concernées sur le choix des sites à privilégier : éloignement des écoles, maintien des espaces verts et naturels, maintien des circulations en phase travaux…

4.5.4 Variantes des puits de départ de tunnelier

Du fait des nuisances potentielles liées à leur fonctionnement, les puits de départ des tunneliers représentent des ouvrages sensibles :

- Création d'une boite souterraine pour installer le tunnelier
- Apport de voussoirs pour la construction du tunnel
- Evacuation, tri, gestion et évacuation des déblais issus du creusement du tunnelier
- Un fonctionnement du tunnelier 24h/24. Sur ce point, il convient de préciser, que si le tunnelier fonctionne sur de longues périodes, il n'est pas prévu d'activités importantes chantier au niveau du puits de départ la nuit.

Le planning fixé par le Gouvernement pour la mise en service de la Ligne 15 Sud nécessite d'engager le creusement du tunnel à partir de plusieurs points. Les vitesses de creusement d'un tunnelier sont d'environ :

- De 10 à 12 mètres par jour dans des terrains de bonne qualité,
- De 8 à 10 mètres par jour dans des terrains sensibles.

Le plan d'organisation des tunneliers permet de s'assurer de l'avancement dans les délais du creusement du tunnel.

De plus, au-delà de 10 kilomètres de creusement, le tunnelier nécessite de lourdes opérations d'entretien, notamment le changement de la roue de coupe et des outils de coupe. Ces actions en souterrain sont difficiles, et longues. La rentabilité du tunnelier n'est pas assurée.

Le choix des sites d'implantation des puits de départ s'est appuyé sur plusieurs critères :

- Les implantations sont à privilégier sur des parcelles publiques.
- Les sites doivent permettre d'assurer une évacuation des déblais et l'apport de matériaux sans entrainer de nuisances trop fortes pour les riverains
- Les sites situés à proximité de la voie d'eau ou de lignes ferrées sont privilégié pour limiter le recours à la circulation de camions, dans le respect des orientations retenues par la Société du Grand Paris pour la gestion des déblais liés au projet.

A contrario, les puits de sortie de tunnelier ne représentent pas d'enjeu sensible. En fin de creusement, les tunneliers sont démontés en fond de boîte et évacués sur quelques camions.

Raisons ayant conduit au choix de localisation des puits de départ de tunnelier

Puits de départ de tunnelier	Ouvrage de sortie du tunnelier	Raisons ayant conduit au choix retenu
Ile de Monsieur	Gare de Fort d'Issy-Vanves Clamart	x Point de départ de la Ligne 15 Sud x Liaison directe avec la Seine pour l'évacuation x Habitations éloignées x Proximité d'axes routiers structurants x Evitement du bas du parc de Saint-Cloud
Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart	OA 1801P - Parc Robespierre	x Liaison directe avec la voie ferrée pour l'évacuation x Liaison possible par voie routière pour rejoindre les quais de Seine x Parcelle de l'ancienne gare de marchandises de Clamart adaptée pour un ouvrage de puits de départ
OA 1801P - Parc Robespierre	Gare de Villejuif Louis Aragon	x Proximité avec l'axe routier structurant RD 920 x Site non concerné par les futurs chantier de la ZAC Victor Hugo x Parcelle permettant d'éviter une emprise du chantier sur des parcelles privées supplémentaires
Gare des Ardoines	OA 1401P - Centre technique municipal	x Lancement du tunnelier dans l'emprise du chantier de la gare x Zone en reconversion avec habitations éloignées
OA 1302P - Friche Arrighi	OA 1103P - Stade F Desmont Gare de Villejuif Louis Aragon	x Liaison directe avec la Seine pour l'évacuation x Espace disponible pour un chantier d'évacuation des déblais x Habitations éloignées x Friche industrielle non utilisée
Gare de Bry-Villiers-Champigny	OA 1103P - Stade F. Desmont	x Entrée du tunnelier dans les emprises de chantier de la gare x Liaison possible avec la voie ferrée pour l'évacuation des déblais x Sortie du tunnelier dans un espace public, qui sera remis en état après travaux
Avant gare de Noisy-Champs	Gare de Bry-Villiers-Champigny	x Entrée du tunnelier dans les emprises de chantier de la gare x Liaison possible avec la voie ferrée pour l'évacuation des déblais x Sortie du tunnelier dans un espace public, qui sera remis en état après travaux

4.5.5 Variantes de localisation des sites de maintenance de la Ligne 15 Sud

Les sites de maintenance représentent des installations de type industriel d'envergure. Leur localisation nécessite la prise en compte de nombreux critères qui sont :

- Site à proximité de la 15 Sud, facile à raccorder à la ligne principale (raccordement pas trop long pour éviter les haut-le-pied/gagner en temps d'exploitation immobilisation du train) ;
- Possibilité de raccordement au réseau RFN pour le SMI ;
- Grandes surfaces difficiles à trouver dans des territoires urbanisés. Environ 5 ha pour un site de maintenance des infrastructures (SMI) et 8 ha pour un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) ;
- Géométrie particulière : sites allongés ;
- Bon accès viaire et routier (il faut que nos sites soient accessibles par des convois exceptionnels donc que les routes à proximité le permettent) ;
- Foncier maîtrisable dans la temporalité du projet.

Les sites de maintenance s'implantent dans des quartiers en reconversion, ils représentent des leviers d'un point de vue développement urbain par le traitement architectural qualitatif du projet mais aussi et surtout des leviers économiques par le nombre d'emplois créés dans des zones industrielles en désuétudes.

A ce stade d'avancement, les études techniques portent sur l'architecture des bâtiments, et les fonctionnalités industrielles à l'intérieur des sites de maintenance : localisation des ateliers, disposition des circulations des trains et du personnel, dimensionnement des locaux techniques et administratifs. Des perspectives paysagères sont présentées à titre indicatif dans la description détaillée des sites de maintenances du présent document.

Les variantes étudiées dans le cadre de la procédure de DUP en 2013 sont rappelées dans la pièce B2 de la présente étude d'impact. Le lecteur est invité à s'y référer pour retrouver les raisons ayant conduit aux choix retenus pour les deux sites de maintenance de la Ligne 15 Sud.

5. Analyse des impacts et mesures associées

5.1 Climatologie

5.1.1 Analyse/interprétation

Les impacts se définissent par rapport aux grandeurs mesurées par les stations météorologiques et rappelées ci-dessus.

Dans le cas présent, l'impact consisterait en une variation, à la hausse ou à la baisse de ces valeurs. Or, il est très difficile de relier un impact quel qu'il soit du projet sur ces grandeurs.

5.1.2 Conclusions

Le projet n'influe pas sur le climat francilien de façon perceptible, ni en phase chantier, ni en phase d'exploitation.

Aucun impact n'est identifié. Aucune mesure n'est nécessaire.

5.2 Foudre

5.2.1 Analyse/interprétation

Le risque de foudroiement et les conséquences d'un foudroiement sont étudiés pour des projets de ce type.

Dans le cas présent, l'analyse porte sur une évaluation de la probabilité de foudroiement des installations et des conséquences d'un tel foudroiement.

Le caractère souterrain du projet limite fortement la probabilité de foudroiement en restreignant les surfaces accessibles à la foudre aux émergences des ouvrages et aux ouvrages aériens.

De nombreuses émergences présentent une probabilité très faible de foudroiement pour les raisons suivantes :

- Elles sont intégrées à d'autres ouvrages ou bâtiments (cas de certaines gares),
- Elles sont environnées de bâtiments nettement plus hauts (cas de certaines gares),
- Elles sont situées au ras du sol (cas de nombreux ouvrages annexes).

Les seules émergences présentant une surface significative dans un environnement peu élevé sont les deux sites de maintenance, la gare de Noisy-Champs et la gare de Villejuif IGR.

En cas de foudroiement, le premier risque est l'arrêt du fonctionnement des installations électriques de l'ouvrage foudroyé et ses conséquences : arrêt de la ventilation, des appareils électriques de type escalators, etc.

Les bases chantier sont également concernées par ce risque. En effet, elles comportent toutes au moins un engin de grande hauteur (grue de taille variable, pelle mécanique) dont la flèche présente une hauteur comparable ou supérieure à celle du bâti voisin.

5.2.2 Conclusions

Le risque de foudroiement concerne avant tout le projet lui-même au travers du fonctionnement du chantier et de l'exploitation de la Ligne 15 Sud.

Le foudroiement de matériels de chantier est susceptible d'engendrer des perturbations dans le fonctionnement du chantier lui-même : le matériel foudroyé est arrêté, voire détruit.

Le foudroiement des parties aériennes des ouvrages en phase d'exploitation est susceptible d'engendrer des perturbations dans l'exploitation de la ligne : l'alimentation électrique totale ou partielle arrête le fonctionnement du métro et/ou de certains appareils.

Dans les deux cas, un risque d'incendie résultant du foudroiement existe, soit par atteinte de produits combustibles, soit par court-circuit électrique.

Les mesures consistent à prendre les dispositions nécessaires contre la foudre en intégrant aux ouvrages concernés et dans l'organisation du chantier les dispositifs anti foudre (paratonnerre, liaisons des installations électriques à la terre, disjoncteurs) et les moyens permettant de pallier l'arrêt de l'alimentation électrique.

La gestion du risque incendie relève de la réglementation en vigueur, soit au niveau du code du travail (phase chantier), soit au niveau de la réglementation des Etablissement Recevant du Public (exploitation). Elle est donc de fait intégrée à la conception du projet.

La construction des parties aériennes du projet ne modifie pas significativement le risque de foudre pour les bâtiments riverains de chaque émergence car cette émergence est en général de taille inférieure ou comparable au bâti existant, quand elle n'est pas intégrée à un bâtiment.

Dans quelques cas, le bâtiment de l'émergence ou abritant l'émergence est de taille supérieure au bâti voisin : dans ce cas, le risque de foudre des bâtiments voisins est potentiellement diminué. L'impact serait donc positif.

Les effets du projet en termes de risques de foudroiement concernant d'abord les éléments du projet lui-même, les mesures de gestion de ce risque sont intégrée à la conception du projet.

Les effets externes du projet sont très faibles, voire positifs dans certaines configurations.

Il n'est donc pas prévu de mesures spécifiques d'évitement, de réduction ou de compensation en dehors des mesures intégrées au projet.

Synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement concernant le risque de foudre – phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections – Ensemble de la ligne	Présence d'engins susceptible d'attirer la foudre (grues, pelles mécaniques)	*Impact direct* Immobilisation et/ou destruction de l'engin foudroyé *Impact indirect* Aucun	**Mesures d'évitement et de réduction** Mise en place de paratonnerre et de parafoudre sur les engins et matériels qui ne sont pas déjà équipés par les constructeurs **Mesures de compensation** Aucune **Mesures de suivi dans le temps** Aucune

Synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement concernant le risque de foudre – phase exploitation

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pas d'enjeux	*Pas d'impact*	**Mesures d'évitement** Pas de mesure **Mesures de réduction** Mise en place de paratonnerre et de parafoudre sur les bâtiments Présence de moyens électriques de secours **Mesures de suivi dans le temps** Aucun **Impacts résiduels** Aucun
Issy RER à Arcueil-Cachan	Pas d'enjeux	*Pas d'impact*	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Gare de Villejuif IGR présentant une grande toiture et situé en un point haut	*Impact direct* Arrêt du fonctionnement des installations électriques	
	Autres ouvrages de cette section : pas d'enjeu	*Pas d'impacts*	
Vitry Centre à Champigny Centre	SMI Vitry présentant une grande toiture et situé en zone de bâti peu élevé	*Impact direct* Arrêt du fonctionnement des installations électriques	
	Autres ouvrages de cette section : pas d'enjeu	*Pas d'impacts*	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Gare de Noisy-Champs et SMR Champigny présentant une grande toiture et situé en un point haut et en zone de bâti peu élevé	*Impact direct* Arrêt du fonctionnement des installations électriques	
	Autres ouvrages de cette section : pas d'enjeu	*Pas d'impacts*	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

5.3 Relief

5.3.1 Analyse/interprétation

Le profil en long est entièrement souterrain (voir la coupe géologique dans la partie géologie de l'état initial). Le tunnel lui-même n'a donc aucune incidence sur la topographie de la surface du sol. Il a été adapté pour permettre la réalisation de pentes maximales pour un métro souterrain, sans perte de performance.

De plus, la forte occupation du sous-sol ne permet pas une position du tunnel à moins de 15 m de la surface du sol actuelle.

Seules les émergences sont éventuellement concernées : implantées dans des zones déjà fortement urbanisées, les modifications topographiques restent à l'échelle des parcelles ou des groupes de parcelles d'implantation des ouvrages. Elles sont non significatives à l'échelle du quartier et à plus grande échelle (commune ou plus grand).

La phase chantier est également concernée avec les travaux de terrassement et le stockage de déblais dans les bases chantier. Dans le premier cas, seule l'emprise chantier, impactée par les travaux, voit sa topographie modifiée par les terrassements. Dans le second, l'impact est limité aux zones de stockage, soit des zones encore plus réduites.

En revanche, les déblais issus des excavations et exportés provoqueront des modifications de relief aux endroits où ils seront stockés ou utilisés. Ces modifications ont été ou seront prises en compte dans les procédures réglementaires des installations de stockage utilisées ou des projets concernés.

5.3.2 Conclusions

Pour le tunnel, l'impact sur la topographie est nul. Pour les émergences, l'impact sur la topographie est non significatif à l'échelle du quartier et à celle de la commune. Aucune mesure n'est envisagée. En phase chantier, l'impact est très faible à nul : les mesures consistent à diminuer le volume du stock de déblais par une gestion en flux tendu ou à la masquer par des aménagements de type palissade.

Synthèse des impacts du projet sur l'environnement concernant le relief

Sections	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau d'impact	Mesures associées
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pentes fortes dépassant localement 15% notamment entre les gares d'Arcueil-Cachan et Villejuif IGR	*Impact direct* Adaptation du tunnel et de la méthode constructive	*Evitement* Profil en long compatible aux pentes *Réduction* Adaptation du profil en long pour réduire la profondeur de l'ouvrage Mise en place de palissades masquant la perception du site *Suivi* Suivi des actions de gestions des terres en conformité du SDED *Impacts résiduels* 6,1 millions de m^3 de déblais à gérer (voir impacts du projet sur l'environnement concernant les déblais) Modification significative de la topographie des zones de stockage permanent utilisées, par le comblement des cavités (carrières) ou le stockage des déblais en buttes
Issy RER à Arcueil-Cachan			
Arcueil-Cachan à Vitry Centre			
Vitry Centre à Champigny Centre	Pas d'enjeu sur cette section	Pas d'impact sur cette section	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Pentes marquées : dénivelés compris entre 0 et 5%	*Impact direct* Adaptation du tunnel et de la méthode constructive	

5.4 Eaux superficielles - Gestion du risque inondation

5.4.1 Analyse/interprétation

Le contexte hydrographique de surface est contraignant au regard de l'insertion du projet dans certaines zones de débordement de la Seine : **une partie des ouvrages émergents du projet est obligatoirement implantée en zone inondable** pour des raisons liées aux obligations de desserte de certaines de ces zones en correspondance avec des gares existantes et aux obligations réglementaires sur la conception et le fonctionnement des tunnels.

Or, l'implantation d'ouvrages en zone inondable est réglementée pour préserver la sécurité des personnes et des biens :

- Par la réglementation sur l'eau (code de l'environnement),
- Par les Plans de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) : les zones inondables concernées sont toutes couvertes par un PPRI en vigueur.

Trois zones sont concernées par ces problématiques :

- La section comprise entre l'ouvrage annexe Ile de Monsieur et la gare d'Issy RER : la Seine est concernée,
- La section comprise entre l'ouvrage annexe du Centre Technique municipal (Vitry-sur- Seine) et celui du Stade François Desmond (Créteil) : la Seine est concernée,
- Le secteur de la boucle de la Marne entre l'ouvrage annexe Avenue Ceinture (Créteil) et la gare de Champigny Centre.

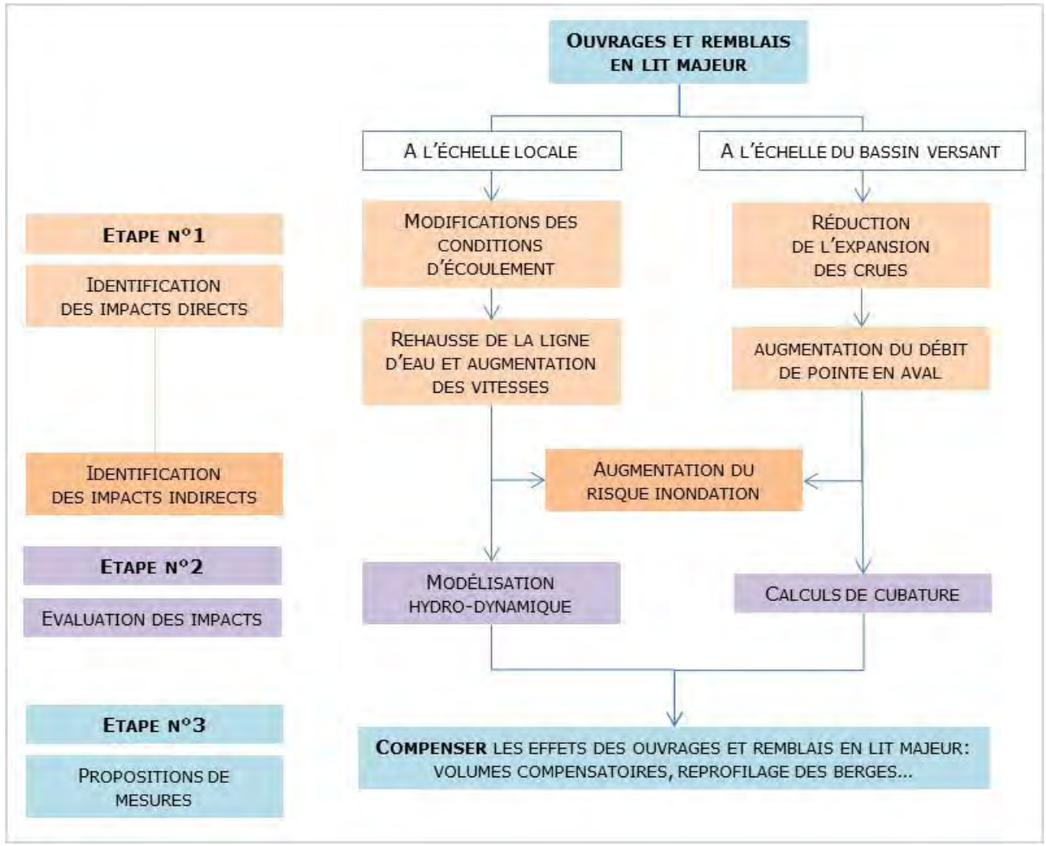
La stratégie mise en œuvre repose sur les objectifs suivants édictés par la réglementation :

- Objectif n°1 : protéger les biens et les personnes au droit du projet,
- Objectif n°2 : ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet.

La principale mesure de protection des personnes et des biens est la mise hors d'eau de l'ensemble de l'infrastructure jusqu'à la cote de crue centennale (celle de 1910), augmentée de 20 cm. La cote de crue dépend du bief de la Seine ou de la Marne concernée.

L'organigramme ci-contre présente les trois étapes réalisées afin de ne pas aggraver le risque inondation sur et aux environs du projet, à savoir :

1. Etape n°1 : identification des impacts directs et indirects. Pour les impacts directs, il s'agit des impacts à l'échelle locale du projet (modifications des conditions d'écoulement) et des impacts à l'échelle globale du bassin versant (augmentation du débit de pointe à l'aval) ;
2. Etape n°2 : évaluation des impacts. L'évaluation des impacts a été réalisée avec une modélisation hydraulique et un calcul de cubatures ;
3. Etape n°3 : propositions de mesures, afin de limiter au maximum les impacts du projet, telles que la compensation des volumes soustraits à la crue.



La mise en œuvre des travaux du projet et à terme de son exploitation est susceptible d'entrainer :

- Une modification des surfaces disponibles à la crues ainsi que des volumes de stockages des crues. La transparence hydraulique est potentiellement modifiée sur certains secteurs,
- Une pollution accidentelle ainsi que la mise en suspension de particule au sein des eaux de ruissellement,
- Une modification locale des écoulements et rejets d'eau pluviale, au niveau des gares créées et dans les zones les plus accidentées, où le ruissellement est le plus rapide.

Pour chaque ouvrage concerné, une analyse détaillée des impacts sur l'expansion de la crue et la circulation de l'eau a été réalisée.

Pour l'ensemble des ouvrages :

- Les dispositions d'organisation du chantier ne créent pas d'impact significatif sur les modalités locales d'écoulement de l'eau en période de crue,
- La disposition du terrain après travaux, en phase d'exploitation, permet de maintenir un volume disponible à la crue équivalent à l'existant et ne crée pas d'impact significatif sur les modalités locales d'écoulement de l'eau en période de crue.

Ces dispositions sont conformes aux prescriptions des PPRI concernés.

5.4.2 Conclusions

Des mesures générales de limitation des impacts ont été appliquées à tous les ouvrages en fonction des possibilités offertes par le contexte local et les fonctions attendues de chaque ouvrage.

La principale mesure d'évitement du risque inondation est d'**éviter de construire en zone inondable**.

Quatre gares de la Ligne 15 Sud sont toutefois situées en zone inondable : gare du pont de Sèvres à Boulogne-Billancourt, gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine et gare de Vert de Maisons à Alfortville, gare de Saint-Maur Créteil.

La principale mesure de réduction du risque inondation est de **réduire la vulnérabilité des futurs aménagements**. Pour ce faire, l'ensemble des émergences de l'infrastructure situées en zone inondable sera mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm.

En phase travaux, l'ensemble des puits seront mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm. Une paroi périphérique permettra ainsi de rehausser celles des puits. Cette mesure essentielle permettra d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers et dans le tunnel.

La **réduction de l'impact des aménagements sur les crues** a conduit à un important travail d'optimisation en phase de conception.

Pour les ouvrages autres que la gare de Pont de Sèvres et les OA de l'Ile de Monsieur et de la friche Arrighi, un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage.

Des mesures compensatoires ont été trouvées afin de compenser ces volumes soustraits, parmi les principales mesures :

- la démolition de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;
- le décaissement du terrain naturel ;
- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures ;
- la création de bassins enterrés dédiés à la compensation des crues.

Pour la gare de Pont de Sèvres et les OA de l'Ile de Monsieur et de la Friche Arrighi, ce bilan a également été réalisé en plus des éléments indiqués ci-dessous liés au fait que ces ouvrages se situent à la limite entre le lit mineur, zone d'écoulement « habituel » de la Seine (seul cours d'eau concerné), et le lit majeur, zone inondable en cas de débordement.

La partie aérienne de la gare de Pont de Sèvres a été entièrement reprise en reprofilant le quai projeté, l'objectif étant de réduire l'impact en lit mineur et en lit majeur.

En phase chantier, les bases vie seront installées sur pilotis au-dessus de la côte de crue centennale pour permettre la libre circulation des eaux.

Les sites de l'Ile de Monsieur et de la Friche Arrighi, sièges d'un puits d'attaque de tunnelier, feront l'objet d'aménagements particuliers en phase chantier : **ils vont servir de plateforme portuaire** pour l'évacuation des déblais produits et pour l'approvisionnement des tunneliers concernés.

Ces plateformes seront mises en œuvre sur les mêmes principes :

- préparation des postes d'amarrage : sur ces deux sites les postes d'amarrage existent mais n'ont pas été utilisés depuis longtemps. La qualité des poteaux d'amarrage (ou Ducs d'Albe) sera vérifiée et les poteaux défectueux remplacés,
- la profondeur au droit des postes d'amarrage sera également vérifiée en fonction des barges qui seront utilisées. En cas d'insuffisance, un dragage local pourra être mis en œuvre au démarrage du chantier et pendant la période d'utilisation,
- le quai actuel de la Seine ne sera pas modifié : les installations de chargement et de déchargement des barges seront implantées en arrière du quai.

Les images ci-dessous présentent le travail d'optimisation de la forme extérieure de la gare de Pont de Sèvres en vue de limiter les impacts sur l'écoulement de la Seine :

- le niveau supérieur a été abaissé côté Seine pour limiter le volume pris à la crue,
- la forme de la paroi du quai a été retravaillée pour « arrondir les angles » et limiter les perturbations sur les écoulements.



Vue en perspective de la berge sur Pont de Sèvres – passerelle hors projet (source : Société du Grand Paris)

La synthèse est présentée ci-dessous successivement sous trois formes :

- un tableau reprenant les sections générales et présentant l'approche générale,
- deux tableaux présentant la synthèse par ouvrage des impacts sur les conditions d'écoulement, l'un en phase chantier, l'autre en phase exploitation,
- un tableau présentant la synthèse par ouvrage des volumes pris à la crue et compensés.

Impacts et mesures d'accompagnement – Eaux superficielles et gestion du risque inondation

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur compris entre l'Ile de Monsieur et la gare d'Issy RER	OA Ile de Monsieur : inscrit en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine Impact significatif en phase chantier - Impact résiduel faible en phase d'exploitation	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Respect des préconisations réglementaires du PPRI Mise en place d'un Plan de Secours en cas de crue de la Seine ou de la Marne **Mesures de suivi** Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de dispositifs étanches d'obturation en cas d'implantation des ouvrages sous les côtes d'inondation sur le secteur de Pont de Sèvres Inondabilité des excavations au niveau de Vitry et de la boucle de la Marne **Mesures de compensation** Restitution des volumes pris à la crue dans les zones d'expansion Restitution des surfaces prises à la crue dans les zones d'expansion (par tranches altimétriques) **Mesures de suivi** Un suivi des niveaux de Seine permettant de définir les phénomènes de Crue apparaissant
		Gare de Pont de Sèvres : inscrite en zone rouge (zone A) du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine Impact significatif en phase chantier – Impact significatif en phase d'exploitation.	
		OA ZAC ZAEM : impact potentiellement modéré à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière en phase travaux (stockage de déblais en zone inondable)	
		OA Place de la Résistance : impact résiduel faible en phase exploitation à l'échelle du lit majeur de la Seine	
	Le lit mineur est impacté par le projet entre l'Ile de Monsieur et la gare de Pont de Sèvre en phase chantier	OA Ile de Monsieur : mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine - régénération des poteaux d'amarrage et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage Impact faible en phase exploitation	
		Gare de Pont de Sèvres : la gare est construite en partie dans le lit mineur de la Seine. Pour la construction de la gare, une estacade au-dessus de la Seine est prévue pour supporter une voie de déviation du trafic routier Impact modéré en phase exploitation	
Vitry Centre à Champigny Centre	Fuseau d'étude inscrit en zones réglementées du PPRI dans le secteur de Vitry-sur-Seine, Alfortville, Créteil, Saint-Maur-des Fossés et Champigny-sur-Marne	OA Centre Technique Municipal : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation Gare Les Ardoines : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Rue Gabriel Péri : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation SMI Vitry : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Friche Arrighi : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Rue de Rome : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation Gare de Vert de Maisons : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Université Créteil : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
		OA Créteil L'Echat : en zone Bleu PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Rue du Port : en zone Violet PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation OA Impasse Abbaye : en zone Orange PPRI – Impact faible en phase chantier – Impact résiduel faible en phase exploitation Impact potentiellement modéré en phase travaux à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière (stockage de déblais en zone inondable)	
		Gare des Agnettes et des Grésillons Impact potentiellement modéré en phase exploitation à l'échelle de la parcelle ou de l'unité foncière	
	Le lit mineur est impacté par le projet au niveau de la Friche Arrighi en phase chantier.	OA Friche Arrighi : Mise en œuvre d'installations portuaires sur la Seine : régénération des Ducs d'Albe et dragages pour assurer la navigabilité de la Seine au droit de l'ouvrage. Impact faible en phase exploitation	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

Synthèse des impacts sur les conditions d'écoulement en phase chantier

Le tableau ci-dessous présente **la synthèse**, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, **des impacts attendus EN PHASE CHANTIER pour une crue centennale**. Les impacts les plus sensibles se situent en amont direct de l'estacade qui sera installée pendant la durée du chantier au droit de la gare de Pont de Sèvres. Il s'agit d'un impact faible, qui se traduit par un rehaussement de la ligne d'eau maximum de 1,2 cm. Les vitesses sont très localement en impact modéré en lit mineur et en lit majeur au droit de la gare de Pont de Sèvres et de l'ouvrage annexe Ile de Monsieur. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés à proximité directe des deux ouvrages annexes en Marne : OA rue du Port de Créteil et OA impasse Abbaye.

Ouvrage	Conditions d'écoulements en lit mineur		Conditions d'écoulements en lit majeur	
	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)
OA Ile de Monsieur	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,18*
Gare du Pont de Sèvres	+ 0,03	+ 0,23	+ 0,03	+ 0,14*
OA ZAC SAEM	+ 0,012	< 0,1	+ 0,01	< 0,05
OA Place de la résistance	+ 0,01	< 0,1	+ 0,01	< 0,05
OA Centre technique municipal	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare des Ardoines	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Rue Gabriel Péri	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
SMI de Vitry-sur-Seine	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,025	+ 0,08
OA Friche Arrighi	< 0,01	< 0,1	< 0,01	< 0,05
OA Rue de Rome	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Vert de Maisons	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Université de Créteil	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Créteil L'Echat	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Rue du Port de Créteil	< 0,01	< 0,1	< 0,01	+ 0,15
OA impasse Abbaye	< 0,01	< 0,1	+ 0,015	+ 0,12

(*) maximum pour la crue cinquantennale

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Synthèse des impacts sur les conditions d'écoulement en phase exploitation

Le tableau ci-dessous présente **la synthèse**, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, **des impacts attendus EN PHASE EXPLOITATION pour une crue centennale**. Aucun impact significatif n'est mesuré en lit mineur sur l'ensemble des ouvrages. Des impacts très localisés, faibles à modérés, sont identifiés en lit majeur à proximité directe des gares Pont de Sèvres et des Ardoines, du SMI ainsi que deux ouvrages annexes, l'OA Ile de Monsieur et l'OA Place de la Résistance.

Ouvrage	Conditions d'écoulements en lit mineur		Conditions d'écoulements en lit majeur	
	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)	Variation de niveau d'eau (en m)	Variation de vitesse (en m/s)
OA Ile de Monsieur	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,16*
Gare du Pont de Sèvres	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,18
OA ZAC SAEM	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
OA Place de la résistance	< 0,01	< 0,10	< 0,01	+ 0,09
OA Centre technique municipal	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare des Ardoines	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,015	+ 0,07
OA Rue Gabriel Péri	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
SMI de Vitry-sur-Seine	hors lit mineur	hors lit mineur	+ 0,025	+ 0,09
OA Friche Arrighi	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
OA Rue de Rome	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Vert de Maisons	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Université de Créteil	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
Gare de Créteil L'Echat	hors lit mineur	hors lit mineur	< 0,01	< 0,05
OA Rue du Port Créteil	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05
OA impasse Abbaye	< 0,01	< 0,10	< 0,01	< 0,05

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

Synthèse des impacts et mesures de compensation sur les conditions d'expansion de la crue (volumes pris à la crue)

Le tableau ci-dessous présente la synthèse, au droit de chaque ouvrage concerné (gares, ouvrages annexes, SMI) en lit majeur de la Seine et de la Marne, les volumes soustraits à la crue et les compensations prises pour limiter ces impacts. L'ensemble des volumes soustraits est compensé à l'échelle de chaque ouvrage, à l'exception de deux groupes d'ouvrages : 1/ OA Ile de Monsieur et gare de Pont de Sèvres puis 2/ OA Centre Technique Municipal, OA rue Gabriel Péri, gare des Ardoines et SMI. Ces groupes sont cohérents hydrauliquement car ils sont constitués d'ouvrages à proximité.

Ouvrage	Expansion de la crue			
	Volumes soustraits	Volumes compensés	Type de compensation	Bilan
OA Ile de Monsieur	1 640 m³	+ 1 730 m³	Décaissé du terrain Optimisation de la géométrie de la gare	0 m³
Gare du Pont de Sèvres	90 m³	0 m³		
OA ZAC SAEM	50 m³	+ 65 m³	Décaissé du terrain	+ 15 m³
OA Place de la résistance	155 m³	+ 190 m³	Décaissé du terrain	+ 35 m³
Gare d'Issy RER	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA Centre technique municipal	10 615 m³	+ 19 714 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+0m³ (9099m3 pour le SMI)
Gare des Ardoines				
OA Rue Gabriel Peri				
SMI de Vitry-sur-Seine	7 985 m³	+ démolitions Ardoines 9 099 m³	Création d'un vide sous le bâtiment	+ 1 114 m³
OA Friche Arrighi	0 m³	+ 0 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 60 m³
OA Rue de Rome	425 m³	+ 510 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants	+ 85 m³
Gare de Vert de Maisons	7 445 m³	+ 5 355 m³ + 2 090 m³	Volume libéré par destruction de bâtis existants (70%) Volume de compensation en parking enterré (30%)	0 m³
OA Université de Créteil	230 m³	230 m³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m³
Gare de Créteil L'Echat	1 930 m³	1 930 m³	Volume de compensation en parking enterré	0 m³
OA Stade F. Desmond	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA Avenue Ceinture	Ouvrage non concerné par la crue centennale			
OA Rue du Port Créteil	205 m³	205 m³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m³
Gare de Saint-Maur Créteil				
OA impasse Abbaye	195 m³	195 m³	Création d'un bassin de stockage dédié à la compensation	0 m³
Gare de Champigny Centre	Ouvrage non concerné par la crue centennale			

(*) maxima pour la crue T=50 ans

Impact non significatif	Impact faible	Impact modéré	Impact fort

5.5 Hydrographie et gestion des eaux pluviales

5.5.1 Analyse/interprétation

Le contexte hydrographique (cours d'eau) et topographique (relief), combiné à la très forte urbanisation du territoire concerné par la Ligne 15 Sud rend complexe la gestion des écoulements superficiels des eaux ruisselées :

- Les possibilités d'infiltration des eaux de pluie sont réduites par l'imperméabilisation des sols, ce qui augmente les volumes ruisselés,

- Les fortes pentes locales (en particulier à Issy-les-Moulineaux, Arcueil, Cachan, Villejuif et Vitry-sur-Seine) augmentent les vitesses d'écoulement, ce qui crée des désordres en bas des zones à forte pente,

- Les réseaux de gestion des eaux pluviales existant présentent de nombreuses insuffisances.

La réglementation sur l'eau en vigueur (code de l'environnement, règlement des documents d'urbanisme) et les prescriptions des gestionnaires de réseaux de collecte des eaux pluviales ont pour objectif de limiter les effets néfastes dus aux ruissellements.

Elles imposent une gestion adaptée des eaux pluviales sur l'ensemble du territoire traversé par la Ligne 15 Sud.

Les eaux pluviales concernant la surface du sol, seules les émergences des ouvrages de la Ligne 15 Sud sont concernées. Le projet de Ligne 15 Sud est particulier pour la thématique des eaux pluviales : il est constitué d'une suite de 56 sites d'émergences des ouvrages (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance) indépendants les uns des autres, car suffisamment éloignés les uns des autres pour que la gestion des eaux pluviales soit indépendante.

5.5.2 Conclusions

Une stratégie globale, applicable à tous les ouvrages mais adaptée à chaque situation, a été définie pour la gestion des eaux pluviales. Cette stratégie est déclinée pour la phase chantier et pour la phase exploitation.

Cette stratégie est également déclinée en gestion des débits ruisselés et gestion de la qualité des eaux ruisselées.

En termes de rejets, le réseau local de chaque site est l'exutoire systématique pour les raisons suivantes :

- L'urbanisation du territoire conduit à la présence systématique de ce type de réseau dans l'emprise chantier ou à proximité immédiate,

- A quelques exceptions près, les émergences ne sont pas situées à proximité de cours d'eau, ce qui rend ce type de rejet inopérant,

- L'infiltration des eaux pluviales est très difficile :

    - Les sols sont déjà très imperméabilisés, donc peu favorables à l'infiltration,

    - Le sous-sol est également défavorable car :

        - Les deux à trois premiers mètres sont occupés par des remblais de qualité incertaine sur la quasi-totalité du linéaire de la Ligne 15 Sud,

        - Les risques géologiques découlant de la circulation des eaux souterraines sont fortement présents : gypse, anciennes carrières.

5.5.2.1 Stratégie en phase chantier

Quel que soit l'ouvrage, l'emprise chantier est la surface la plus grande modifiée par le projet : les travaux nécessitent une surface supérieure à celle de l'ouvrage émergent définitif.

Quel que soit l'occupation du sol actuelle de cette surface, les travaux engendrent sa transformation en une surface de sols tassés et une surface de voirie permettant des circulations.

En termes de débits, cette transformation n'engendre pas toujours une aggravation des débits ruisselés, en particulier lorsque l'état initial est fortement imperméabilisé.

Cependant, **en termes de qualité**, les eaux de ruissellement de chantier sont très chargées et ne peuvent être rejetées directement. Un traitement doit être mis en place systématiquement. Il sera basé sur la décantation. **Une obligation de résultat est imposée au traitement** : abattement de 85 % du taux de matières en suspension et 100 mg/l de concentration maximale en matières en suspension. Les études ultérieures définiront précisément la filière de traitement la plus adaptée en fonction des contraintes locales.

Par ailleurs, le chantier est le lieu d'activités (entretien réparation de matériels) et de stockage de produits susceptibles de polluer les eaux de ruissellement.

Ces éléments, combinés aux exigences des gestionnaires de réseaux, conduisent donc :

- systématiquement à une collecte des eaux de ruissellement par un ouvrage stockeur connecté à un traitement des eaux rejetées connecté au réseau avec un débit imposé par le gestionnaire de réseau ;

- à une régulation, lorsque elle est nécessaire par un ouvrage de rétention de volume adapté ayant un débit de fuite imposé par le gestionnaire du réseau récepteur, et un ouvrage de traitement permettant de décanter suffisamment les eaux.

5.5.2.2 Stratégie en phase exploitation

L'emprise chantier est divisée en deux parties :

- Les espaces publics restitués à l'identiques : il s'agit principalement de voiries temporairement fermées ou déviées ou d'espaces verts,

- Les ouvrages définitifs de la Ligne 15 Sud :

    - Pour les ouvrages annexes, la surface occupée est réduite à quelques centaines de mètres carrés occupés par des grilles et des trappes,

    - Pour les gares, cette surface représente celle du bâtiment de la gare ou de celui où est intégrée la gare,

    - Pour les sites de maintenance, la surface définitive est identique à celle de l'emprise chantier : ces ouvrages nécessitent des surfaces de voirie significatives en plus de celles des bâtiments, qui permettent de confiner le chantier dans l'emprise définitive.

Pour les espaces publics restitués, la gestion des eaux pluviales est identique à celle existant avant les travaux.

Pour les surfaces liées aux ouvrages définitifs :

- Les surfaces imperméabilisées liées aux ouvrages annexes étant très faibles, aucune gestion spécifique des eaux pluviales n'est mise en œuvre :
    - Pour les ouvrages annexes intégrés à un espace vert, les eaux de ruissellement sont infiltrées dans l'espace vert en limite de chaque zone imperméabilisée,
    - Pour les ouvrages annexes intégrés à un espace imperméabilisé, les eaux de ruissellement sont rejetées au réseau comme celles de l'espace environnant.
- Pour les gares :
    - Des gares font l'objet d'une gestion séparée :
        - Les eaux de toiture sont collectées et régulées dans un circuit spécifique comprenant une cuve de régulation interne à la gare, ces eaux pouvant ainsi être récupérées en usage alternatif à l'eau potable,
        - Les eaux des espaces extérieurs (parvis), quand ils existent, sont collectées et rejetées au réseau après régulation.
    - Pour quelques gares, la gestion est générale, les eaux de toiture étant mélangées aux eaux des espaces extérieurs.
        - **A trois exceptions près**, les gares de Villejuif IGR, Bry-Villiers-Champigny et Noisy-Champs où le projet conduit à une forte augmentation de la surface imperméabilisée par rapport à la situation initiale, le projet **réduit les débits ruisselés par rapport à la situation initiale, la collecte à part des eaux de toiture renforçant cet effet positif**.
- Pour les sites de maintenance : la surface de l'emprise définitive étant importante (plusieurs hectares à chaque fois), une gestion spécifique est mise en œuvre :
    - Pour le SMR de Champigny, l'infiltration et la toiture végétalisée seront mise en œuvre car la configuration des lieux le permet. Cependant, l'infiltration ne pourra être qu'un appoint car les sols sont défavorables (forte teneur en argile). Les eaux des surfaces de voiries sont collectées, traitées et régulées avant rejet au réseau.
    - Pour le SMI de Vitry, le taux d'imperméabilisation du projet est nettement plus fort et les toitures ne se prêtent pas à la végétalisation. Une gestion plus classique est mise en œuvre avec régulation et traitement avant rejet au réseau.

En termes de qualité, les eaux de ruissellement de phase d'exploitation, à l'exception des eaux de voirie des sites de maintenance, sont nettement moins chargées que les eaux de chantier, en particulier parce que ce sont des eaux de surfaces piétonnes ou de toiture. Le traitement de ces eaux n'est mis en œuvre que pour les surfaces importantes : il est associé aux ouvrages de régulation sous forme de regards aménagés pour retenir les flottants et faire une décantation.

Cette stratégie conduit à aucun rejet en milieu naturel à l'exception d'une infiltration marginale au niveau des ouvrages annexes.

L'application de cette stratégie à l'ensemble des ouvrages de la Ligne 15 Sud est résumée dans les tableaux ci-dessous qui indiquent la surface prise en compte, les volumes de rétention en phase chantier et en phase exploitation, avec le débit de fuite utilisé et si les eaux pluviales doivent être traitées ou non.

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Surface définitive OA dont émergences et trappes techniques	Débit de fuite	Volume de rétention phase chantier	Volume de rétention phase exploitation	Traitement des eaux pluviales	
	m²	m²	l/s/ha	m³	m³	Phase chantier	Phase exploitation
OUVRAGES ANNEXES							
2203P ZAC SAEM	3300	1140	1	104	0	Oui	Non
2201P PLACE DE LA RÉSISTANCE	3223	1327	1	100	0	Oui	Non
2101P PARC HENRI BARBUSSE	4370	680	1	13	8	Oui	Non
2002P SQUARE MALLERET JOINVILLE	1300	550	1	24	0	Oui	Non
2001P FORT DE VANVES/J. MERMOZ	2370	604.5	1	62	0	Oui	Non
1902P CIMETIÈRE PARISIEN	1700	590	1	37	0	Oui	Non
1901P PIERRE-PLATE	1600	350	1	35	0	Oui	Non
1801P PARC ROBESPIERRE	7600	820	2	310	0	Oui	Non
1702P SQUARE GENERAL DE GAULLE	1700	370	1	37	0	Oui	Non
1701P JARDIN PANORAMIQUE	1765	550	1	39	0	Oui	Non
1601P RUE JULES JOFFRIN	1700	914	1	1	8	Oui	Non
1501P RUE DU GENIE	1535	491	1	31	0	Oui	Non
1402P RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY	2270	491	5	53	0	Oui	Non
1401P CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL	7530	1730	5	202	0	Oui	Non
1404P RUE GABRIEL PERI	1670	105	1	36	0	Oui	Non
1301P RUE DE ROME	1690	505	1	36	0	Oui	Non
1201P UNIVERSITE CRETEIL	2115	550	5	51	0	Oui	Non
1102P AVE CEINTURE	1866	288	1	42	0	Oui	Non
1101P RUE DU PORT CRETEIL	1703	491	1	37	0	Oui	Non
1003P IMPASSE ABBAYE	1455	700	1	29	0	Oui	Non
1002P AVE CHARLES FLOQUET	1536	345	1	31	0	Oui	Non
1001P AV ROGER SALENGRO CHAMPIGNY	16120	5100	5	465	0	Oui	Non
0902P RP DU COLONEL GRANCEY	1290	788	1	24	2	Oui	Non
0901P CLOS DU PRE DE L'ETANG	1830	280	1	41	0	Oui	Non
0811P AVE MAURICE THOREZ	2204	990	5	51	0	Oui	Non

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Surface définitive OA dont émergences et trappes techniques	Débit de fuite	Volume de rétention phase chantier	Volume de rétention phase exploitation	Traitement des eaux pluviales	
	m²	m²	l/s/ha	m³	m³	Phase chantier	Phase exploitation
0810P RUE DU GENERAL LECLERC	1900	105	1	45	0	Oui	Non
0808P AVE HENRI DUNANT VILLIERS	1570	145	1	33	0	Oui	Non
0807P SENTIER DES MARINS	5415	2193	5	141	0	Oui	Non
0806P RUE MOZART	1001	366	1	16	0	Oui	Non
0805P AVE MEDERIC NOISY LE GRAND	2280	410	5	52	0	Oui	Non
0804P PLACE DES YVRIS	3280	815	5	78	19 m3 si recouvrement imperméable de l'OA 5 m3 si recouvrement enherbé	Oui	Non
0803P RUE DU BALLON	1515	105	1	40	1 m3 si recouvrement imperméable de l'OA	Oui	Non
0802P BD DU RU DE NESLES NOISY LE GRAND	Ouvrages intégrés dans les emprises de la gare de Noisy-Champs						
0801P BD DE CHAMPS NESLES CHAMPS SUR MARNE							

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Débit de fuite en l/s/ha	Volume de rétention phase chantier en m3	Volume de rétention exploitation en m3	Traitement	
					Chantier	Exploitation
OUVRAGES ANNEXES – PUITS D'ATTAQUE TUNNELIER						
Ile Monsieur	5800	2	277	0	oui	Non
Friche Arrighi	43000	1	539	0	oui	Non
Stade F. Desmond	2800	5	0	0	oui	Non
Puits Tunnelier SMR	37500	5	117	0	oui	Non
GARES						
Pont de Sèvres	25300	2	13	33	oui	oui
Issy RER	10200	2	0	6	oui	oui
Fort d'Issy/Vanves/Clamart	2960	2	15	21	oui	oui
	15570	2	171	137	oui	oui

Nom ouvrage	Surface totale emprise chantier	Débit de fuite en l/s/ha	Volume de rétention phase chantier en m3	Volume de rétention exploitation en m3	Traitement	
					Chantier	Exploitation
Châtillon-Montrouge	9400	2	0	31	oui	oui
Bagneux	12900	2	0	31	oui	oui
Arcueil-Cachan	13640	2	0	13	oui	oui
Villejuif IGR	25640	5	82	192	oui	oui
Villejuif Louis Aragon	4000	8	1	6	oui	oui
Vitry Centre	21300	10	35	192	oui	oui
Les Ardoines	14000	10	0	230	oui	oui
Le Vert de Maisons	6500	10	7130	93	oui	oui
Créteil l'Echat	15800	5	0	73	oui	oui
Saint-Maur-Créteil	8600	5	0	26	oui	oui
		10	0	26	oui	oui
Champigny Centre	12400	10	0	137	oui	oui
Bry-Villiers-Champigny	41300	5	130	388	oui	oui
Noisy-Champs	101900	5	320	344	oui	oui
SITES DE MAINTENANCE						
SMR de Champigny	118000	5	1880	1495	oui	oui
SMI de Vitry-sur-Seine	41000	10	3760	4120	oui	oui

0* : signifie qu'un traitement par regards à cloison siphoïde est mis en place, traitement qui ne nécessite pas de surface

5.6 Géologie et risques géologiques

5.6.1 Présence de carrières

5.6.1.1 Analyse/interprétation

Le meilleur moyen de supprimer les risques liés à la présence de carrières est de les contourner ou de s'en éloigner au maximum. La Société du Grand Paris a appliqué ce principe sur l'ensemble du tracé lorsque cela était compatible avec les objectifs de desserte du projet.

De façon générale, le tracé en plan du projet cherche autant que possible à éviter la traversée de zones de carrières en s'en éloignant au maximum (démarche identique pour les carrières souterraines et les carrières à ciel ouvert).

Lorsque la zone de carrière n'a pu être évitée :

- Pour les carrières à ciel ouvert remblayées (secteur de Vitry et de Créteil), le profil en long du tunnel est adapté afin que l'épaisseur de terrain au-dessus de la voûte du tunnel soit suffisante pour que les tassements soient non significatifs pour le bâti sus-jacent. En cas de remblaiement très médiocre de la carrière à ciel ouvert, des traitements de terrains peuvent être mis en place. Les études à venir permettront d'identifier et de caractériser ces remblais afin d'adapter au mieux le passage du tunnelier dans ces zones.

- Pour les carrières souterraines (secteur de Clamart à Arcueil principalement), le profil en long du tunnel est ajusté afin que la distance entre la voûte du tunnel et la base des carrières ou la base du tunnel et le toit des carrières soit suffisante afin de préserver l'intégrité des carrières. Cette distance sera ajustée selon la nature du terrain, afin de conserver une épaisseur suffisante de « bon » terrain au-dessus ou au-dessous du tunnel. Les hypothèses prises en compte en études préliminaires seront à confirmer dans les études à venir qui permettront d'affiner l'identification et la caractérisation des terrains situés en dessous ou au-dessus des carrières afin de définir la bonne distance à retenir entre le projet et les carrières.

  Si la carrière s'avérait en trop mauvais état ou si la distance entre la voûte et la base de la carrière était trop faible, des traitements pourront être mis en place, afin que la stabilité d'ensemble du massif soit préservée.

5.6.1.2 Mesures en phase études

- **Investigations des anciennes carrières avant le chantier** (bibliographie, visites, inspections, sondages, essais, mesures in situ) afin de reconnaître leurs limites, leurs épaisseurs, la nature des remblais de comblement et de définir l'état de la carrière. Ces investigations ont pour objet de caractériser le massif et ainsi définir les zones et les volumes à traiter, ainsi que le type de traitement à mettre en place.

- **Utilisation des résultats des études d'interférométrie radar** qui permettent de détecter les mouvements de surface pouvant ainsi être le reflet de mouvements des carrières instables. L'utilisation de cette méthode permettra de cibler les reconnaissances de terrain de façon optimale.

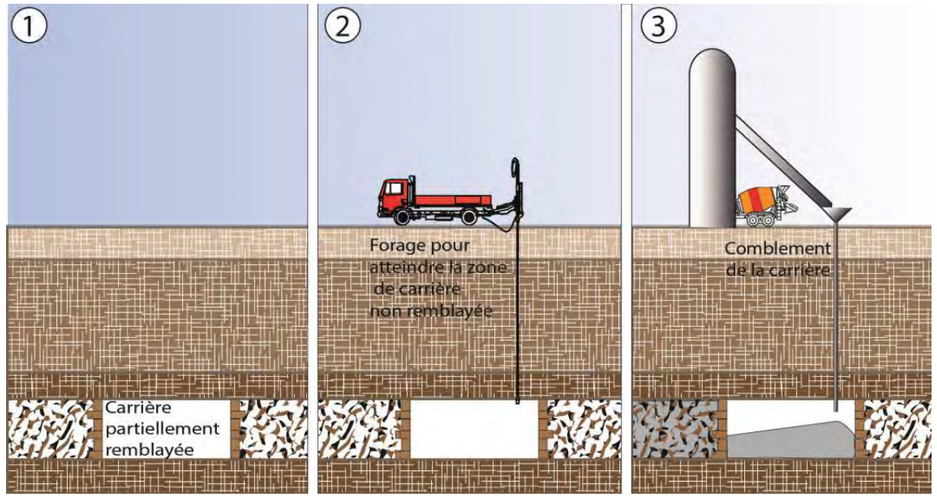
5.6.1.3 Mesures en phase travaux, pour les zones où les études ont montré la nécessité d'un traitement des carrières

Pour la section courante se situant en zone de carrières *:* des injections ou comblements des carrières (à ciel ouvert ou souterraines) nécessitant un confortement pourront être mis en place.

Plusieurs techniques sont possibles ; le traitement retenu dépendra de différents paramètres dont la distance entre la carrière et le tunnel, le mode de stabilisation préexistant de la carrière, l'état de la carrière, la densité du bâti en surface, la nature des terrains, etc. ...

Deux grandes techniques existent :

- **Injection** depuis la surface ou une galerie réalisée spécifiquement pour ces travaux grâce à des forages afin de combler les carrières avant la réalisation du tunnel par injection d'un produit de remplissage ;



Principe d'injection d'une ancienne carrière souterraine

- **Comblement à pied d'œuvre** : réalisation du comblement depuis les galeries des carrières, mise en place de murs masques et remplissage par mortier à l'arrière.

Dans le cas de carrières situées à proximité ou dans l'emprise d'une fouille (tranchée, gare, puits…) et présentant des extensions sous des parcelles mitoyennes *:* Les études à venir détermineront l'extension du périmètre à traiter, ainsi que, comme pour la section courante, le volume et le type de traitement à mettre en place.

- **Mise en œuvre d'une méthode d'observation**

  - **Etude de vulnérabilité du bâti** dans les sections les plus contraignantes (exemple de Clamart en raison de la présence identifiée de carrières souterraines) : elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier. Cette étude permettra de confirmer les méthodes constructives à retenir. Elle interviendra en accompagnement des phases d'études d'avant-projet et de projet.

  - **Mise en place de l'auscultation de surface** *:* cette auscultation dans les zones reconnues comme sensibles aux tassements sera mise en place en amont de la phase

de chantier (environ une année avant le début des travaux de génie civil), afin de mesurer la respiration naturelle du bâti et des ouvrages, et sera maintenue en phase travaux. Les déplacements enregistrés seront alors comparés aux estimations des phases études (estimations faites par un logiciel de modélisation aux éléments finis). Dans le cas de dépassement des valeurs seuils, les méthodes constructives seront immédiatement adaptées.

En cas d'incident particulier constaté au cours des travaux, ces derniers seront arrêtés et les investigations nécessaires seront menées.

Un exemple de carte et de tableau d'analyse est présenté ci-dessous pour la section comprise entre Chatillon Montrouge et Arcueil Cachan. Ce type d'analyse a été effectué sur l'ensemble des zones identifiées à risque de la Ligne 15 Sud.

5.6.2 Prise en compte du gypse

Le tunnel rencontre des couches géologiques susceptibles de contenir du gypse ou des inclusions de gypse dans deux conditions :

- La couche contenant du gypse cristallin au niveau de Villejuif.
- Des couches géologiques contenant des inclusions de gypse de petite taille : ces inclusions imprègnent les couches inférieures à la couche ci-dessus entre Issy RER et Champigny sur Marne.

Afin de maîtriser au mieux les impacts, les mesures suivantes seront mises en œuvre dans les zones concernées.

5.6.2.1 En phase études

Reconnaissances adaptées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques, analyses hydrogéologiques…) : le but sera de lever les incertitudes concernant la zone remaniée entre les gares de Rueil-Suresnes « Mont Valérien » et de Nanterre la Boule.

La Société du Grand Paris poursuivra donc les études géotechniques en cours, qui permettront de définir plus finement la constitution de la zone remaniée.

5.6.2.2 Pendant les travaux

Auscultation de surface des zones sensibles en amont et pendant les travaux : Une auscultation des zones sensibles définies par les études préliminaires approfondies (au niveau de la gare de Saint-Cloud et du regard SIAAP) aux tassements sera mise en place en amont de la phase de chantier et sera maintenue en phase travaux

De manière générale, **la technique du tunnelier** limite de manière très importante les impacts potentiels de la construction du tunnel sur la circulation d'eaux souterraines et donc sur les phénomènes de dissolution de gypse.

La réalisation **des gares avec la technique des parois moulées** permettra de réduire de manière très importante les impacts potentiels de la phase de construction, et en phase d'exploitation, et donc sur les phénomènes de dissolution du gypse.

5.6.3 Prise en compte des argiles

Les phénomènes de retrait/gonflement des argiles ne représentent pas un impact sensible sur le projet, au vu des méthodes de mise en œuvre des différents ouvrages. Par contre, la construction de l'infrastructure est susceptible d'entraîner des phénomènes de retrait-gonflement des argiles sur des secteurs connexes au projet, présentant des bâtis.

Afin de maîtriser au mieux les impacts, les mesures suivantes seront mises en œuvre dans les zones concernées :

5.6.3.1 En phase études

Etude de vulnérabilité du bâti *:* elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier.

5.6.3.2 Pendant les travaux

Auscultation de surface des zones sensibles en amont et pendant les travaux : Une auscultation des bâtis sensibles définis lors de la réalisation de l'étude de vulnérabilité du bâti (ci-dessus) sera mise en place en amont de la phase de chantier et sera maintenue en phase travaux.

5.6.4 Prise en compte des glissements de terrain

Les impacts liés à la réalisation des différents ouvrages de la Ligne 15sud sont difficilement quantifiables. L'impact est potentiel dans les zone de pente et donc notamment sur Vitry sur Seine, Champigny sur Marne. Il s'entend par :

- Des déstabilisations et/ou destructions potentielles des ouvrages de la ligne en cas de phénomène de glissement de terrain. Or, comme mentionné précédemment, aucun phénomène n'a été enregistré et retranscrit en cartographie par les services du BRGM dans ce secteur.
- L'apparition de phénomènes de glissements liés à la mise en œuvre de l'infrastructure

Les mesures mises œuvre face aux impacts générés par le projet sur ces zones à risques (et inversement) résident principalement dans le respect des prescriptions en vigueur ou en cours d'élaboration présentées précédemment ainsi que par le suivi dans le temps des mesures :

5.6.4.1 En phase études

Utilisation des résultats des études d'interférométrie radar qui permettent de détecter les mouvements de surface pouvant ainsi être le reflet glissements de terrain.

Reconnaissances adaptées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques et géotechniques, analyses hydrogéologiques…).

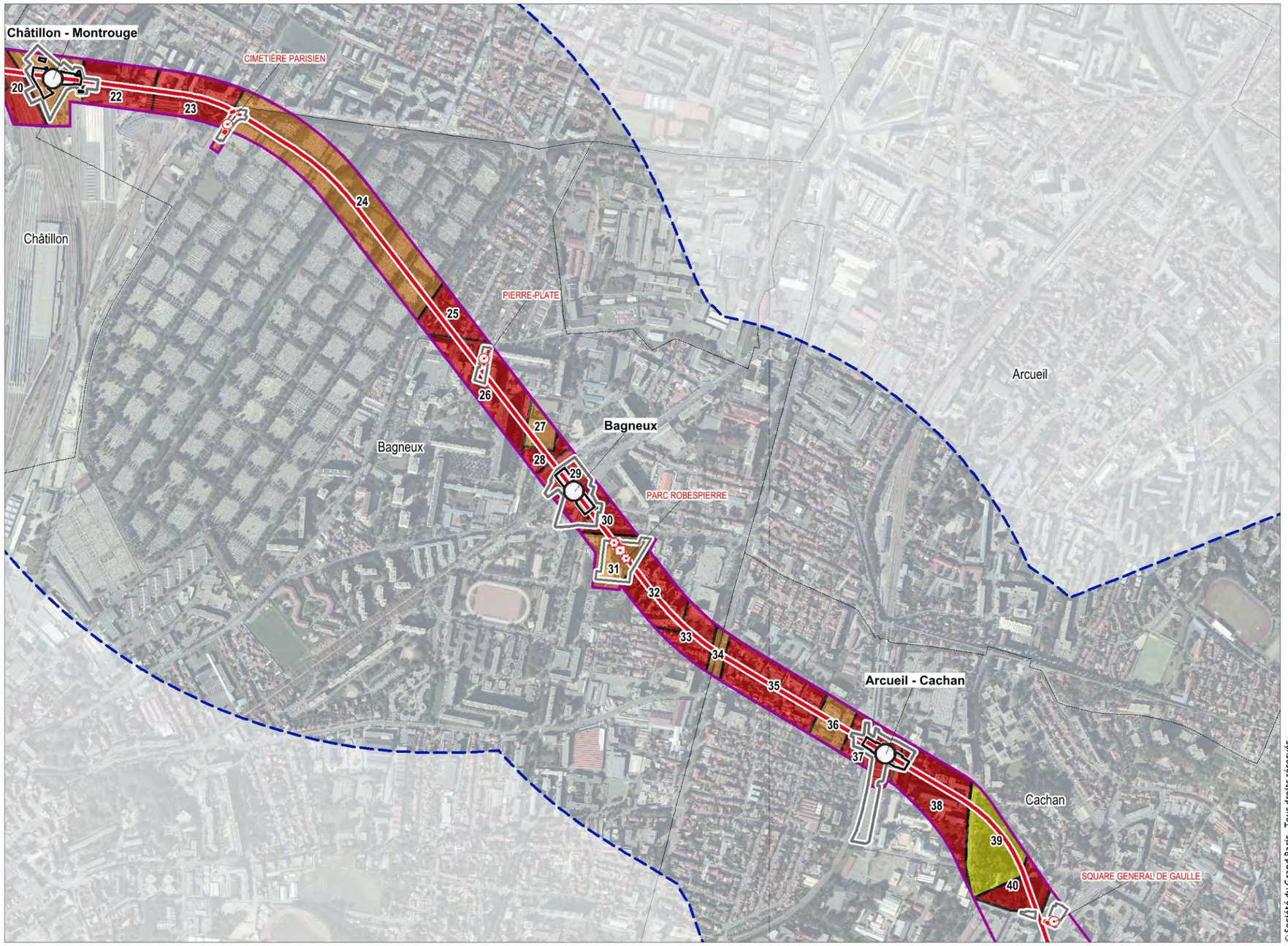
Etude de vulnérabilité du bâti *:* elle consiste à inventorier et catégoriser le bâti, définir son état initial ainsi que les valeurs seuils de déplacements acceptables pour ce dernier.

5.6.4.2 Pendant les travaux

Auscultation de surface des zones sensibles en amont et pendant les travaux : Une auscultation des bâtis sensibles définis lors de la réalisation de l'étude de vulnérabilité du bâti (ci-dessus) sera mise en place en amont de la phase de chantier et sera maintenue en phase travaux.

Arrêt des travaux et mise en œuvre d'une bande de sécurisation en cas d'apparition de fontis en surface durant la phase chantier, en respect des prescriptions du PPRn – Mouvement de Terrain de Saint-Cloud.

Risques liés aux anciennes carrières souterraines - Localisation de différentes zones analysées au droit du secteur du plateau d'Issy à Cachan – Section Châtillon Montrouge – Arcueil Cachan



Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gares du GPE
- Gares du GPE
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Ouvrages annexes (OA)
- Emprises chantiers
- Fuseau d'étude - DUP
- Zone prévue pour le passage du tunnel

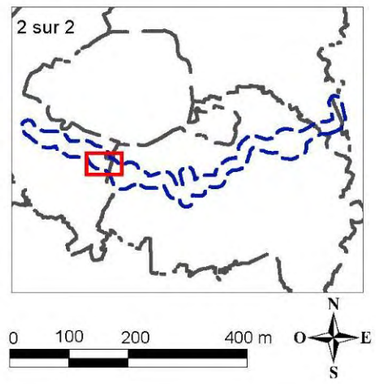
Niveau de risque des carrières

- Fort
- Moyen
- Faible

1 : Sous-secteur

- Limites de communes

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP, ©IGN, BD Topo® et Ortho® - AVPB 2014
Cartographie: BURGEAP / Biotope, 2014



Impacts et mesures d'accompagnement – géologie et risques géologiques

Critères à enjeu	*Caractéristique de l'impact*	*Mesures mises en œuvre*
« Géologie »	***<u>Anciennes carrières</u>***	
	<u>Secteur de la boutonnière de Boulogne</u> Présence potentielle d'anciennes carrières dans la partie sud-ouest de la boutonnière.	Pas de mesures spécifiques
	<u>Secteur du plateau d'Issy à Cachan</u> Présence de nombreuses carrières souterraines sur tout le linéaire du secteur (toutes les gares et ouvrages annexes du secteur sont concernés). Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert entrainant des niveaux de remblais épais (aux alentours des gares de Fort d'Issy–Vanves–Clamart et d'Arcueil-Cachan).	Éloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible. Investigations complémentaires sur certains secteurs pour réduire les incertitudes concernant l'extension des carrières souterraines. Réalisation de visites de carrières, en accord avec l'Institut Général des Carrières (IGC), afin d'identifier et vérifier l'état des carrières existantes. Remblaiement par déversement gravitaire et clavage depuis la surface des niveaux de carrières souterraines ou injection sous pression selon l'état, le type et l'accessibilité les zones de traitement envisagée en phase avant-projet sont détaillés au chapitre XX. Confortement par piliers maçonnés de certaines carrières pour qu'elles restent visitables (prescriptions de l'IGC).
	<u>Secteur du plateau de Villejuif</u> Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert, exploitant les Sables de Fontainebleau, entrainant des niveaux de remblai parfois épais : localisées autour de la gare Villejuif IGR	Pas de mesures spécifiques
	<u>Secteur de la vallée de la Seine et de la Marne</u> Présence d'anciennes carrières souterraines ponctuelles au niveau de Créteil (quartier des Buttes-Halage) et Saint-Maur-des-Fossés (sous l'avenue Mahieu). Présence d'anciennes carrières à ciel ouvert ponctuelles entrainant des niveaux de remblais parfois épais sur les communes de Créteil, Saint-Maur et Champigny-sur-Marne	Eloignement au maximum du projet des zones d'anciennes carrières, quand cela est possible. Réalisation d'investigations complémentaires pour réduire les incertitudes sur l'extension des carrières. Actuellement, pas de traitement envisagé, la campagne actuellement en cours permettra de confirmer ou non les premières hypothèses venant des deux premières campagnes de reconnaissances. En cas d'éléments nouveaux montrant un état de la carrière non compatible avec les objectifs de maitrise des risques de la Société du Grand Paris des traitements seront envisagés.
	<u>Secteur du plateau de la Brie</u> Présence potentielle d'anciennes carrières de Calcaire de Champigny. Ces anciennes carrières n'ont pas été mises en évidence par les sondages.	Investigations complémentaires pour réduire les incertitudes concernant l'étendue des anciennes carrières. Pas de traitement défini à ce jour.

<table>
<tr><td colspan="2">- <u>Dissolution du gypse</u></td></tr>
<tr><td><u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u>
<u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u>
Absence de zones gypseuses</td><td rowspan="4">- Dans un premiers temps, les mesures mises en œuvre seront :
-
- Des reconnaissances adaptées avant le chantier, en phase études (bibliographie, sondages, mesures géophysiques, analyses hydrogéologiques…) : le but est de caractériser le massif et de repérer d'éventuelles décompressions ou vides. Des reconnaissances seront également réalisées à l'avancement du tunnelier.
-
- Si des niveaux fragiles sont repérés, ils seront traités soit par injection ou soit par jet-grouting, selon leur taille et la sensibilité de la zone d'influence du creusement (présence de bâti, d'ouvrage sensible, etc.).
-
Dans un deuxième temps, afin d'éviter les phénomènes de dissolution du gypse, la conception du projet de la Ligne 15 Sud prévoit de limiter l'impact du projet sur le régime d'écoulement des nappes dans les zones susceptibles de développer ce phénomène (mise en place de parois moulées et réalisation du tunnel au tunnelier).</td></tr>
<tr><td><u>Section Issy RER – Arcueil Cachan</u>
<u>(Secteur du plateau d'Issy à Cachan)</u>
Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques</td></tr>
<tr><td><u>Section Arcueil Cachan – Vitry Centre</u>
<u>(Secteur du plateau de Villejuif)</u>
Présence de niveaux de gypse plurimétriques dans certaines couches lithologiques, potentiellement en eau</td></tr>
<tr><td><u>Section Vitry centre – Champigny centre</u>
<u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u>
Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines couches lithologiques potentiellement en eau</td></tr>
<tr><td><u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u>
<u>(Secteur du plateau de Champigny)</u>
Présence de niveaux de gypse décimétriques dans certaines dans les Calcaires de Champigny</td></tr>
<tr><td colspan="2">- <u>Retrait-gonflement des argiles en surface</u></td></tr>
<tr><td><u>Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER</u>
<u>(Secteur de la boutonnière de Boulogne)</u>
Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul</td><td rowspan="4">Au vu de la nature du projet, ainsi que de l'ampleur en conséquence très limitée du phénomène concerné, il n'y a pas de disposition spécifique à mettre en place. En effet, la mise en place d'infrastructure (affranchissement de la zone superficielle où le sol est sensible à l'évaporation) profonde n'est pas sensible à ce phénomène et n'est pas susceptible de l'amplifier.</td></tr>
<tr><td><u>Section Issy RER – Arcueil Cachan</u>
<u>(Secteur du plateau d'Issy à Cachan)</u>
Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.</td></tr>
<tr><td><u>Section Arcueil Cachan – Vitry Centre</u>
<u>(Secteur du plateau de Villejuif)</u>
Aléa retrait-gonflement des argiles en surface faible à nul sur la quasi-totalité du secteur. Une petite partie du secteur est située en aléa fort mais l'enjeu vis à vis de ce phénomène reste faible.</td></tr>
<tr><td><u>Section Vitry centre – Champigny centre</u>
<u>(Secteur de la plaine de Vitry)</u>
Aléa faible de retrait-gonflement des argiles en surface</td></tr>
<tr><td><u>Section Champigny centre – Noisy-Champs</u>
<u>(Secteur du plateau de Champigny)</u>
Aléa retrait-gonflement des argiles en surface fort sur certaines zones, mais l'enjeu reste faible.</td></tr>
</table>

- ***Retrait-gonflement des argiles en profondeur***	
Section Ile Monsieur/Pont de Sèvres – Issy RER (Secteur de la boutonnière de Boulogne) Absence de couches argileuses dans le sous-sol.	Réalisation d'une auréole de jet-grouting dans les Argiles Plastiques, autour du tunnel. Réalisation d'un bouchon étanche, réalisé par jet-grouting, au préalable à l'extérieur du tympan de la boîte gare, afin de permettre d'abaisser au minimum la pression de confinement à l'entrée de la boîte. En phase chantier, concernant les gares ancrées dans les Argiles Plastiques, des précautions particulières seront mises en place en cas d'intempéries météorologiques, lors des terrassements (systèmes de drainage et de collecte, protection par des masques ou des écrans d'étanchéité ou des membranes, par exemple) ; le but étant de limiter l'intrusion d'eau dans la fouille et ainsi minimiser le gonflement des Argiles. En phase définitive, les radiers des gares seront dimensionnés pour reprendre les efforts de gonflement des Argiles Plastiques.
Section Issy RER – Arcueil Cachan (Secteur du plateau d'Issy à Cachan) Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques sur la majorité du secteur. Les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Châtillon-Montrouge et Bagneux sont ancrées dans les Argiles Plastiques. Les fonds de fouilles des ouvrages annexes de Fort de Vanves (OA7), Cimetière parisien de Bagneux (OA6), La pierre Plate (OA5), Parc Robespierre (OA4) et Square Général de Gaulle (OA3) sont ancrés dans les Argiles Plastiques	
Section Arcueil Cachan – Vitry Centre (Secteur du plateau de Villejuif) Les Argiles Plastiques sont situées à une profondeur importante et ne concernent pas le projet compte tenu de sa position.	
Section Vitry centre – Champigny centre (Secteur de la plaine de Vitry) Le front du tunnel est situé en partie dans les Argiles Plastiques entre Saint-Maur-des-Fossés et Champigny-sur-Marne. La gare de Saint-Maur-Créteil est ancrée dans les Argiles Plastiques. Les fonds de fouilles des ouvrages annexes Rue du Port, Impasse abbaye, Rue Charles Floquet et Av. Roger Salengro sont ancrés dans les Argiles Plastiques.	
Section Champigny centre – Noisy-Champs (Secteur du plateau de Champigny) Les Argiles Plastiques sont situées à une profondeur importante et ne concernent pas le projet compte tenu de sa position.	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

5.7 Hydrogéologie

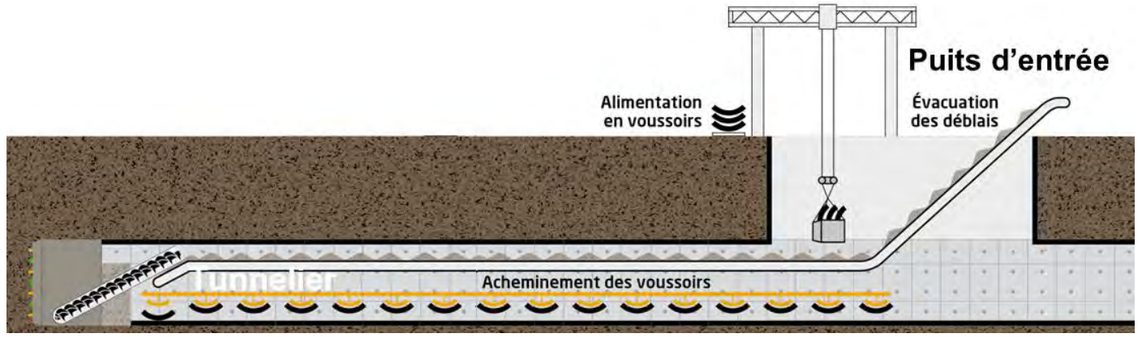
5.7.1 Analyse/interprétation

La réalisation d'un projet souterrain, de type métro, est susceptible de modifier les écoulements d'eau et ainsi d'impacter la (ou les) nappe d'eau souterraine qu'il recoupe.

La présente partie consiste à présenter les différents types d'impacts induits par le projet sur le contexte hydrogéologique du secteur d'étude en distinguant les impacts en phase travaux et ceux en phase exploitation.

5.7.1.1 Les impacts liés à la construction du tunnel

La construction du tunnel avec la technique du tunnelier permet la mise en place directe in situ du tunnel à l'avancement. Elle ne nécessite pas de rabattement de nappe, ni de pompage. La construction du tunnel ne présente pas d'impact significatif sur le fonctionnement des nappes souterraines.



Principe de fonctionnement du tunnelier

5.7.1.2 Les impacts liés à la construction des ouvrages

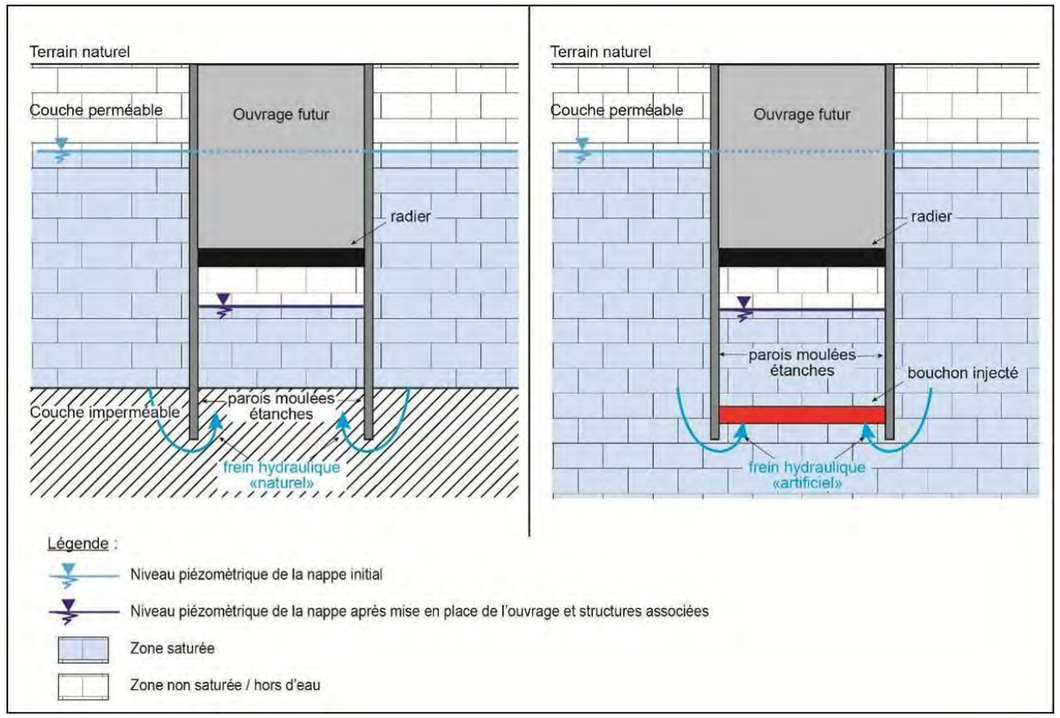
La construction des ouvrages souterrains mettant en connexion le tunnel et la surface du sol (gares et ouvrages annexes) nécessite la réalisation d'excavations de grande taille. Ces excavations seront réalisées depuis la surface du sol (voir les schémas du chapitre 4.4 de présentation du projet).

La Société du Grand Paris prévoit pour l'ensemble de ces ouvrages de recourir principalement à la technique des parois moulées (voir le principe dans le chapitre 4.4 de présentation du projet).

Une paroi moulée est un écran en béton armé directement moulé dans le sol. Son rôle est d'assurer le soutènement des terres autour de la fouille, de servir d'enceinte peu perméable (latéralement) vis-à-vis de la nappe d'eau et de reprendre, en partie ou en totalité, les descentes de charge de l'ouvrage pour en assurer les fondations (voir les schémas ci-contre). Le bouchon injecté joue le même rôle que la paroi moulée pour le fond de l'excavation. Il renforce la perméabilité du fond lorsque la perméabilité naturelle n'est pas suffisante.

La mise en œuvre des parois moulées constitue une boîte faiblement perméable latéralement, seul le fond pouvant apporter de l'eau. Cette technique de construction permet donc de limiter les débits devant être pompés pour mettre au sec les excavations et donc limiter l'impact sur les nappes souterraines.

La mise au sec des excavations nécessite la mise en œuvre de pompages d'épuisement dont le débit dépend du contexte hydrogéologique de l'ouvrage à construire.



Conception de gares étanches – deux configurations possibles (cas A : paroi moulée ancrée dans une couche imperméable ; cas B : paroi moulée avec ajout d'un bouchon injecté)
(Source : Société du Grand Paris)

Sur le tracé de la Ligne 15 Sud, deux modèles ont été réalisés afin de quantifier les effets piézométriques attendus liés aux pompages d'épuisement en phase travaux pour toutes les gares présentant des débits d'épuisement non négligeables. Cela concerne les gares situées sur **les secteurs de la boutonnière de Boulogne-Billancourt et de la plaine de Vitry.**

Le secteur de la boutonnière de Boulogne étant bien connu et présentant peu d'aléas géologiques, les modélisations ont montré que **sur le secteur de la Boutonnière de Boulogne** :

- les pompages d'épuisement en phase travaux n'engendreront qu'un très faible effet piézométrique ;
- aucune exploitation d'eau souterraine actuelle ou future n'est menacée par les pompages qui seront réalisés en phase travaux ;
- aucun tassement significatif lié aux pompages d'épuisement n'est attendu : il n'y donc pas de risques de désordres pour le bâti lié à ce phénomène.

Dans le secteur de plaine de Vitry, les simulations de l'effet piézométrique ont été réalisées en retenant un cas probable et un cas extrême sur les débits d'épuisement nécessaires à la mise hors d'eau du chantier :

- le cas probable traduit l'effet piézométrique attendu en retenant des performances normales pour les dispositions constructives prévues afin de limiter les débits d'épuisement, tels que les jupes et les fonds injectés ;

- le cas extrême tient compte de performances dégradées de ces dispositifs en raison d'aléas géologiques susceptibles d'influer sur la performance et la qualité des injections. Le cas extrême est celui intégrant les débits d'épuisement retenus par les maitres d'œuvre.

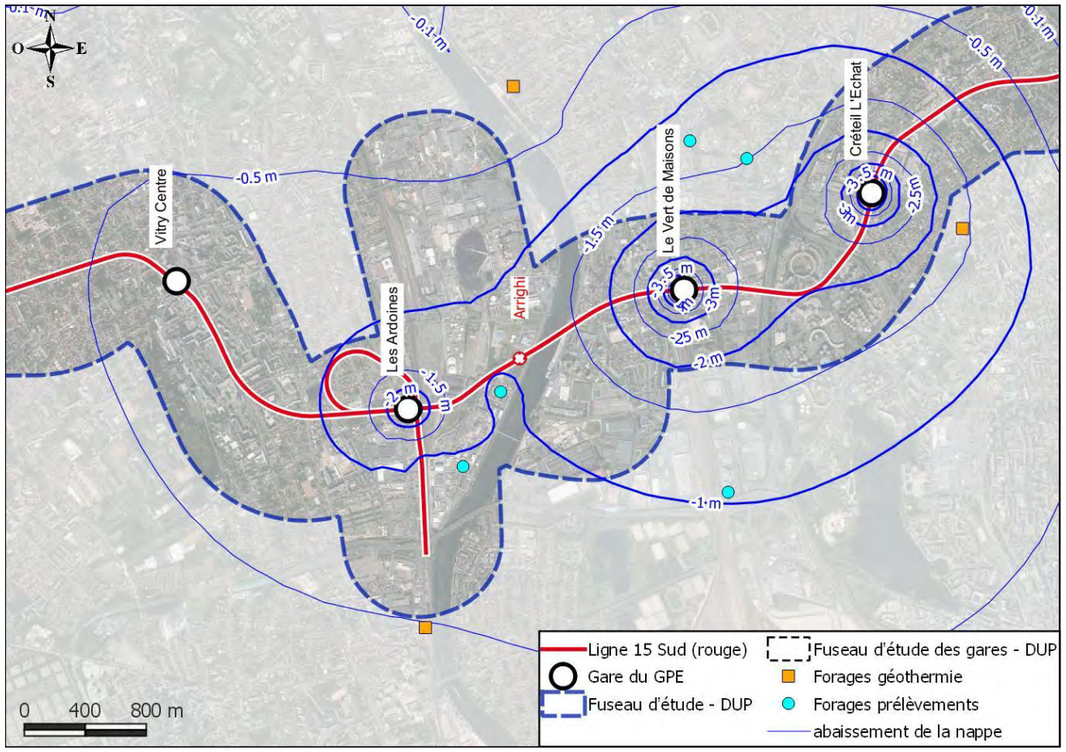
Pour la quantification des impacts, un premier scénario a été considéré afin d'évaluer les effets piézométriques cumulés entre ouvrages durant la période du chantier où les débits d'épuisement seront les plus importants**. Il s'agit donc de la phase du chantier la plus pénalisante en termes d'effet piézométrique à l'échelle du secteur de la plaine de Vitry :**

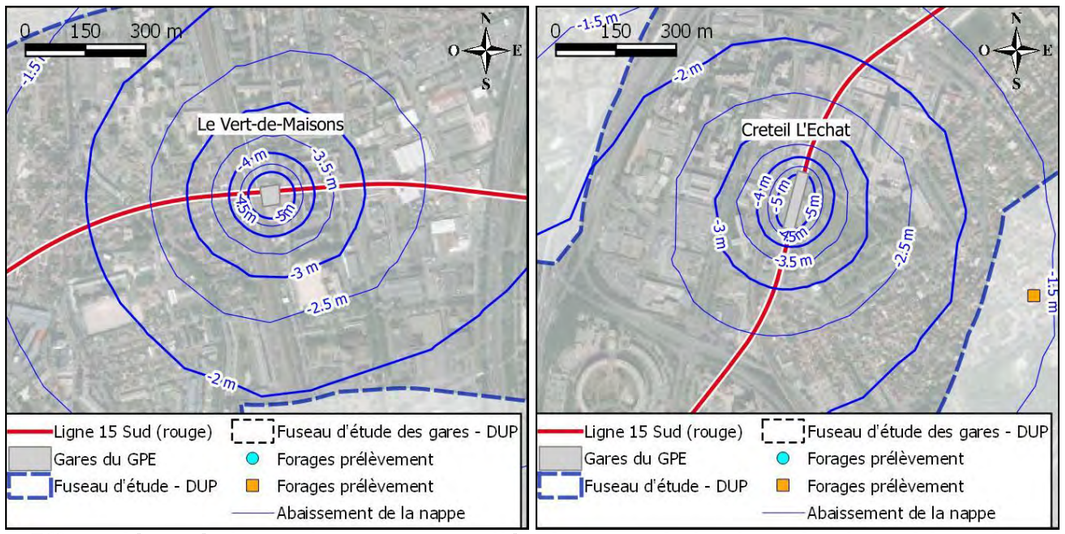
- Une première simulation a été réalisée avec le modèle en retenant des performances d'injection de sol et des perméabilités de terrain considérées comme vraisemblables ; il s'agit du **cas de figure probable**. Ce cas de figure conduit à des débits d'épuisement nettement inférieurs à ceux présentés dans le dossier, en raison des coefficients de sécurité retenus par les Maitres d'Œuvre.

- Dans un second temps, une simulation a été réalisée en restituant pour chaque ouvrage le débit d'épuisement sécuritaire retenu par le maître d'œuvre. Cette simulation reflète les effets piézométriques attendus dans un **cas de figure extrêmement défavorable** en termes d'aléas géologiques.

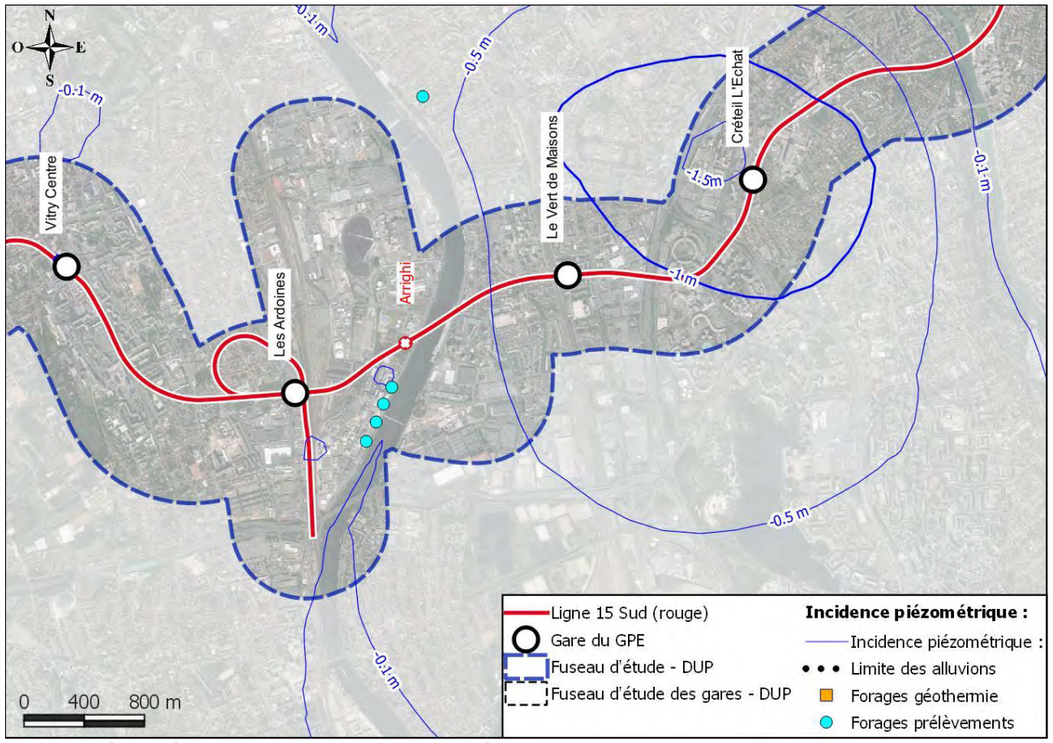
L'analyse fine du planning prévisionnel du chantier a permis de définir ce scénario de simulation qui présente le plus fort débit instantanément et le plus d'effets cumulés potentiels à l'échelle du tronçon. Cependant, toutes les gares ne seront pas réalisées de manière concomitante. En effet, le pic de pompage d'épuisement local au droit de certaines gares est susceptible de se produire avant ou après la phase critique qui a fait l'objet de la première simulation. En conséquence, le scénario qui présente instantanément le plus gros débit d'épuisement cumulé n'est pas nécessairement celui qui est susceptible de présenter le plus d'effets piézométriques en tout point du secteur. **C'est pourquoi, 3 autres scénarios de simulation complémentaires ont été définis qui correspondent à trois autres phases du chantier permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal en tout point. Pour ces 3 autres scénarios de simulation, seul le cas de figure extrême a été considéré c'est-à-dire celui obtenu avec les débits d'épuisement sécuritaires retenus par le maître d'œuvre.**

A titre d'exemple, les résultats du scénario le plus probable sont présentés ci-dessous. Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.





Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;

- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS PROBABLE) : 277 m3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	**Surface (Km2)**	**Débit m3/h**	**Flux mm/an**
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	1,4	31	197
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	7,8	82,2	93
Apport des cours d'eau au débit pompé	**Débit (m3/h)**		
Apport par la Seine	23		
Apport par la Marne	14		
Apport total par les cours d'eau	37		

Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure probable)

Ainsi, les cartes de résultats précédentes mettent en évidence :

- un abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier de 5 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L' Echât ;

- un abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers pouvant atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 0,3 km environ (Gare des Ardoines) et 1,5 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons) ;

- un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier, sur une surface d'environ 8 km^2 ;

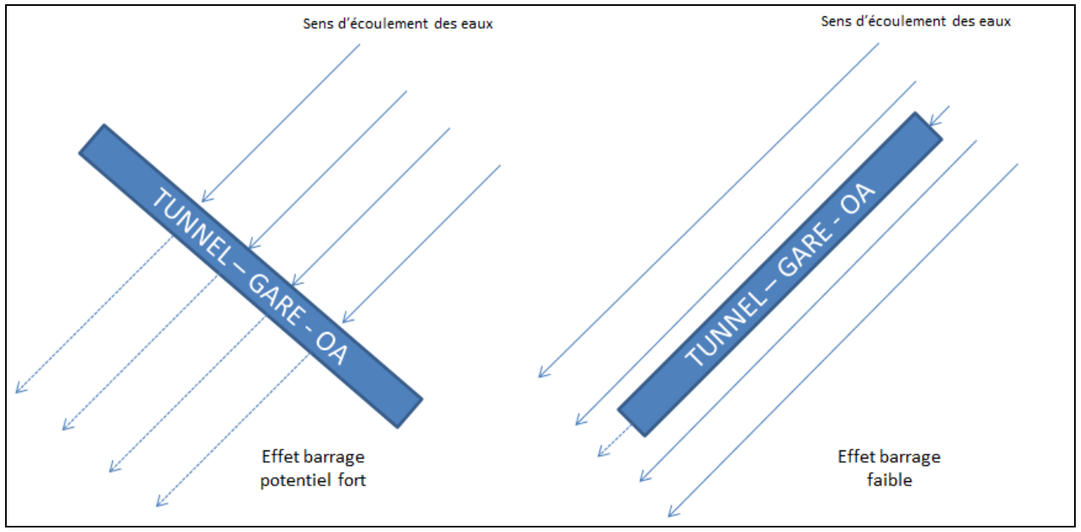
- un abaissement du niveau de la nappe des alluvions plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Cette méthodologie a été suivie pour l'ensemble des ouvrages des secteurs sensibles.

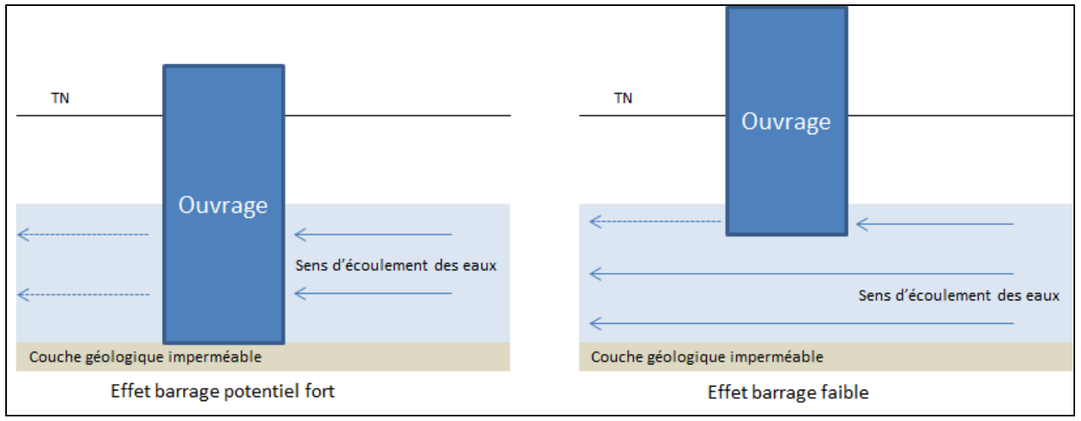
5.7.1.3 L'effet barrage en phase d'exploitation lié à l'infrastructure souterraine

L'effet barrage se caractérise par la réalisation d'un écran imperméable (ou peu perméable) perturbant les écoulements des eaux souterraines. Cette notion appelle à une représentation conceptuelle identique à celle de l'effet barrage des eaux superficielles où la réalisation d'une structure perpendiculaire à un cours d'eau entraine une modification importante des caractéristiques de ce dernier, en amont et éventuellement en aval.

Les figures suivantes permettent de visualiser schématiquement les conditions hydrogéologiques influençant l'effet barrage.



Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par l'insertion d'un ouvrage suivant le sens d'écoulement de la nappe
(Figure réalisée par BURGEAP)

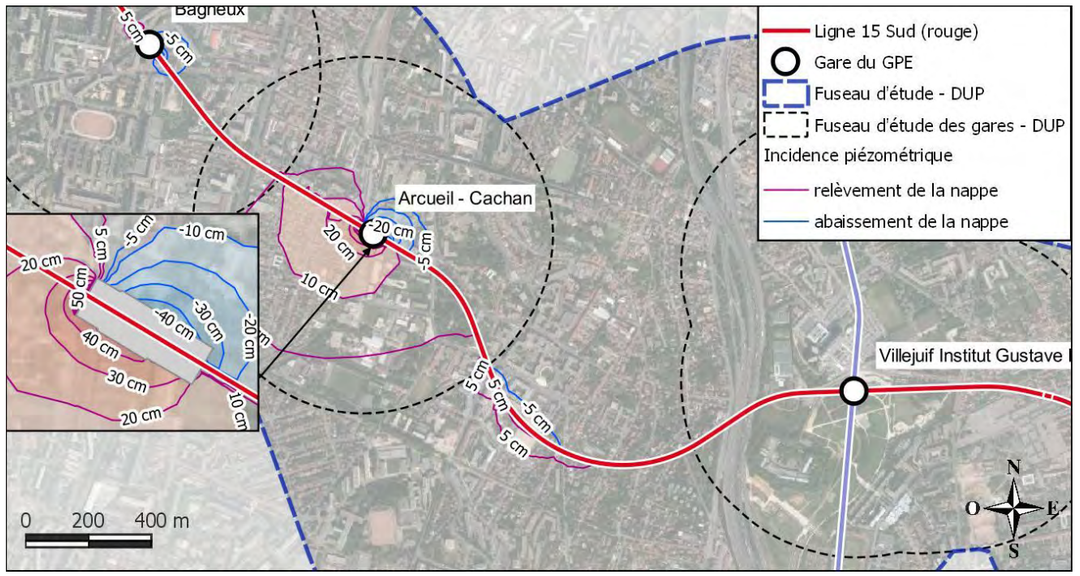


Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par un ouvrage pénétrant entièrement ou en partie dans une nappe
(Figure réalisée par BURGEAP)

Une modélisation des écoulements et de l'effet barrage sur ces derniers a été entreprise par la Société du Grand Paris. La modélisation réalisée a permis l'élaboration de cartographies présentant les éventuels effets barrage des gares situées sur la partie Nord de la Ligne 15 Sud.

Elle a permis d'étudier plus particulièrement le comportement de la nappe de l'Eocène Inférieur et Moyen puisque les nappes la constituant sont celles les plus sensibles aux modifications des écoulements (et aussi celles les plus rencontrées par l'ouvrage).

A titre d'exemple, la figure suivante issue de la modélisation hydrogéologique permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien au droit de la gare d'Arcueil Cachan (première nappe rencontrée sous le terrain naturel) créé par le projet par rapport à l'état de référence.



Effets piézométriques de la gare d'Arcueil-Cachan sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la future gare d'Arcueil-Cachan. Les modifications piézométriques issues du modèle atteignent près de 0,5 mètre à proximité immédiate de la gare, ce qui est faible, et diminuent rapidement avec l'éloignement de la gare.

L'impact général lié à l'effet barrage est faible sur l'ensemble de la ligne à l'exception de la partie est située sur le plateau de Brie où il est estimé modéré.

Mesures mises en œuvre

- **Réalisations de nouvelles modélisations plus approfondies** : il conviendra, au cours des phases d'étude post-DUP, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer la géométrie et les caractéristiques de l'ensemble des aquifères mais aussi des écrans peu perméables, notamment par la réalisation d'investigations in-situ adaptées et de réévaluer, au cas par cas, les impacts associés en terme de rabattement.

- **Recensement des parkings souterrains** situés dans l'emprise du secteur présentant un relèvement du niveau piézométrique afin d'identifier les structures pouvant nécessiter un aménagement du système de rabattement existant.

- **Mise en place d'un suivi piézométrique** dans les secteurs sensibles du Nord du tracé pendant le début d'exploitation afin de s'assurer du maintien des niveaux d'eaux souterraines à proximité des ouvrages.

-

- La synthèse est présentée sous les formes suivantes :

  - Un tableau général par section apportant une vue générale des impacts et des mesures,

  - Un tableau par ouvrage présentant les débits pompés et la solution de rejet retenue en phase chantier,

  - Un tableau présentant les débits collectés en phase d'exploitation et rejetés au réseau.

5.7.2 Conclusion

Critères à enjeu	*Caractéristique de l'impact*	*Mesures mises en œuvre*
« Hydrogéologie »	***Abaissement du niveau piézométrique***	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne La forte productivité de la nappe et la profondeur du projet implique des débits d'épuisement potentiels non maitrisables sans dispositions constructives particulières.	Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans la Craie saine peu perméable. L'abaissement piézométrique résiduel en phase travaux évalué avec ces parois moulées est très limité du fait de la réduction du débit d'épuisement. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs.
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan L'aquifère est modérément productif et peu exploité mais le débit d'épuisement est susceptible d'être important sans dispositions particulières du fait de la profondeur du projet.	Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entrainera pas d'impacts piézométriques. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs
	Secteur du plateau de Villejuif Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe.	Tous les ouvrages seront réalisés sous protection de parois moulées profondes ancrées dans des terrains peu perméables ou désaturés. Le débit d'épuisement résiduel sera négligeable et n'entrainera pas d'impacts piézométriques. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs.
	Secteur de la plaine de Vitry Compte tenu de la présence : - D'un aquifère productif. - De nombreuses exploitations d'eau souterraine. - De la présence de niveaux de gypse anté-Ludien. - De la présence locale de couches géologiques sensibles au tassement. - De la contamination locale avérée de l'eau souterraine. - De la profondeur du projet, Il n'est pas envisageable de mettre en œuvre des pompages en phase travaux sans dispositions constructives permettant de réduire les débits d'épuisement. Ces derniers restent significatifs malgré les solutions constructives de réduction au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi. Impact des nappes du Calcaire Grossier, des Alluvions et de la Craie en fonction du secteur.	Les gares du secteur seront réalisées sous protection de parois moulées qui seront prolongées selon le contexte par une jupe injectée et un fond injecté. Ces dispositions sont prévues pour limiter le débit d'épuisement résiduel et l'abaissement piézométrique en phase travaux. D'après les résultats de modélisation, des abaissements piézométriques résiduels non négligeables sont attendus dans le secteur au droit des gares Vitry Centre, Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint Maur Créteil et l'ouvrage Arrighi. Pendant la phase travaux, l'abaissement du niveau de la nappe serait : - compris entre 10 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 1 à 5 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ; - compris entre 3 et 0,5 mètre dans les alluvions ; - compris entre 1 mètre et une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie. La modélisation des effets piézométriques sur les exploitations d'eau souterraines a montré que les effets piézométriques induits restent compatibles avec les usages des exploitations d'eau souterraines du secteur. Les responsables des exploitations susceptibles d'être concernées par un impact du projet seront informés et des mesures compensatoires spécifiques leurs seront proposées de manière concertée. Les résultats de calculs de modélisation montrent que le risque de désordre sur les constructions existantes vis-à-vis des tassements induits dans les couches superficielles par l'abaissement piézométrique liés aux pompages d'épuisement en phase travaux est faible. Le risque de désordre lié à la dissolution du gypse sur les constructions apparaît comme faible dans la mesure où les niveaux de gypse identifiés sont peu épais, non continus et que le volume global d'eau qui sera prélevé reste faible au regard de l'historique des prélèvements dans la nappe du Lutétien dans le secteur.
	Secteur du plateau de Champigny Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet.	Les gares et ouvrages du secteur seront réalisés sous protection de parois moulées ancrées dans des formations peu perméables. Le débit d'épuisement résiduel sera très faible. Aucun effet piézométrique significatif attendu en phase travaux. En phase définitive, les débits d'infiltration seront très modérés et n'entraineront pas d'impacts quantitatifs.

« Hydrogéologie »	***Rejet des eaux souterraines***	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Pont-de-Sèvres)	Les parois moulées permettront de réduire significativement le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières.	Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entrainer des impacts sur le milieu. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur du plateau de Villejuif Aquifère de faible productivité. Présence de niveaux de gypse sous le niveau de la nappe.	Grâce à la mise en place des parois moulées, le débit d'épuisement en phase travaux sera négligeable et les rejets ne seront donc pas susceptibles d'entrainer des impacts sur le milieu. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur de la plaine de Vitry Les débits d'épuisement sont potentiellement très élevés sans dispositions constructives particulières. La qualité de la nappe est potentiellement historiquement dégradée localement (Arrighi).	Les parois moulées et les injections de sol permettront de réduire le débit d'épuisement en phase travaux. Ceux-ci seront maîtrisables pour envisager des rejets sans impacts quantitatifs ou qualitatifs résiduels sur le réseau et le milieu naturel. Des mesures complémentaires de traitement des eaux avant rejet seront mises en œuvre si nécessaire. En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Secteur du plateau de Champigny Aquifère de faible productivité mais profondeur assez importante du projet.	- Faible débit de rejet attendu en phase travaux n'entrainant pas d'impacts sur le milieu. - En phase définitive, les rejets des débits d'infiltration seront très faibles et ne sont pas susceptibles d'impacter le milieu.
	Modification des écoulements souterrains / effet barrage	
	Secteur de la boutonnière de Boulogne Gradient de la / des nappe(s) superficielle(s) faible : impacts sur les écoulements souterrains limités pour les gares et ouvrages du secteur	Les modifications piézométriques en phase définitive (effet barrage) calculées seront très faibles. Aucune mesure particulière n'est nécessaire.
	Secteur du plateau d'Issy à Cachan Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais aucun impact attendu sur le bâti ou les zones de sensibilité particulière (anciennes carrières par exemple)	Compte tenu du faible niveau de risque attendu, aucune mesure particulière n'est nécessaire.
	Secteur du plateau de Villejuif L'impact sur le niveau de la nappe est faible pour la gare Villejuif IGR et modéré pour la gare Villejuif Louis Aragon en raison du risque d'inondation des sous-sols.	Le risque de désordre est considéré, à ce stade, comme faible compte tenu des données disponibles mais les enjeux sont non négligeables au droit de la gare Villejuif IGR puisque des niveaux de remblais de qualité médiocre peuvent être mis en eau. Le risque de désordre est également considéré comme faible compte tenu des données disponibles pour la gare Villejuif Louis Aragon mais les enjeux sont également importants en raison de la faible profondeur de la nappe. Pour ces deux gares, des piézomètres supplémentaires seront réalisés afin de préciser plus finement l'évaluation des effets piézométriques.

Section Vitry centre – Champigny centre (Secteur de la plaine de Vitry) Impact a priori modéré au droit de la gare Vitry Centre sur les nappes superficielles Impact faible dans le secteur des gares Les Ardoines, Le Vert de Maisons, Créteil L'Echat, Saint-Maur Créteil, Champigny Centre.	Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur la nappe des Masses et Marnes du Gypse et de vérifier l'éventuelle présence d'une nappe perchée dans les alluvions.
Section Champigny centre – Noisy-Champs (Secteur du plateau de Champigny) Effet piézométrique potentiellement non négligeable mais qui doivent être précisés par la mise en place de piézomètres complémentaires. Les enjeux restent faibles au niveau de Bry-Villiers-Champigny. Ils sont plus importants à Noisy-Champs	Des piézomètres supplémentaires sont nécessaires afin de préciser l'impact en termes d'effet barrage sur les nappes superficielles.
- ***Mise en communication d'aquifère***	
Section Ile Monsieur – Issy RER (Secteur de la boutonnière de Boulogne) Présence d'un seul aquifère dans les 100 premiers mètres : sensibilité faible associée à la mise en communication de nappes **Section Issy RER – Arcueil Cachan (Secteur du plateau d'Issy à Cachan)** Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. **Section Arcueil Cachan – Vitry centre (Secteur du plateau de Villejuif)** Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. **Section Vitry centre – Champigny centre (Secteur de la plaine de Vitry)** Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières. **Section Champigny centre – Noisy-Champs (Secteur du plateau de Champigny)** Présence de plusieurs aquifères superposés susceptibles d'être mis en communication sans dispositions particulières.	- Le projet ne risque pas de mettre en communication des aquifères grâce à la mise en place de parois moulées pour réaliser les gares et les ouvrages annexes et l'utilisation d'un tunnelier avec étanchéification à l'avancement.

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

Synthèse des débits pompés, de la durée de pompage et des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (1/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen pompé (m^3/h)	Débit de pointe pompé (m^3/h)	Durée rejet (semaines)	Volume rejeté (m^3)	Solution de rejet privilégiée
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	15	25.1	17.4	42 600	Réseau
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	41	85	83	571 200	Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	3	8	158.8	69 024	Réseau
OA10 + rameau (place de la Résistance)	1	4.5	161.3	37 368	Réseau
Gare Issy RER	27	31.4	25.6	115 680	Réseau
Emergence Issy RER C et connexion	13	14	4	9 000	Réseau
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	1	3	195.5	41 496	Réseau
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	4	4	47.9	32 160	Réseau
OA 8 (Square Malleret Joinville)	1	4	8.7	1 459	Réseau
OA7 (Fort de Vanves)	1	4	8.7	1 459	Réseau
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	4	4	30.7	20 640	Réseau
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	2	5.5	73.0	23 580	Réseau
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	2	14	91.0	32 270	Réseau
Gare de Bagneux (BAG)	4	4	34.7	23 347	Réseau
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	2	4	26.0	8 755	Réseau
Gare Arcueil Cachan (ACA)	4	5	26.0	16 416	Réseau
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	1	5.5	99.0	24 305	Réseau
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	1	4	8.7	1 459	Réseau
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	4	4	95.7	64 320	Réseau
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	1	11	94.7	18 881	Réseau
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	4	4	47.8	32 160	Réseau
1505S	39	56	23.0	151 000	Réseau
P23/1501P (rue du génie)	6	10	8.0	7 600	Réseau
Gare de Vitry Centre	88	200	80.0	1 176 000	Réseau
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	31	54	6.0	32 000	Réseau
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	10	17	53.0	89 000	Réseau
PS21/1404S (rue Gabriel Péri)	11	18	4.0	7 600	Réseau
Gare les Ardoines	130	250	117.0	2 587 000	Réseau
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	129	200	31.0	672 000	Réseau mais rejet au milieu naturel, en eau de surface, envisagé
P18/1301P (rue de Rome)	46	79	7.0	54 000	Réseau
Gare de Vert-De-Maisons	162	300	137.0	3 730 000	Réseau

Synthèse des solutions de rejet sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud (2/2)

PHASE TRAVAUX	Débit moyen (m^3/h)	Débit de pointe (m^3/h)	Durée rejet (semaines)	Volume rejeté (m^3)	Solution de rejet privilégiée
P17/1201P (Université Créteil)	35	61	7.0	41 000	Réseau
Gare de Créteil L'Echat	155	250	68.0	1 785 000	Réseau
P16/1103P (stade F. Desmond)	38	61	4.0	26 000	Réseau
P15/1102P (Av Ceinture)		non significatif	-	-	Réseau
P14/1101P (rue du Port Créteil)	27	44	5.0	23 000	Réseau
Gare Saint Maur Créteil	165	250	77.0	2 154 000	Réseau
P13/1003P (impasse Abbaye)	38	65	7.0	45 000	Réseau
P12/1002P (av Charles Floquet)	7	11	3.0	3 700	Réseau
P11/1001P	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare Champigny Centre		non significatif	-	-	Réseau
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)	35	70	3.0	24 000	Réseau
P09/0901P	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare de Bry-Villiers-Champigny	78,7	80	31	410 000	Réseau
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)	-	non significatif	-	-	Réseau
PSMR/0813S	-	non significatif	-	-	Réseau
PS12/0811S (av Maurice Thorez)	-	non significatif	-	-	Réseau
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)	20	25	2.0	6 600	Réseau
P07/807P (sentier des marins) Caverne	35	35	61.0	359 000	Réseau
P07/807P (sentier des marins) Puits	3	6	61.0	31 000	Réseau
P06/806P (rue Mozart)	-	non significatif	-	-	Réseau
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)	-	non significatif	-	-	Réseau
P04/804P (place des Yvris)	-	non significatif	-	-	Réseau
P03/803P (rue du Ballon)	-	non significatif	-	-	Réseau
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)	-	non significatif	-	-	Réseau
Gare Noisy-Champs	-	non significatif	-	-	Réseau
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)	-	non significatif	-	-	Réseau
			VOLUME TOTAL PRELEVE =	**14 602 079**	
			VOLUME ANNUEL MAXIMAL (ESTIMATION) =	**6 146 940**	
			VALEUR MOYENNE ANNUELLE (ESTIMATION) =	**3 548 020**	

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (1/2)

PHASE EXPLOITATION	Débit issu du tunnel (m^3/j)	Débit issu des parois (m^3/j)	Volume annuel prélevé (m^3)
OA13 - Puits d'attaque tunnelier Ile Monsieur	9.5	6.5	33 945
Gare Pont de Sèvres (PDS) et connexions	0.0	32	39 785
OA12 + rameau (ZAC SAEM)	4.6	1.4	30 660
OA10 + rameau (place de la Résistance)	2.5	1.5	21 170
Gare Issy RER	2.9	6.1	22 630
Emergence Issy RER C et connexion	0.0	2	3 650
OA9 + rameau (Parc Henri Barbusse)	38.0	0.0	13 870
Gare Fort d'Issy Vanves Clamart (FIVC)	0.0	1.0	365
OA 8 (Square Malleret Joinville)	65.0	0.0	23 725
OA7 (Fort de Vanves)	31.0	0.0	11 315
Gare Chatillon Montrouge (CHM)	0.0	2.1	767
OA6 + Galerie OA6 (cimetière parisien)	18.0	0.0	6 570
OA5 + Galerie OA5 (Pierre Plate)	51.0	0.0	18 615
Gare de Bagneux (BAG)	0.0	1.9	694
OA4 + Galerie OA4 (Parc Robespierre)	7.0	0.0	2 555
Gare Arcueil Cachan (ACA)	33.0	1.0	12 410
OA3 + Galerie OA3 (Square Général de Gaulle)	59.0	0.0	21 535
OA2 + Galerie OA2 (jardin panoramique)	25.0	0.0	9 125
Gare Villejuif Institut Gustave Roussy (IGR)	0.0	2.1	767
OA1 + Galerie OA1 (rue Jules Joffrin)	67.0	0.0	24 455
Gare Villejuif Louis Aragon (VLA)	0.0	1.0	365
P23/1501P (rue du génie)	151.2	1.7	55 801
Gare de Vitry Centre	194.4	3.8	72 358
P21/1402P (rue Louis Marchandise, avenue Albert Thomas)	345.6	1.4	126 670
P20/1401P (CTM Vitry Rue Bel Air)	86.4	1.0	31 886
PS21/1404S (rue Gabriel Peri)	-	-	-
Gare les Ardoines	0.0	4.6	1 664
P19/1302P Puits tunnelier Arrighi	172.8	2.2	63 860
P18/1301P (rue de Rome)	172.8	2.2	63 860
Gare de Vert-De-Maisons	345.6	2.9	127 195
P17/1201P (Université Créteil)	194.4	1.9	71 657
Gare de Créteil L'Echat	151.2	4.8	56 940
P16/1103P (stade F. Desmond)	0.0	1.0	350
P15/1102P (Av Ceinture)	64.8	0.7	23 915

Synthèse des débits d'épuisement sur les gares et les ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud en phase d'exploitation (2/2)

PHASE EXPLOITATION		Débit issu du tunnel (m^3/j)	Débit issu des parois (m^3/j)	Volume annuel prélevé (m^3)
P14/1101P (rue du Port Créteil)		280.8	1.0	102 842
Gare Saint Maur Créteil		0.0	4.1	1 489
P13/1003P (impasse Abbaye)		345.6	1.2	126 582
P12/1002P (av Charles Floquet)		129.6	0.7	47 567
P11/1001P		194.4	1.0	71 306
Gare Champigny Centre		172.8	6.7	65 525
P10/0902P (RP du colonel Grancey Champigny)		151.2	1.2	55 626
P09/0901P		172.8	0.5	63 247
Gare de Bry-Villiers-Champigny		0.0	4.8	1 752
P08/0808P (av Henri Dunant Villiers)		345.6	0.7	126 407
PSMR/0813S		-	-	-
PS12/0811S (avenue Maurice Thorez)		-	-	-
PS11/0810S (rue Gl Leclerc)		-	-	-
P07/807P (sentier des marins)		151.2	1.0	55 538
P06/806P (rue Mozart)		118.8	0.7	43 625
P05/805P (av Médéric Noisy le grand)		172.8	1.0	63 422
P04/804P (place des Yvris)		118.8	1.0	43 712
P03/803P (rue du Ballon)		162.0	0.5	59 305
P02/802P (bd du Ru de Nesles Noisy le Gd)		118.8	0.7	43 625
Gare Noisy-Champs		0.0	4.8	1 752
P01/801P (bd de Champ Nesles Champ sur Marne)		86.4	0.5	31 711
			VOLUME TOTAL PRELEVE =	**2 000 164**

5.8 Occupation du sous-sol

5.8.1 Analyse/interprétation

Les impacts directs se définissent comme des atteintes à l'intégrité physique des ouvrages et fondations. Ils sont entraînés par les travaux de construction du projet (tunnel et ouvrages annexes).

De manière globale, certains des ouvrages identifiés lors de l'état initial de l'environnement présentent une sensibilité plus forte que d'autres en raison de leur proximité avec le tunnel ou les ouvrages de la Ligne 15sud.

La mise en place de mesures spécifiques permet d'éviter tout effet sur ces réseaux, infrastructures et fondations. Il s'agit en autre de recourir :

5.8.1.1 En phase études

- A la consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions,
- A l'ajustement du profil en long de l'infrastructure,
- Aux travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols,
- A une étude de vulnérabilité du bâti,
- A des études complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés.

A titre d'exemple, un bâtiment d'habitation possède un niveau de sous-sol. La distance entre le toit du tunnel et le plancher bas de la bibliothèque est de 12m.

Le schéma ci-dessous présente la position exacte du tunnel par rapport au bâtiment, avec une incertitude sur les fondations dont les caractéristiques exactes ne sont pas connues.

La phase études cherchera à préciser le plus possible ces caractéristiques des fondations.

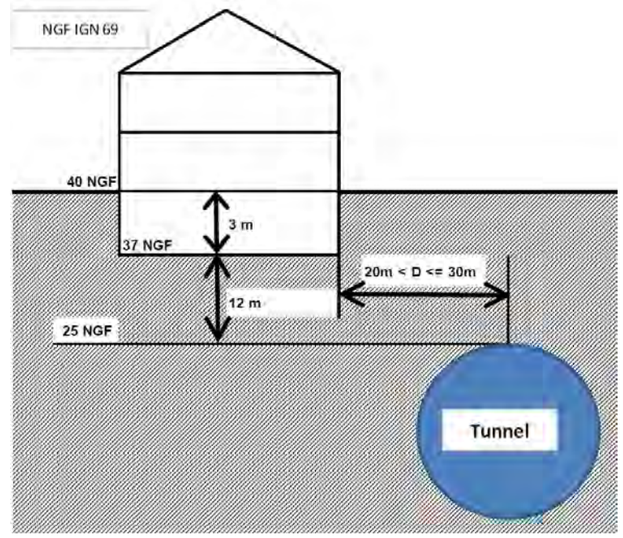


Schéma représentatif de la position du bâtiment d'habitation par rapport au tunnel
(Source : Société du Grand Paris)

<u>Compensation liés aux dommages</u>

Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement.

5.8.1.2 Pendant les travaux

- Suivi des mouvements de terrain,
- Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés.

5.8.2 Conclusions

De manière globale, les impacts ont été jugés forts pour une distance tunnel-ouvrages inférieure à 10m, modérés pour un distance comprise entre 15 et 20m et faible à nul au-delà.

Le tableau ci-dessous présente l'analyse par ouvrage concerné.

Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol – phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet		Mesures
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Présence de réseaux souterrains et fondation de bâti (réseaux CPCU, gaz, SIAAP, électricité, bâtiments de grande hauteur)	GRT Gaz	Pont de Sèvres : interception d'une canalisation de diamètre 300mm		**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **Mesures de compensation** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **Mesures de suivi** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
			OA Place de la Résistance : interception d'une canalisation de diamètre 600mm		
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Pont de Sèvres : interception de deux canalisations IDEX de 500mm de diamètre chacun		
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	Pont de Sèvres : interception de la liaison 63kV Billancourt Porchefontaine		
		Eau usée	Tunnel :	6m de distance avec le réseau unitaire Boulogne Rive Droite (SEVESC)	
				7m de distance avec le siphon Sèvres-Boulogne	
				6m de distance avec l'émissaire sud 2ième branche SIAAP	
				7m de distance avec l'émissaire Issy Sud & Nord (SEVESC)	
			Pont de Sèvres et OA Place de la Résistance : proximité immédiate avec l'émissaire SERO		
		Infrastructures de transport	Tunnel et gare Issy RER : Fondations du viaduc RER C		
		Bâti	Tunnel : Présence dense de bâtiments de moyens à grande hauteur		

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet		Mesures
Issy RER à Arcueil Cachan	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés		**Mesures d'évitement et de réduction** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **Mesures de compensation** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **Mesures de suivi** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Bagneux : Interception de trois canalisations de diamètre 250, 125 et 80mm		
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	Châtillon-Montrouge : interception de la liaison RTE 63kV COS 48 Fo Berthollt – Vanves 2008		
		Eau usée	Tunnel :	5.6m de distance avec l'émissaire Sud 2ième branche SIAAP (à proximité de Châtillon-Montrouge)	
				3.9m de distance avec le doublement de l'émissaire sud 2ième branche (antenne de Montrouge)	
				4m de distance entre l'émissaire Sud 2ième branche SIAAP (à l'est de l'OA Robespierre)	
				2.7m de distance avec l'intercepteur de Blagis-Cachan (à l'est de l'OA Robespierre)	
				5.6m de distance avec le réseau profond de Cachan (à l'est de l'OA Square Général de Gaulle)	
		Infrastructures de transport	Tunnel et ouvrages non concernés		
		Bâti	Tunnel : Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Présence ponctuelle de réseaux (SIAAP) et de bâtiments de grande hauteur	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés		
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés		
		CPCU et réseaux de froid	Tunnel et ouvrages non concernés		
		Eau potable	Tunnel : Interception des aqueducs du Loing, de la Vanne et du Rungis		
		RTE	Vitry Centre : Interception des liaisons : 63kV Arrighi-Chevilly, 225kV Chevilly-Coriolis		
		Eau usée	Tunnel :	Le tunnel longe en parallèle l'émissaire de Villejuif R2 (entre Villejuif Louis Aragon et Vitry Centre)	
				Plus de 10m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (au nord-ouest de la gare de Vitry Centre)	
		Infrastructure de transport	Tunnel et gare Villejuif Louis Aragon: Passage sous le tunnel du Métro Ligne 7		
		Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur		

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet		Mesures
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence dense de réseaux souterrains et fondations de bâtis (réseau CPCU, Dalkia, réseau TRAPIL, réseaux de gaz, réseaux SIAAP, réseaux de transport d'électricité, bâtiments de grande hauteur) au niveau des communes de Vitry-sur-Seine et Créteil, et particulièrement sur le secteur des Ardoines et de Créteil l'Echat.	GRT Gaz	OA Friche Arrighi : interaction possible entre les installations d'évacuation des déblais et deux canalisations de 300 et 600mm de diamètre		**Mesures d'évitement et de réduction** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **Mesures de compensation** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **Mesures de suivi** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
			Le Vert de Maisons : interception d'une canalisation de diamètre 300mm		
			OA Avenue Roger Salengro : interception d'une canalisation de diamètre 200mm		
			OA 0813P : proximité d'une canalisation de diamètre 100mm		
		TRAPIL	Tunnel : présence d'un réseau TRAPIL entre la gare des Ardoines et l'OA Friche Arrighi, à 1m sous le TN		
		CPCU et réseaux de froid	Les Ardoines : interception de deux canalisations CV Distrib de diamètre 250 et 350mm		
			Créteil l'Echat : interception d'une canalisation double (deux fois 250mm de diamètre) du réseau Dalkia + proximité avec la chaufferie		
		Eau usée	Tunnel :	8m de distance avec l'émissaire SIAAP VL10 (entre la rue Louis Marchandise et l'avenue Albert Thomas à Vitry-sur-Seine)	
				Distance importante avec l'émissaire SIAAP Rive Droit S. (quais Jean-Baptiste Clément, commune d'Alfortville)	
				7m de distance environ avec l'émissaire SIAAP VL9 (à l'est de Le Vert de Maisons)	
				Le tunnel longe parallèlement l'émissaire SIAAP VL3b (Saint-Maur – Créteil)	
				Distance importante avec l'émissaire SIAAP VL3c (quai de Halage, Saint-Maur-des-Fossés)	
				5m de distance avec l'émissaire SIAAP NCSM (rue Charles Floquet, à Joinville-le-Pont)	
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés		
		RTE	SMI Vitry : présence dense de liaisons (4 de 63kV, 1 de 225kV) Créteil L'Echat : Interception de la liaison 225kV Arrighi Colonie		
		Infrastructures de transport	Tunnel et gare Les Ardoines : Passage sous les voies du RER C et les correspondances souterraines de la gare RER des Ardoines Tunnel et gare Sain-Maur – Créteil : Passage sous le RER A		
		Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur		

Section	Niveau d'enjeu	Réseau concerné	Ouvrage identifié et sensibilité avec le projet	Mesures
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence ponctuelle de réseaux souterrains et fondations de bâtis (bâtiment de très grande hauteur avec fondations potentiellement profondes, réseaux SIAAP, réseaux de gaz)	GRT Gaz	Tunnel et ouvrages non concernés	**Mesures d'évitement et de réduction** Utilisation d'un tunnelier Ajustement du profil en long de l'infrastructure Mise en place de parois moulées pour la réalisation des gares et des ouvrages annexes Consultation des gestionnaires de réseaux afin de déterminer des solutions Travaux de dévoiement ou de confortement des ouvrages en place pour limiter les incidences en cas de déstabilisation des sols Etudes géotechniques approfondies et sondages pour les passages à proximité de fondations profondes ou d'ouvrages Etudes complémentaires des ouvrages souterrains et de leur comportement vis-à-vis des travaux projetés Suivit topographique de l'avancement des travaux **Mesures de compensation** Indemnisation liées aux travaux nécessaires et/ou au relogement **Mesures de suivi** Suivi des mouvements de terrain Suivi des chantiers par des maîtres d'œuvre spécialisés Monitoring géotechnique
		TRAPIL	Tunnel et ouvrages non concernés	
		CPCU et réseaux de froid	Tunnel et ouvrages non concernés	
		Eau usée	Tunnel : Distance importante avec l'émissaire Marne Aval (à l'ouest de la gare de Bry-Villiers-Champigny)	
		Eau potable	Tunnel et ouvrages non concernés	
		RTE	Tunnel et ouvrages non concernés	
		Infrastructures de transport	Tunnel: Passage sous le RER E et la gare de Villiers-sur-Marne Le Plessis-Trévise	
		Bâti	Présence dense de bâtiments de petite, moyenne et grande hauteur jusqu'à la gare de Bry-Villiers-Champigny puis enjeu modéré	

Impacts Résiduels :

L'ensemble des impacts ne sera pas maîtrisé dans leur intégralité, notamment vis-à-vis des fondations de bâtis où les données ne sont pas facilement accessibles en raison notamment de l'ancienneté des bâtiments considérés.

Synthèse des impacts et mesures concernant l'occupation du sous-sol – phase exploitation

Eléments concernés	Zones impactées si spécifiquement localisées	Eléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut avant l'application des mesures	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Ensemble des réseaux et fondations identifiés sur le linéaire	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Lié aux aspects vibratoires	Peu quantifiable	*Evitement* néant *Réduction* néant *Suivi* Suivi des propriétés du sous-sol au travers de la déformation du tunnel	néant	néant

5.9 Gestion des terres et milieux pollués

5.9.1 Analyse/interprétation concernant la gestion des déblais

Les volumes de déblais produits dans le cadre de la réalisation de la Ligne 15 Sud sont estimés à environ **6,1 millions de m³ de déblais**.

Les principales sources de production de déblais sont le creusement du tunnel par les tunneliers et la réalisation des gares qui représentent respectivement près de 40 % et 35 % du volume total. Le reste des déblais provient de la réalisation des sites de maintenance et des ouvrages annexes nécessaires à l'exploitation de la ligne de métro.

Dans ce cadre, la Société du Grand Paris a souhaité anticiper les mesures destinées à limiter les nuisances potentielles issues de la gestion des déblais.

Ainsi, dès le lancement du programme du Grand Paris, le maître d'ouvrage s'est engagé dans une démarche de planification de la gestion des déblais issus des travaux en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport. Ces réflexions sont traduites dans un document spécifique, **le Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED),** qui a lui-même été décliné sur la Ligne 15 Sud par le maître d'œuvre lors des études projet.

Les objectifs de gestion des déblais de la Société du Grand Paris retranscrits dans ce document se traduisent dans la conduite opérationnelle des chantiers par un ensemble d'actions :

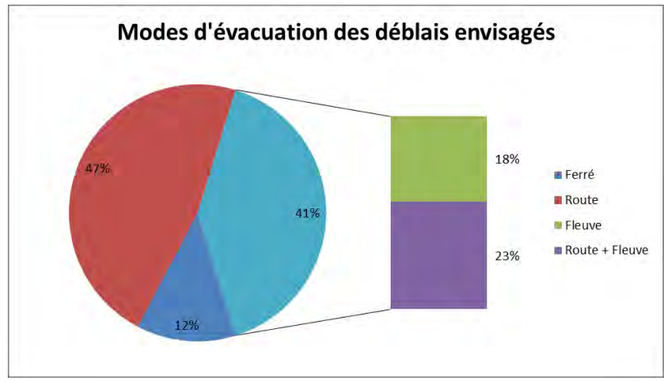
- **Développer le transport fluvial ;**
- **Encourager le transport ferroviaire ;**
- **Réduire les distances de transport ;**
- **Limiter l'utilisation des voiries communales ;**
- **Limiter le stockage définitif des terres ;**
- **Traiter les terres polluées.**

Compte-tenu de la localisation du projet, deux **plates-formes fluviales** ont été identifiées pour l'évacuation des déblais par voie fluviale : la plate-forme du Quai d'Issy, localisée au niveau de la friche Arrighi; ainsi qu'un point d'amarrage sur les quais près de l'Ile Monsieur et de la future gare de Pont de Sèvres.

L'**utilisation de la voie ferroviaire** est également étudiée, en complément d'un transport routier, depuis la base chantier de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et de Bry-Villiers-Champigny sur la grande ceinture fret sous réserve de remplir l'ensemble des conditions requises pour la mise en œuvre de ce mode de transport.

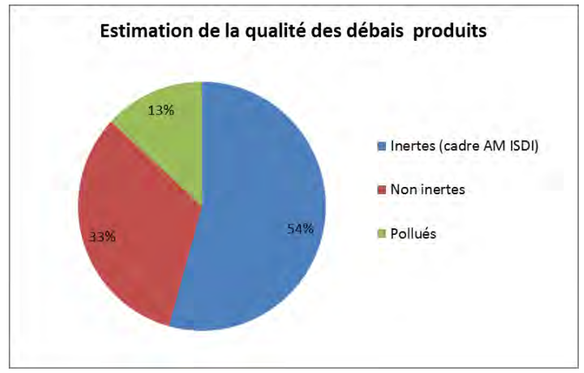
La répartition du potentiel d'évacuation des matériaux selon les modes de transports privilégié est détaillée ci-dessous :

Mode de transport	Volume des déblais
Mode routier	2,87 millions de m³
Mode fluvial (avec ou sans pré- ou post-acheminement routier)	2,47 millions de m³
Mode ferroviaire	0,76 millions de m³
TOTAL	**~ 6,1 millions de m³**



Potentiel d'évacuation en fonction du mode de transport privilégié

Sur la base de ces hypothèses maximisant les volumes de déblais pollués et gypsifères à ce stade des études du projet, **plus de la moitié du volume total des déblais est identifiée comme inertes et 1/3 des déblais contiennent potentiellement du gypse**.



Répartition du volume de matériaux excavés selon les trois catégories de déchets
(source : Société du Grand Paris)

5.9.1.1 Mesures relatives à la gestion des déblais en phase d'étude

- Optimisation du volume des ouvrages pour réduire le volume de déblais à gérer ;
- Identification des besoins en remblais et des filières de valorisation existantes ou à créer ;
- Développement des capacités de stockage des installations de stockage de déchets ;
- Limitation des emprises et durées des stockages temporaires ;
- Études pour privilégier les modes de transports alternatifs des déblais ;

- Itinéraires routiers retenus en concertation avec les collectivités concernées pour éviter les voies locales dans la mesure du possible ;
- Vérification de la régularité des filières d'élimination prévues.

5.9.1.2 Mesures relatives à la gestion des déblais en phase chantier

- Réalisation et l'application d'un schéma organisationnel de suivi d'élimination des déchets (SOSED) avec l'entreprise générale ;
- Suivi de la traçabilité des évacuations effectuées par la vérification des bordereaux de suivi de déchets.

5.9.2 Analyse/interprétation concernant les risques pyrotechniques

Dans le cadre de la pollution pyrotechnique, l'impact pris en compte dans la présente étude est le risque de découverte d'engins explosifs non explosés.

Les études réalisées par la Société du Grand Paris et présentées dans l'état initial permettent d'identifier ces risques afin d'appréhender les mesures à mettre en œuvre afin de les maîtriser.

Les résultats des études réalisées sur la Ligne 15 Sud (études historiques de pollution pyrotechnique) ont permis de mettre en évidence 4 secteurs d'aménagement présentant des risques modérés de découverte d'engins explosifs :

- Les Ardoines,
- Fort d'Issy/Vanves/Clamart,
- Issy RER,
- Pont de Sèvres.

Les étapes ultérieures des études sont en cours de réalisation.

Les mesures d'évitement retenues pour la gestion des risques pyrotechniques sur la Ligne 15 Sud sont :

- **La réalisation avant travaux de diagnostics pyrotechniques au droit du projet** selon les étapes présentées dans l'état initial, dans le cadre d'un risque pyrotechnique identifié :
  - une **sécurisation pyrotechnique** par détection magnétique ou électromagnétique sera effectuée pour toutes opérations intrusives aveugles jusqu'à une profondeur minimale de 7m, notamment pour des investigations géotechniques et/ou environnementales.
  - Un **diagnostic pyrotechnique non-intrusif** par détection au magnétomètre radar de surface sera réalisé. Du fait du contexte urbain et de la présence en sub-surface de remblais divers (mâchefers) ou la présence de réseaux, des bruits de surface peuvent perturber ce diagnostic ; dans ce cas des décaissements successifs et le renouvellement des opérations de détection peuvent être réalisés, jusqu'à ce que le diagnostic puisse être réalisé sans perturbation. Ces phases ne correspondent pas à une dépollution pyrotechnique mais bien à un diagnostic.
- **En phase travaux**, quand le risque pyrotechnique est avéré, **une dépollution pyrotechnique** sera entreprise et se conformera aux recommandations techniques du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005.

La réalisation d'analyse de sécurité du travail (AST) préalablement aux opérations intrusives de travaux sera établie. Cette étude délimite notamment le périmètre de sécurisation autour du chantier de dépollution pyrotechnique.

En effet, lorsque le chantier de dépollution pyrotechnique est contigu à des bâtis, l'étude de sécurité pyrotechnique prend en compte ce risque. Les dispositions de sécurité sont alors mises en œuvre en concertation avec les différentes parties concernées en matière de sécurité et de protection de la santé, par exemple évacuation d'une zone lors du déminage.

Aussi, avant la réalisation des travaux, l'AST sera soumis pour approbation au directeur régional des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi.

Une fois la dépollution pyrotechnique réalisée conformément aux dispositions du décret 2005-1325 du 26 octobre 2005, le risque est supprimé.

5.9.3 Analyse/interprétation concernant la pollution du milieu souterrain

Afin d'assurer la maîtrise des risques associés à la pollution du milieu souterrain, que ce soit du point de vue de la gestion des déblais ou de celle des terrains amenés à rester en place, la connaissance précise de la qualité du milieu souterrain et de son impact potentiel est un élément primordial dans le cadre des études de projet.

Suivant la méthodologie française de gestion des sites et sols pollués, la Société du Grand Paris a initié un travail conséquent de caractérisation de l'état de pollution du milieu souterrain (sols et eaux souterraines) afin d'assurer une gestion adaptée des terres amenées à être excavées dans le cadre du projet et d'assurer la compatibilité sanitaire et environnementale entre l'usage futur de chaque site et la qualité des milieux souterrains.

Ces études ont été engagées en priorité au droit des sites où les enjeux liés à la gestion des sites et sols pollués sont les plus importants, à savoir au droit des ouvrages destinés à être construits à partir de la surface du sol tels que les gares, les sites de maintenance, les puits d'entrée et de sortie du tunnelier et les ouvrages annexes. En effet, les pollutions du milieu souterrain étant essentiellement liées à des activités de surface, les premiers mètres de sols concentrent généralement l'essentiel des pollutions. Les gares et les sites de maintenance présentent par ailleurs une sensibilité particulière liée l'accueil de travailleurs et/ou de voyageurs en phase d'exploitation de la ligne.

Dans la mesure où les plans de gestion ne sont pas établis à ce stade des études, l'analyse s'attache à caractériser les niveaux de sensibilités associés aux risques de pollution et aux caractéristiques du projet.

5.9.3.1 Caractérisation du risque d'impact lié à la présence de pollution

Le risque d'impact est caractérisé par analyse des critères suivants :

- La nature des cibles (travailleurs, résidents adultes, résidents enfants, établissements sensibles) en considérant, selon les études menées par l'Institut de Veille Sanitaire (IVS), que la population passe plus de temps chez elle que sur son lieu de travail ;
- La nature et la concentration des polluants suspectés ou détectés, incluant la ou les voies d'exposition induites par ces polluants ;
- Le volume de déblais prévisionnel généré ;
- Les caractéristiques constructives des ouvrages.

5.9.3.2 Impacts et mesures relatives à la pollution du milieu souterrain

Dans le cadre de la construction des ouvrages, les risques d'impacts diffèrent selon le type d'ouvrage concerné :

- L'impact relatif au creusement du tunnel est considéré comme négligeable, en raison de la profondeur des terrains considérés, peu sensibles aux pollutions de surface, et de la méthode de construction de la ligne, réalisée au tunnelier ;
- Les risques liés à la construction des ouvrages annexes sont considérés comme faibles, compte tenu des méthodes constructives employées et des volumes mis en jeu ;
- Les risques d'impacts liés au fonctionnement des puits d'entrée de tunnelier et de la construction des gares et des sites de maintenance sont plus élevés, en raison d'un volume de terres mobilisés plus important. Le niveau de risque dépendant des pollutions potentielles et avérées identifiées sur chaque site d'implantation.

En phase exploitation, les risques sont localisés au droit des gares et des sites de maintenance, liés à la présence d'usager et de travailleurs sur le réseau de la ligne. Néanmoins, les risques d'impacts en phase exploitation sont considérés comme négligeables à faibles, associée à la présence éventuelle de composés volatils dans le milieu souterrain.

L'analyse des études disponibles a permis d'identifier les sites les plus sensibles qui font l'objet d'une attention particulière :

- **Sur le secteur Ouest de la Ligne 15 Sud avec les sites des gares de Pont de Sèvres, Issy RER, Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux,**
- **Sur le secteur des Ardoines, au niveau de la gare des Ardoines et du SMI de Vitry,**
- **Sur le secteur de Champigny, au niveau de la gare de Champigny Centre et du SMR.**

Les études sont encore en cours et restent conditionnées par les possibilités d'accès aux parcelles pour la réalisation des sondages et la pose des piézomètres, de manière à préciser l'état de pollution du milieu souterrain et des risques associés. La finalisation des diagnostics permettra d'engager la réalisation des plans de gestion et des EQRS nécessaires, et de définir les mesures spécifiques qui seront mises en œuvre pour assurer la compatibilité des sites avec leur usage (en phase chantier et en phase exploitation).

Les différentes mesures de gestion proposées seront établies au regard de la situation de chaque site, proportionnées en fonction des enjeux et des spécificités de l'usage, de l'aménagement et des pollutions. Les contraintes de calendrier prévu pour la réalisation du chantier de la Ligne 15sud seront également prises en compte.

La mise en œuvre des mesures spécifiques établies à l'issue des plans de gestion permettra d'assurer la compatibilité sanitaire de chaque site en fonction de son usage.

5.9.3.3 Mesures relatives à la gestion des milieux pollués en phase étude

- Réalisation avant travaux de diagnostics de pollution au droit des ouvrages excavés depuis la surface du sol;
- Réalisation de plans de gestion comprenant éventuellement une évaluation des risques sanitaires au niveau des gares et des sites de maintenance lorsque les diagnostics de pollution en ont montré la nécessité.

5.9.3.4 Mesures relatives à la gestion des milieux pollués mises en phase chantier

- Evacuation des terres polluées vers les installations spécialisées agréées ;
- Réduction du temps de stockage des terres polluées sur les bases chantiers ;
- Mise en place de débourbeurs en sortie de chantiers afin de nettoyer les roues des véhicules et de ne pas souiller les voiries du quartier ;
- Mise en place éventuelle de chapiteaux pour confiner les terres et les vapeurs au droit des zones très fortement impactées ;
- Le port, par les travailleurs, des équipements individuels de protection adaptés aux substances identifiées dans les sols;
- Arrosage des zones de travail du chantier pour limiter les envols de poussières ;
- Utilisation de bâches sur les aires de stockage et les camions de transport limitant l'envol des poussières ;
- Mise en œuvre des mesures spécifiques définies à l'issue des plans de gestion.

5.9.4 Conclusions

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine	Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation de la voie fluviale pour leur évacuation	**Mesures générales relatives à la gestion des déblais :** • Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire) • Identification des projets de valorisation • Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité • Priorité donnée au report vers les installations existantes de la voie d'eau et du fer et à l'utilisation des axes structurants pour le transport des déblais **Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :** • Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur les sites de l'Ile de Monsieur et de Pont de Sèvres par la création de plateformes dédiées et études pour utiliser les ports existants • Développement du transport ferroviaire sur le site de Fort d'Issy/Vanves/Clamart • Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales **Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :** • Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels) • Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches) • Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé • Évacuation des terres polluées en filières spécialisées **Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :** • Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études encore en cours : par exemple, suivi de la qualité des eaux et de l'air ambiant à proximité du chantier, utilisation d'engins à cabine pressurusée, dsurélévation des bases vies) **Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :** • Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet • Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques • Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement des gares de Pont de Sèvres et Issy RER	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des gares de Pont de Sèvres et Issy RER	
	Présence de nombreux sites BASIAS et BASOL et pollution avérée du milieu souterrain au droit de l'ancienne zone industrielle de Boulogne	Risque d'impact fort au droit des gares de Pont de Sèvres et Issy RER lié à la mobilisation de terrains pollués et de riverains à proximité des chantiers	
	Présence avérée de pollution dans le secteur d'aménagement de la gare Issy RER et d'activités industrielles ponctuelles référencées BASIAS et/ou BASOL	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Volume de déblais important – présence de plusieurs axes structurants et d'un faisceau ferroviaire à proximité	Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit du secteur d'aménagement de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart	
	Présence avérée de pollution sur les secteurs d'aménagement des gares de Fort d'Issy/Vanves/Clamart et Bagneux du fait d'activités industrielles ponctuelles passées	Risque d'impact fort au droit de la gare de Fort d'Issy/Vanves/Clamart lié à la mobilisation de terrains pollués	
	Présence potentielle de pollution sur le secteur de Châtillon-Montrouge du fait d'activités industrielles ponctuelles référencés BASIAS	Risque d'impact modéré lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués et la présence de riverains à proximité du chantier	
	Présence potentielle de pollution sur le reste du secteur du fait de remblais potentiellement pollués	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Volume de déblais limité – présence de plusieurs axes structurants à proximité (A6 / A86) mais absence d'équipement fluvial et ferroviaire à proximité immédiate	Impact fort lié au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	**Mesures générales relatives à la gestion des déblais :** • Réduction du volume des déblais (optimisation des ouvrages, limitation du stockage temporaire) • Identification des projets de valorisation • Vérification de la bonne gestion des déchets en phase chantier, de la régularité des filières d'élimination prévues et traçabilité • Priorité donnée aux axes structurants pour le transport des déblais **Mesures spécifiques relatives à la gestion des déblais :** • Utilisation de la voie fluviale pour l'évacuation des déblais sur le site de la Friche Arrighi par la création d'une plateforme de transbordement et études pour utiliser les ports existants • Développement du transport ferroviaire sur le site de Bry Villiers Champigny • Définition des itinéraires routiers en concertation avec les collectivités locales **Mesures générales relatives à la présence de terres polluées :** • Réalisation d'étude de pollution avant travaux (études historiques et documentaires, sondages et analyses sur les sols et les eaux souterraines, plans de gestions et EQRS éventuels) • Limitation du transfert de poussières sur les chantiers (mise en place de débourbeurs, arrosage des pistes de circulation du chantier, utilisation de bâches) • Suivi des chantiers les plus sensibles par un maître d'œuvre spécialisé • Évacuation des terres polluées en filières spécialisées **Mesures spécifiques relatives à la présence de terres polluées :** • Définition des mesures spécifiques à mettre en œuvre de manière à rendre l'état du site compatible avec son usage dans le cadre de la réalisation des plans de gestion (études en cours) **Mesures générales relatives aux risques pyrotechniques :** • Réalisation d'un état des lieux des risques potentiels de découverte d'engins explosifs à l'échelle du projet • Sécurisation pyrotechnique par détection magnétique ou électromagnétique sur les secteurs à risques • Réalisation de dépollution pyrotechnique si nécessaire
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié	Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique	
	Présence potentielle de pollution sur le secteur du fait de remblais potentiellement pollués	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
		Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Vitry Centre à Champigny Centre	Volume de déblais important – Accès privilégié à la Seine sur la partie Ouest du secteur	Impact modéré lié au volume important de déblais en phase chantier, mais limité par l'utilisation ponctuelle de la voie fluviale pour leur évacuation (friche Arrighi)	
	Présence potentielle d'engins explosifs au droit de la zone industrielle des Ardoines	Risque d'impact modéré en phase chantier, lié à la découverte potentielle d'engins explosifs lors de la réalisation des ouvrages dans le secteur des Ardoines	
	Présence de l'ancienne zone industrielle des Ardoines (sites BASIAS et BASOL) et pollution dû aux activités actuelles et passées	Risque d'impact fort dans le secteur des Ardoines et de Champigny lié à la mobilisation de terrains pollués lors de la réalisation des ouvrages	
	Présence d'une pollution avérée dans le secteur d'aménagement de la gare de Champigny Centre du fait d'activités industrielles ponctuelles	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains pollués et potentiellement pollués lors de la construction des ouvrages	
	Présence potentielle de pollution sur le reste de la section du fait de remblais potentiellement pollués	Pas d'impact significatif relatif à la pollution du milieu souterrain lors du creusement du tunnel au tunnelier	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Volume de déblais important – Présence d'un seul axe routier structurant à proximité (A4)	Impact fort lié au volume important de déblais en phase chantier et au caractère urbain de l'environnement dans lequel s'intègre le projet	
	Pas de risque de pollution pyrotechnique identifié	Pas d'impact lié à la pollution pyrotechnique	
	Présence potentielle de pollution du fait d'activités industrielles et commerciales au niveau du secteur d'aménagement du SMR	Risque d'impact faible lié à la mobilisation de terrains potentiellement pollués, mais limité dans les secteurs d'aménagement les plus éloignés des riverains	
	Présence potentielle de pollution du fait de remblais potentiellement pollués sur le reste de la section		

5.10 Vibrations

5.10.1 En phase travaux

Pour la construction de la plupart des gares, des sites de maintenance et des ouvrages annexes, les techniques de construction suivantes seront utilisées :

- Parois moulées.
- Brise roche hydraulique.
- Compactage dynamique.

Ces méthodes permettent de limiter de manière très importante les vibrations liées à la phase de construction.

L'utilisation de ces techniques peut être considérée comme une mesure d'évitement.

En revanche, pour la gare de Pont De Sèvres, la technique de battage de palplanches, caractérisée par un impact vibratoire non négligeable sera utilisée pour positionner les parois dans le sol. Une surveillance spécifique sera donc mise en place.

Des mesures de contrôle et de surveillance des vibrations seront à prévoir a minima lors de la mise en place et du retrait des palplanches pour la construction de la gare de Pont De Sèvres, afin de s'assurer de l'état et de la stabilité des berges et d'autres constructions sensibles.

Les impacts liés aux travaux de construction des gares sont considérés comme faibles, à l'exception des travaux de construction de la gare de Pont De Sèvres.

Pour la construction du tunnel, il est prévu le recours au tunnelier. Cette technique présente de nombreux avantages notamment pour limiter les effets potentiels sur la stabilité des sols, ou sur le fonctionnement des nappes souterraines.

Elle permet également de limiter les nuisances en surface, d'une part du fait du creusement en profondeur, et d'autre part du fait du type de creusement proposé.

Les retours d'expérience sur la réalisation de plusieurs ouvrages ces 30 dernières années en région parisienne), tous implantés à environ 20 mètres sous le terrain naturel, montrent l'absence de nuisances perceptibles en surface générées par le creusement au tunnelier.

En conclusion, la mise en œuvre de cette technique permet de limiter de manière significative l'émission de vibrations, et peut être considérée comme une mesure d'évitement. Les impacts liés à ces travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles a priori. Ils seront bien entendu vérifiés dans la partie relative à l'évaluation du risque vibratoire.

Les impacts liés aux travaux de creusement du tunnel sont considérés comme faibles.

5.10.2 En phase exploitation

En phase d'exploitation, l'émission éventuelle de vibrations est liée à la circulation des trains dans le réseau.

Les caractéristiques du matériel roulant, sa vitesse, sa masse, ainsi que le modèle de rugosité roue-rail étant considérés connus, le paramètre essentiel à prendre en compte, en complément des données de l'état initial, correspond à la profondeur du tunnel.

C'est en effet un paramètre essentiel pour l'analyse de risque car l'impact vibratoire dépend de la distance entre la source de vibration (train à l'intérieur du tunnel) et le récepteur en surface ou les fondations des bâtiments.

L'analyse est conduite à partir de la profondeur de voies (la distance entre la surface du sol et la voie de circulation du métro), et de la sensibilité de l'état initial (sur la base de la typologie de bâtiment), permettant d'identifier des zones de risque homogènes ainsi reparties :

- Environ 80% du tracé présente un risque a priori négligeable voire acceptable.
- 2 zones d'environ 750 m et 1 000 m de linéaire présentent un niveau de risque qu'il convient de calculer.
- Et enfin une dernière zone plus étendue à l'Est du tracé sur environ 3 100 m, présente également un risque à préciser.

A ce stade de l'étude, la réalisation de modélisations détaillées prenant en compte la composition exacte du sous-sol au niveau de différentes coupes a permis de quantifier avec plus de précision le risque réel ou non de dépassement des seuils vibratoires. Les résultats de cette analyse peuvent être ainsi résumés :

- Dans les zones a priori identifiées comme étant à risque négligeable, les seuils ne sont pas dépassés.
- Dans les zones a priori identifiés comme étant à risque acceptable, les seuils peuvent être dépassés.
- Dans les autres zones, il est effectivement constaté un risque de dépassement des seuils en termes de vibration et de bruit solidien.

Ces résultats, obtenus en considérant un matériel roulant classique sur roues métalliques et une pose de voie directe, permettent de conclure sur la nécessité de prévoir des mesures compensatoires en complément des mesures d'évitement et de réduction initialement prévues.

5.10.3 Mesures de suivi et de compensation

Les principales mesures compensatoires envisagées par la Société du Grand Paris au stade de l'étude d'impact sont :

- **Application du Plan de Management** et le suivi permanent d'un organisme de second regard.
- **Réalisation de modélisations** de l'impact vibratoire et de mesure de la fonction de transfert dans le sol et dans les bâtiments sensibles.
- **Mesures de suivi des vibrations lors des phases de creusement** : avant, pendant et après le passage du tunnelier, la Société du Grand Paris prévoit la réalisation de mesures de vibrations au niveau de la surface pour s'assurer du respect d'un niveau temporaire acceptable. En cas de niveaux trop élevés observés, des ajustements peuvent être opérés sur le fonctionnement du tunnelier.
- **Réalisation de simulations avant le démarrage de l'exploitation** : Avant l'ouverture au public du réseau, des essais *in situ* sont prévus pour s'assurer des niveaux de vibrations en surface.

- **Mesures de suivi en phase d'exploitation** : Des mesures des niveaux vibratoires seront réalisées en phase d'exploitation au niveau de la surface. Il s'agit de s'assurer du niveau atteint par rapport aux résultats des calculs. Dans le cas où des dépassements importants seront identifiés, des dispositifs pourront être mis en place.

- **Dispositifs techniques de réduction des vibrations (au besoin)** : Afin d'éviter les dépassements des seuils au niveau des récepteurs, des dispositifs spécifiques pourront être mis en place au niveau des voies de roulement.

- **Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure,** et notamment de l'efficacité du contact rail-roue.

- **Indemnisation des impacts constatés :** En phase d'exploitation**,** si des désordres étaient observés en surface, un dispositif d'indemnisation pourra être mis en place par la Société du Grand Paris. Cette démarche s'appuie dans un premier temps sur les diagnostics du bâti réalisés avant le démarrage des travaux.

5.10.4 Conclusions

En phase chantier, les impacts sont jugés faibles sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud pour la réalisation des gares, à l'exception de la gare de Pont De Sèvres pour la phase de battage de palplanches.
Concernant l'impact en phase exploitation, les impacts sont synthétisés au sein du tableau suivant.

Section	Rappel des enjeux les plus sensibles	Profondeur des voies et résultats des modélisations	Dispositifs retenus pour la pose des voies	Mesures générales à mettre en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Zones pavillonnaires, écoles, collèges Présence potentielle d'anciennes carrières Présence de réseaux enterrés (SIAAP et GDF) Croisement avec RATP ligne 9 et RER C	Supérieure à 25 m **Calcul : Résidence Agora, à Issy-Les-Moulineaux** **Aucun dépassement**	Niveau 1	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques **Mesures de suivi** Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux, attention particulière pour la construction de la gare de Pont de Sèvres **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard. Adaptation du type de pose de voie **Mesures de compensation** Indemnisation des éventuels impacts constatés **Mesures de suivi** Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure
Issy RER à Arcueil - Cachan	Hôpital des armées Percy Ecole maternelle Paul Bert, collège Victor Hugo, Ecole primaire H. Barbusse, Lycée L. Girard Zones pavillonnaires Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP) Croisement avec RER C	Supérieure à 25 m **Calcul : 162, avenue du Général De Gaulle, Clamart** **Jusqu'à 16 dB de dépassement**	Niveau 3	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques **Mesures de suivi** Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard Adaptation du type de pose de voie **Mesures de compensation** Indemnisation des éventuels impacts constatés **Mesures de suivi** Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure
	Zones pavillonnaires, bâtiments commerciaux, espaces publics Carrières à ciel ouvert et / ou souterraines remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF) Croisement avec RER B et RATP ligne 13	Supérieure à 25 m **Calcul : Bd Frères Vigoreux, Clamart** **Jusqu'à 1 dB de dépassement**	Niveau 1+	
		Supérieure à 25 m **Calcul Avenue Louis Gorgeon, Cachan** **Jusqu'à 11 dB de dépassement**	Niveau 2	

Section	Rappel des enjeux les plus sensibles	Profondeur des voies et résultats des modélisations	Dispositifs retenus pour la pose des voies	Mesures générales à mettre en œuvre
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Zone d'habitations collectives Ecole primaire Jean Vilar, Ecole maternelle Charles Perrault Institut Gustave Roissy Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP) Croisement avec RER B, Autoroute A6 et future ligne 14	Supérieure à 20 m **Calcul : Institut Gustave Roissy, Villejuif** **Aucun dépassement**	Niveau 1	**PHASE CHANTIER** **Mesures d'évitement et de réduction** Mise en œuvre de techniques constructives spécifiques **Mesures de suivi** Campagne de communication Mesures sur site en cours de travaux. **PHASE EXPLOITATION** **Mesures d'évitement et de réduction** Application du Plan de Management Suivi permanent par l'organisme de second regard Adaptation du type de pose de voie **Mesures de compensation** Indemnisation des éventuels impacts constatés **Mesures de suivi** Réalisation de mesures en phase d'exploitation Entretien du matériel roulant et de l'infrastructure
Vitry Centre à Champigny Centre	Parking de la Mairie de Vitry, plusieurs bâtiments de moyenne et grande hauteur Bibliothèque Nelson Mandela, inscrite aux Monuments Historiques Complexe « Sanofi-Aventis Recherche et Développement » Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL) Croisement avec RERC, RERD	Généralement supérieure à 20 m **Calcul : 8, rue Albert Einstein, Créteil** (Profondeur inférieure à 20 m) **Jusqu'à 8 dB de dépassement**	Niveau 1	
	Université Paris Est Créteil Cité d'HBM du Square Maurice Dufourmentelle Cathédrale Notre Dame de Créteil Carrières à ciel ouvert remblayées Présence de réseaux enterrés (SIAAP, GDF, TRAPIL) Croisement avec RATP ligne 8	**Calcul :** (Profondeur inférieure à 20 m) **Jusqu'à 2 dB de dépassement**	Niveau 1+	
	Collège Plaisance Laboratoires Centre Hospitalier Universitaire Henri Mondor Ancienne abbaye de Saint Maur Carrières à ciel ouvert remblayées Croisement avec RER A,	**Calcul :** (Profondeur inférieure à 20 m) **Aucun dépassement**	Niveau 1	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Bâtiments de grande hauteur Institut médico-éducatif AFASER, Centre de formation, Petite enfance	Entre 20 et 25 m **Calcul : 14, Rue Jean Jaurès, Champigny-sur-Marne** **jusqu'à 9 dB(A) de dépassement** **Calcul : 5-7 Rue Des Boutaraines, Champigny-sur-Marne** (Profondeur inférieure à 20 m) **Jusqu'à 5 dB de dépassement**	Niveau 1	
	Ecole maternelle des Richardets Plusieurs bâtiments de hauteur moyenne à grande Présence potentielle d'anciennes carrières Présence de réseau GDF	Entre 20 et 25 m **Calcul : route de Champigny, Villiers Sur Marne** **Aucun dépassement** **Calcul : Ecole Des Richardets, Noisy-le-Grand** **jusqu'à 6 dB(A) de dépassement**	Niveau 1	
	Bâtiments de grande hauteur Présence de réseau GDF et SIAAP Croisement Autoroute A4, RERA, Ligne ZSNCF	Entre 20 et 25 m **Calcul : Ecole Des Richardets, 1 Avenue des Écoles, Noisy-le-Grand** **Jusqu'à 10 dB(A) de dépassement**	Niveau 1	

5.11 Milieux naturels, la faune, la flore et les continuités écologiques

5.11.1 Analyse / Interprétation

Le projet de métro automatique est prévu en totalité en souterrain, limitant ainsi les impacts sur les milieux naturels, la faune et la flore. Ces impacts potentiels ne peuvent être localisés qu'aux emprises des émergences (gares, ouvrages de sécurité, site de maintenance et de remisage et site de maintenance des infrastructures).

Afin d'anticiper l'existence d'impacts potentiels sur la faune, la flore et les milieux naturels, la Société du Grand Paris a mis en place la démarche ERC : Éviter, Réduire, puis en dernier recours Compenser pour son projet dès les premières étapes de sa conception.

Cela se traduit au niveau des études d'impact et des dossiers de dérogation, si ces derniers sont nécessaires, par :

- Dans un premier temps, mettre en place des mesures d'évitement des impacts (adaptation de la conception et des emprises, ajustement temporel des dates de démarrage des travaux etc....) ;
- Ensuite, définir des mesures de réduction des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ;
- Enfin, construire avec les acteurs du territoire des mesures de compensation des impacts qu'il n'aurait pas été possible d'éviter ou de réduire. Ces impacts sont dits résiduels et déclenchent le passage aux mesures compensatoires dans la mesure où l'état de conservation des espèces ou habitats est remis en cause par le projet.

Pour l'analyse des impacts potentiels sur les habitats et les espèces, une approche par secteurs d'aménagement concernés par des ouvrages du futur métro a été retenue.

Pour une meilleure compréhension et en raison du nombre important de mesures proposées, ces dernières ont été dissociées en deux types :

- **Des mesures spécifiques, mises en œuvre pour le projet de Ligne 15 Sud. Ces mesures sont identifiées et présentées pour chaque élément de projet dans le tableau en page suivante.**

- **Des mesures génériques**, mises en œuvre systématiquement pour tous les ouvrages de la Ligne 15 Sud. Ces mesures génériques regroupées en grand ensemble de mesures permettent d'éviter et de réduire les impacts pressentis.

5.11.2 Conclusions

La Ligne 15 Sud étant entièrement construite en souterrain, seuls les puits d'entrée, de sortie et les gares aériennes sont à l'origine d'impacts potentiels sur la faune, la flore, les milieux naturels et les continuités écologiques.

Les impacts sont donc très limités en surface, chaque élément projet a été pensé de manière à limiter au maximum les effets d'emprise, de dérangement et de destruction sur la faune et la flore.

La démarche d'évitement et de réduction permet d'intégrer la mise en place de mesures simples et adaptées à chaque élément du projet. Le détail de ces mesures est précisé dans l'analyse des impacts.

Suite à la mise en place de cette démarche Eviter Réduire, quatre secteurs d'aménagement présentent des impacts significatifs sur la faune : la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy, le secteur d'aménagement de la friche Arrighi, le SMR de Champigny et la gare de Noisy-Champs.

La mise en place de mesure de compensation est alors nécessaire. Leur définition se base sur les principes suivants :

- **Pas de perte nette de biodiversité** : Les paragraphes suivants ainsi que le paragraphe qui concerne les mesures d'évitement et d'atténuation s'appliquent à démontrer l'absence de perte nette d'habitats ou de fonctionnalité ;
- **Recherche de l'additionnalité** aux engagements du public : les mesures de compensation proposées s'inscrivent dans la plus-value écologique à l'action publique enclenchée par ailleurs ;
- La **faisabilité et la pérennité des mesures** : les mesures s'appuient sur des partenaires publics (AEV, ONF, Syndicat mixte) afin de garantir leur pérennité et leur chiffrage inclura leur réalisation et leur gestion sur un pas de temps de 30 ans.

Synthèse des besoins de compensation identifiés à l'échelle de l'ensemble du projet

Ouvrage concerné	Espèces concernées	Surfaces impactées par le projet
Besoins de compensation liés aux milieux ouverts		
Gare de Villejuif IGR	Conocéphale gracieux et Azurée des cytises	1,5 ha de friches thermophiles hautes
Friche Arrighi Vitry	Conocéphale gracieux et Œdipode turquoise	Mosaïque de friches thermophiles hautes (0,15 ha) et rases à écorchées (0,5 ha)
SMR de Champigny	Mante religieuse, Conocéphale gracieux et Azurée des cytises	0,65 ha de mosaïque de friches thermophiles avec des patchs de Fabacées
Entre deux ferroviaire	Œdipode turquoise	0,3 ha de friches thermophiles rases et écorchées
Entre deux ferroviaire	Linotte mélodieuse	1,3 ha de mosaïque de friches thermophiles et arbustive (dont 0,3 ha en commun avec les insectes)
Total (Milieux ouverts)		**4,1 ha de friche thermophile et arbustive**
Besoins de compensation liés aux milieux aquatiques		
Gare de Noisy-Champs	Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile	1 mare
Total (Milieux aquatiques)		**1 mare**
Besoins de compensation liés aux milieux boisés		
Gare de Noisy-Champs	Triton alpestre, Triton ponctué, Triton crêté et Grenouille agile	3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens
Total (Milieux boisés)		**3,2 ha d'habitats boisés**
Besoins de compensation liés aux habitats de chasse du Faucon hobereau		
Friche Arrighi Vitry	Faucon hobereau	0,08 ha d'habitats

Les mesures compensatoires sont en cours de précision avec les partenaires à qui elles seront rétrocédées ou avec lesquelles elles sont proposées (Agence des Espaces Verts notamment). Le chiffrage de ces mesures sera précisé dans le cadre du dossier de demande de dérogation d'espèces protégées.

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – milieu naturel, faune, flore et continuités écologiques

A l'issue de la mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction, des impacts résiduels significatifs persistent sur les espèces suivantes : Conocéphale gracieux, Mante religieuse, Œdipode turquoise, Azurée des cytises, Grenouille agile, Triton alpestre, Triton ponctué, Triton palmé, Linotte mélodieuse et Faucon hobereau. Ces impacts concernent la destruction d'habitats des espèces précitées, à hauteur de 4,1 ha de friches herbacées et arbustives (dont 2,3 ha de friche thermophile haute, 0,8 ha de friche rase à écorchée et 1 ha de friche herbacée et arbustive), d'une mare et de 3,3 ha d'habitats boisés (dont 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens et 0,08 d'habitat de nidification du Faucon hobereau).

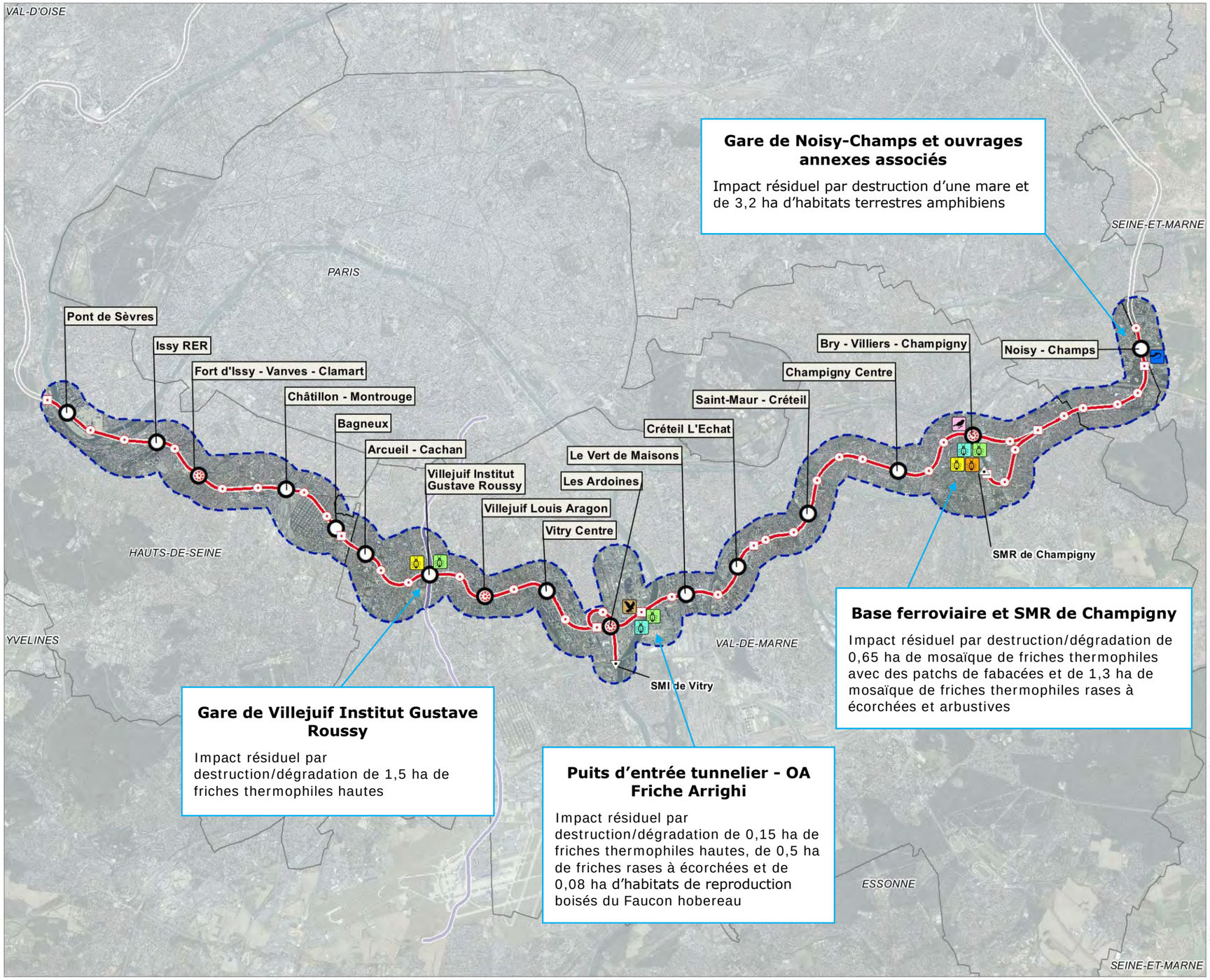
Des mesures de compensation in-situ et ex-situ sont mises en œuvre et font l'objet de partenariat avec l'Agence des Espaces Verts dans le cadre de la compensation « faune, flore » et avec l'Office National des Forêts. Par ailleurs la compensation « boisement » détaillée dans le chapitre suivant a été travaillée avec l'ONF afin d'apporter une plus-value forestière répondant aux attentes du code forestier mais aussi écologique afin de renforcer la cohérence des mesures de compensation écologiques proposées.

Les mesures de compensation, en cours de précision avec les partenaires, sont les suivantes :

- **Mesures de compensation liées aux milieux ouverts**
    - Mesure de compensation *In situ* : création d'une toiture végétalisée sur le SMR de Champigny en liaison avec le sol
    - Mesure de compensation *Ex situ* : création/restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives avec l'Agence des Espaces Verts
- **Compensation d'habitats aquatiques de reproduction de type mare et habitat terrestre d'hivernage de type milieux boisés en faveur des amphibiens**
    - Mesure de compensation *In situ* : création de mares au niveau du secteur d'aménagement du SMR de Champigny
    - Ex-situ : création/restauration d'habitat aquatique et terrestre sur le bois de Célie avec l'Agence des Espaces Verts
- **Compensation d'habitats en faveur du faucon hobereau**
    - Mesure de compensation : création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame

Pour conclure, il résulte que, compte tenu des enjeux mis en évidence et des mesures d'évitement, de réduction, de compensation et d'accompagnement qui seront mises en place, le projet n'est pas de nature à nuire au maintien, dans un état de conservation favorable, des populations des espèces protégées et patrimoniales à l'échelle locale.

Localisation des impacts résiduels significatifs sur les habitats d'espèces et les individus



Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	**Ile de Monsieur**	Insectes patrimoniaux : destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Rendre la zone défavorable pour le groupe afin de favoriser le report des espèces sur les habitats alentours favorables Adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Gare Pont de Sèvres	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
	Place de la Résistance	Milieux aquatiques **:** déchets flottants dans la Seine**,** chute de matériaux et sédiments**,** pollution accidentelle par ruissellement des eaux usées	Mise en place de barge de récupération des déchets et tri effectué dans la base chantier Mise en place de barrière anti-MES Mesures simples de prévention		
	Gare Issy RER	Continuités écologiques : diminution de la fonctionnalité au sein de la liaison d'intérêt pour Paris et sa petite couronne (définit par le SRCE)	Remise en état des abords de la gare par traitement paysager et plantation d'arbres sans imperméabilisation du sol		
Issy RER à Arcueil-Cachan	**Fort d'Issy-Vanves-Clamart**	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de la station Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Balisage de la station pour éviter l'impact de la phase chantier Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles Oiseaux : Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Parc Henri Barbusse Square Malleret Joinville Fort de Vanves Cimetière Parisien Pierre Plate	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
	Gare de Bagneux	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Parc Robespierre Gare d'Arcueil Cachan	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	**Square du Général de Gaulle**	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : mise en défense ou déplacement de l'espèce sur le parc Raspail Oiseaux : adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Vitry centre à Champigny Centre	**Jardin panoramique**	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : mise en place d'un balisage des stations Oiseaux : Adaptation de la période de travaux	travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	
	Villejuif Institut Gustave Roussy	Flore patrimoniale : dégradation voire destruction de l'habitat et des stations Insectes : dégradation, destruction d'habitat et d'individus Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Amphibiens : dégradation d'habitat terrestre, dérangement	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Insectes : déplacement des populations des orthoptères, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes Oiseaux : adaptation de la période de travaux Amphibiens : mise en place de barrières anti-retour, gestion adaptée du chantier		**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ :</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
	Rue du Génie Vitry Centre	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Rue Louis Marchandise et avenue Albert Thomas	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	SMI de Vitry	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Gare Le Vert de Maisons	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		
	Impasse de l'Abbaye	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Vitry Centre à Champigny Centre	**Friche Arrighi**	Flore patrimoniale : destruction des milieux et des stations de flore patrimoniales Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Insectes : déplacement des populations des orthoptères (Conocéphale gracieux, Œdipode turquoise, Caloptère italien, Decticelle chagriné et Carroyée) Oiseaux : adaptation de la période de travaux et suivi avant travaux pour vérifier la nidification du Faucon Hobereau Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	**Compensation insectes dans le fuseau d'étude :** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **Compensation insectes ex-situ:** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis **Compensation Faucon hobereau :** création de berges en pentes douces pour développer l'offre alimentaire du Faucon hobereau et favoriser ainsi sa nidification en forêt de Notre Dame
	Avenue Charles Floquet	Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement Création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
Champigny Centre à Noisy-Champs	**Gare de Champigny Centre Clos du pré de l'étang**	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Bry-Villiers-Champigny Ave Henri Dunant Villiers	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Espèces invasives : Risque de propagation des invasives	Adaptation de la période de travaux Espèces invasives : délimitation des stations		

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Champigny Centre à Noisy-Champs	**SMR de Champigny et OA 0813P**	Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité Espèces invasives : risque de propagation des invasives	Insectes : déplacement des populations de Conocéphale gracieux et de Mante religieuse, fauchage du site afin de le rendre défavorable aux insectes Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles Continuités écologiques : réaménagement du site prenant en compte cette dimension Espèces invasives : délimitation des stations	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
	Base ferroviaire de Bry-Villiers-Champigny	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : programme expérimental de transplantation ou de recueil de graine pour replantation Insectes : déplacement des populations d'Œdipode turquoise Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retrait des refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence de l'espèce avérée		**<u>Compensation insectes dans le fuseau d'étude :</u>** Création d'une toiture végétalisée en connexion avec le sol sur le SMR de Champigny **<u>Compensation insectes ex-situ:</u>** Restauration des pelouses semi-sèches calcaires subatlantiques et de dunes intérieures avec pelouses ouvertes à Corynephorus et Agrostis
	Sentier des marins	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Reptiles : retraites refuges pour le Lézard des murailles dans le secteur d'aménagement, création de cache de substitution pour le Lézard des murailles si présence avérée		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Place des Yvris	Flore patrimoniale : dégradation des milieux autour des stations de flore et piétinement en phase chantier Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Flore patrimoniale : déplacement / transplantation / récolte de graines des espèces patrimoniales identifiées Oiseaux : adaptation de la période de travaux		Aucune mesure de compensation n'est nécessaire

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre		
			Mesures d'évitement et de réduction spécifiques	Mesures générales	Mesures de compensation
Champigny Centre à Noisy-Champs	**Rue du Ballon**	Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats	Adaptation de la période de travaux	Formation du personnel de chantier Évitement de la prolifération d'espèces invasives Remise en état du sol après travaux Installation systématique de clôtures temporaires étanches à la traversée des milieux naturels et des dispositifs pour contenir les polluants en cas d'accidents sur les chantiers Mise en œuvre d'un suivi de chantier par un écologue dans le but d'assurer la bonne mise en œuvre des mesures Adaptation du calendriers de début de travaux Adaptation de l'éclairage de chantier la nuit - choix de luminaires adaptés	Aucune mesure de compensation n'est nécessaire
	Gare de Noisy-Champs **OA Bd du Ru de Nesles** **OA Bd de Champs Nesles**	Insectes : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Oiseaux : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Reptiles : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Amphibiens : dérangement, destruction d'individus et d'habitats Chiroptères : destruction d'arbres âgés potentiellement favorables à l'accueil de chauve-souris en hibernation ou en repos Mammifères : dérangement, dégradation et destruction d'individus et d'habitats Continuités écologiques : impact sur la fonctionnalité du corridor arboré à fonctionnalité déjà réduite identifiée par le SRCE Espèces invasives	Oiseaux : adaptation de la période de travaux Amphibiens : mise en place d'un processus de capture/déplacement et mise en place de barrières anti-retour pour éviter le retour des espèces Chiroptères : adaptation du calendrier de défrichement, passage d'un écologue, précaution lors de l'abatage d'arbres si gîte avéré Mammifères : adaptation du calendrier travaux Continuités écologiques : compensation boisée prenant en compte cette dimension de fonctionnalité et de continuité écologique Espèces invasives : export de terre limité et traitement dans une filière adaptée, suivi des espèces invasives par un écologue de chantier		**<u>Compensation amphibiens :</u>** Création d'une mare prairiale et participation à la restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (AEV)

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections confondues	Aucun site Natura 2000 n'est présent dans le fuseau d'étude	Le projet ne prévoit pas d'émergence sur un site Natura 2000. Il n'y a donc pas d'incidence directe, temporaire ou permanente, par effet d'emprise. De plus, la phase chantier n'aura pas d'incidence indirecte sur le réseau hydrologique du parc de la Haute-Ile (entité Natura 2000 la plus proche).	-

5.12 Boisements au sens du Code forestier

5.12.1 Analyse / Interprétation

L'impact du projet sur les boisements est évalué au regard de plusieurs thématiques : le climat, la topographie, la structure des sols, la pollution des sols, l'état phytosanitaire des végétaux, les milieux naturels, la faune, la flore, les continuités écologiques, les risques technologiques, le tourisme et les loisirs ainsi que sur le paysage.

A l'échelle du fuseau d'étude, le défrichement des boisements s'étend sur 69 317 m² soit environ 6,9 ha :

- **959 m² pour le boisement du Fort de Vanves,**
- **5 691 m² pour le boisement de Bry-Villiers-Champigny,**
- **4 942 m² pour le boisement du SMR de Champigny,**
- **57 725 m² pour le boisement de Noisy-Champs.**

5.12.2 Conclusion sur les boisements au sens du Code forestier

Ainsi moins de 7 ha (6,9 ha) de boisements vont être défrichés pour débuter les travaux de la Ligne 15 Sud. Dans ce contexte, des mesures de compensation seront mises en œuvre. Le détail de ces mesures de compensation est en cours de concertation entre les différents organismes concernés. La compensation s'oriente notamment sur la mise en œuvre d'opérations d'enrichissement par plantation en ligne ou en nid à proximité du fuseau de la Ligne 15 Sud, pour un montant équivalent calculé sur la base d'une superficie d'hectare "objectif".

L'Office national des forêts (ONF) est identifié pour porter la réalisation de ces opérations, dans l'objectif de permettre l'identification des actions conduites et de les rendre accessibles aux usagers du Grand Paris Express et habitants concernés par le défrichement.

L'identification de deux secteurs pertinents pour ces opérations de reboisement est en cours de finalisation avec l'ONF. Les secteurs cohérents avec des enjeux pour les continuités écologiques et les milieux humides forestiers sont favorisés.

Synthèse des impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et en phase d'exploitation – Boisements au sens du Code forestier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-
Issy RER à Arcueil-Cachan	Présence du boisement du **Fort de Vanves**	Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration	-
		Impact négligeable sur la topographie	-
		Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement	-
		Impact faible à modéré par pollutions accidentelles	Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle
		Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie	-
		Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux	Limitation du broyage du bois sur place Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux
		Impact faible sur les habitas, la flore et la faune	-
		Impact négligeable sur les continuités écologiques	-
		Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles	-
		Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques	-
		Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs	-
		Impact faible sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel	Réaménagement après travaux
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Vitry centre à Champigny Centre	Aucun boisement au sens du Code forestier n'est en interaction avec le projet	-	-
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence de 3 boisements au sens du Code forestier en interaction avec le projet : - boisement de **Bry Villiers Champigny** - boisement du **SMR de Champigny** - boisement de **Noisy-Champs**	Impact négligeable sur le climat par diminution du phénomène d'évapotranspiration	-
		Impact négligeable sur la topographie	-
		Impact nul par perturbations de la structure des sols notamment par tassement	-
		Impact faible à modéré par pollutions accidentelles	Entretien, réparation et ravitaillement des engins de chantier exclusivement réalisés sur des zones réservées à cet effet Mise en place de mesures de confinement en cas de pollution accidentelle
		Impact négligeable sur le risque d'érosion et d'incendie	-
		Impact faible sur l'état phytosanitaire des végétaux	Limitation du broyage du bois sur place Réalisation d'un balisage des arbres voués à être défrichés en amont du démarrage des travaux
		Impact faible sur les habitas et la flore pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny à modéré à Noisy-Champs	-
		Impact faible sur la faune pour les boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny à modéré à Noisy-Champs	Adaptation de la période de défrichement aux sensibilités de l'avifaune Mise en œuvre d'un processus de capture/déplacement des individus de Grenouille agile, de Triton alpestre, de Triton ponctué et de Triton crêté en amont de la phase chantier Mise en place de barrières anti-retour
		Impact faible à modéré sur les continuités écologiques	-
		Impact nul sur le contexte socio-économique et les activités sylvicoles	-
		Impact nul sur les risques majeurs industriels et technologiques	-
		Impact faible à négligeable sur le tourisme et les loisirs	-
		Impact faible à modéré sur le paysage et nul sur le patrimoine culturel	Réaménagement après travaux au niveau des boisements de Bry-Villiers-Champigny et du SMR de Champigny

5.13 Zones humides

5.13.1 Analyse/interprétation

Concernant les zones humides, seuls quatre secteurs présentant des zones humides ont fait l'objet d'une analyse des impacts. Il s'agit des secteurs d'aménagement de la Friche Arrighi Vitry, de Villejuif Institut Gustave Roussy, du SMR de Champigny et du secteur d'aménagement de Noisy-Champs. Les autres secteurs d'aménagement ne sont pas concernés. La démarche de caractérisation des impacts est identique à celle décrite dans le chapitre faune-flore du présent document.

Les mesures d'évitement, de réduction des impacts et de compensation des effets résiduels entreprises dans le cadre des autorisations préalables au chantier concernent :

- Le respect de la nomenclature Loi sur l'Eau,
- Le respect des périodes de reproduction et de migration des espèces inféodées aux zones humides impactées,
- La gestion de l'assainissement du chantier et des émergences construites (gares, puits) en phase exploitation,
- L'entretien des engins et des aires de stockages des produits polluants en phase chantier et des installations après mise en service,
- La mise en œuvre de mesures limitant la chute de matériaux en Seine et la remise en suspension de MES,
- La mise en œuvre de mesures d'urgence en cas de déversements accidentels de polluants,
- La définition des points de rejets des eaux pluviales au niveau des réseaux existants, sur accord du gestionnaire du réseau,
- La protection des écosystèmes face à la présence d'espèces faunistique et floristique envahissantes,
- Le suivi de l'efficacité du chantier et de la mise en place des mesures ERC.

5.13.2 Conclusions sur les zones humides

En phase chantier, les emprises du projet impactent directement des zones humides sur les secteurs du SMR de Champigny et de la gare de Noisy-Champs par effet d'emprise. De manière indirecte, des impacts restent potentiels au niveau de la Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy sur la faune inféodée aux milieux humides (amphibiens). Des mesures simples permettent de limiter les impacts sur ces espèces.

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones humides et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises chantiers seront retirées suite aux travaux et les milieux à proximité seront remis en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

A l'issue de la séquence Éviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,63 ha de zones humides sont encore impactées par le projet :

- **599 m² de mares sont détruits sur le secteur d'aménagement de Noisy-Champs,**
- **5737 m² de zones humides dégradées sont détruites sur le secteur d'aménagement SMR de Champigny.**

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.

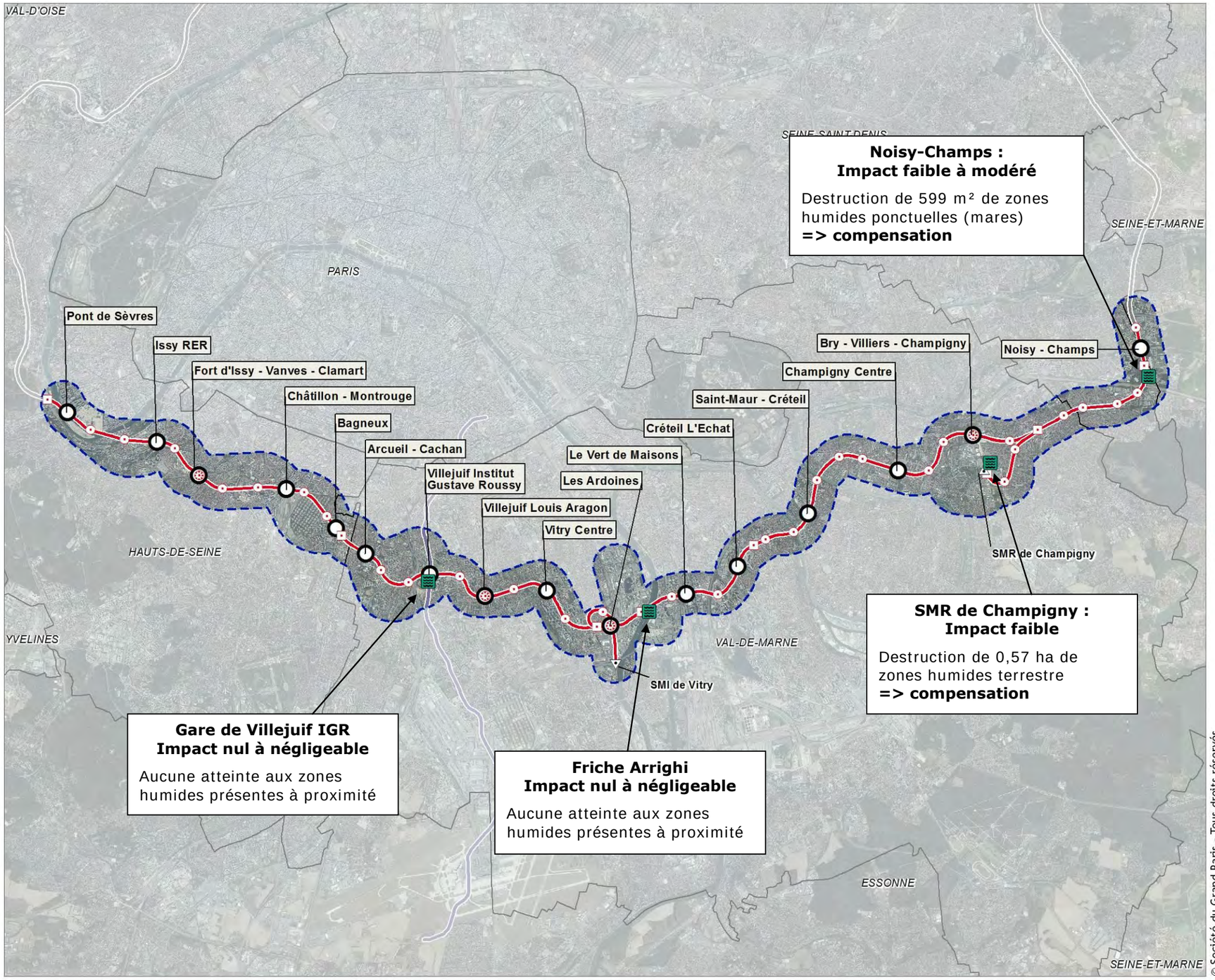
Concernant les zones humides, des mares vont être recrées sur deux secteurs à minima, l'un sur le fuseau (SMR de Champigny) et l'autre sur le bois de Célie (PRIF de l'AEV). Une restauration de landes humides à *Erica tetralix* en forêt de Notre Dame accompagne également les mesures de compensation zone humide.

Enfin, sur le secteur du SMR de Champigny, la zone humide très dégradée et non impactée par le projet d'environ 15 000 m² sera réhabilitée avec la création d'un réseau de mares et de milieux associés hygrophiles. De nouvelles zones humides (noues artificielles et mares) seront recrées suite à la phase chantier sur le secteur sud-ouest.

Au total ce sont plus de 80 ha de zones humides qui vont être recréées et restaurées afin de compenser moins d'un hectare de zones humides relictuelles détruites en secteur urbain. Cette compensation à travers des actions de restauration en forêt domaniale et au sein d'un PRIF va être mise en œuvre sur des fonciers préservés à long terme et avec un engagement de gestion de la SGP auprès des gestionnaires.

Secteurs concernés	Surface impactée	Espèce ciblée par la compensation	Habitats d'espèces	Mesure de compensation réalisée ex-situ, hors fuseau d'étude	Surface compensée	Commentaire
SMR de Champigny	5 737 m²	Espèces communes et ubiquiste	Boisement rudéral – Zone humide relictuelle sur critère pédologique	Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF)	80 ha de boisement et landes humides	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet
Noisy-Champs	599 m²	Grenouille agile, Triton palmé, Triton ponctué, Triton crêté	2 mares forestières en cours d'assèchement	Création d'une mare prairiale et restauration d'un réseau de mares dans le bois de Célie (PRIF AEV) Restauration de boisement et landes humides en forêt de Notre-Dame (Forêt domaniale de l'ONF)	1 mare créée et 5 autres restaurées (> 600 m²) Boisement et lande humides (>80 ha)	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet

Synthèse des impacts résiduels relatifs aux zones humides



Grand Paris Express

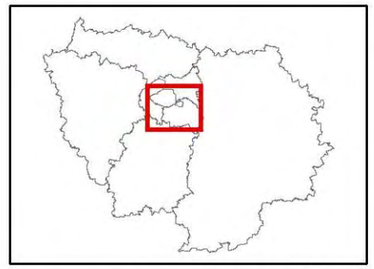
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014
Cartographie : Biotope, 2015



0 2 4 N O E S
Kilomètres

Impacts et mesures d'accompagnement – Zones humides

Section	Ouvrages concernés	Niveau d'enjeu	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet	Mesures compensatoires
Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides.					
Issy RER à Arcueil-Cachan	Pas de présence de zones humides. Pas d'impact sur les zones humides.					
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy	Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux forts à proximité	*Impact direct* Pas d'impact sur les zones humides *Impact indirect* Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité Destruction d'individu Dérangement	- Balisage des zones humides à proximité - Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Mise en place de barrière anti-retour - Adaptation des vitesses de circulation - Humidification des pistes de chantier - Gestion des déchets	Négligeable	Aucune
Vitry Centre à Champigny Centre	OA Friche Arrighi	Enjeux nuls sur le secteur d'aménagement et enjeux modéré à proximité	*Impact direct* Pas d'impact sur les zones humides *Impact indirect* Pas d'impact sur les zones humides	- Aucune mesure nécessaire	Nul	Aucune
Champigny Centre à Noisy-Champs	Gare de Noisy-Champs	Enjeu faible à modéré	*Impact direct et indirect* Destruction et dégradation de zones humides Destruction d'individu *Impact indirect* Dégradation de zones humides Destruction d'individu Dérangement	- Optimisation de l'emprise chantier - Balisage des zones humides et de la flore associée présentes à proximité - Balisage de la Renouée du Japon/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Mise en place de processus de capture/ déplacement - Mise en place de barrière anti-retour - Adaptation des vitesses de circulation, humidification des pistes de chantier	Faible à Modéré Destruction de zones humides (599 m²)	**Recréation de zones humides** Création de mares sur le bois de Célie en partenariat avec l'AEV (> 600 m²) Restauration de landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (environ 80 ha)
	SMR de Champigny	Enjeu faible	*Impact direct* Destruction de zones humides Dégradation de zones humides par dissémination *Impact indirect* Destruction et dégradation de zones humides présentes à proximité	- Optimisation de l'emprise chantier - Balisage de Robinier Faux acacias/ éradication et retraitement en filière spécialisée - Balisage des zones humides présentes à proximité - Balisage de Robinier Faux acacias/ Eradication et retraitement en filière spécialisée Mesure d'accompagnement : *Restauration et amélioration de zones humides terrestres sur le SMR de Champigny*	Faible à Modéré Destruction de zones humides non fonctionnelles (0,57 ha)	**Recréation de zones humides** Restauration de landes humides à Erica tetralix en forêt de Notre Dame en partenariat avec l'ONF (environ 80 ha)

5.14 Frayères

5.14.1 Analyse/interprétation

Les impacts sont considérés comme nuls sur l'ensemble des autres linéaires de berges de la Seine et de la Marne, autres que les trois secteurs d'aménagement suivants : Friche Arrighi Vitry, Pont de Sèvres et Ile de Monsieur.

Pour ces 3 secteurs concernés, des impacts directs et indirects ont été identifiés au regard des aménagements envisagés sur ces secteurs.

Les mesures d'évitement, de réduction des impacts et de compensation des effets résiduels entreprises dans le cadre des autorisations préalables au chantier concernent :

- Le respect de la nomenclature Loi sur l'Eau,
- Le respect des périodes de reproduction et de migration des espèces inféodées aux zones humides impactées,
- Le respect de la qualité de l'eau durant la phase chantier et exploitation,
- La gestion de l'assainissement du chantier et des émergences construites (gares, puits) en phase fonctionnement,
- L'entretien des engins et des aires de stockages des produits polluants en phase chantier et des installations après mise en service,
- La mise en œuvre de mesures limitant la chute de matériaux en Seine et la remise en, suspension de MES,
- La mise en œuvre de mesures d'urgence en cas de déversements accidentels de polluants,
- La définition des points de rejets des eaux pluviales au niveau des réseaux existants, sur accord du gestionnaire du réseau,
- Le suivi de l'efficacité du chantier.

5.14.2 Conclusions sur les frayères

En phase exploitation, le projet ne sera pas de nature à impacter les zones de frayères et la faune inféodée de manière directe ou indirecte. Les emprises implantées en Seine seront retirées suite aux chantiers et les berges seront remises en état. La qualité des eaux sera préservée par le raccordement des ouvrages aux réseaux de traitements existants. Les dérangements sonores et liés à la fréquentation humaine sont déjà existants et le projet ne sera pas à l'origine d'une augmentation significative de ces perturbations. Les espèces concernées sont par ailleurs communes et relativement ubiquistes.

En phase chantier, la démarche d'évitement et de réduction a permis de limiter la destruction des zones de frayères et de réduire des impacts concernant la qualité des eaux, les pollutions, la chute de matériaux en Seine et le respect de la faune et de la flore.

A l'issue de la séquence Eviter-Réduire, il ressort de l'analyse que 0,04 ha de frayères sont encore impactés par le projet :

- **108 m² de frayères dégradés sur le secteur d'aménagement de l'Ile de Monsieur,**
- **302 m² de frayères détruits sur le secteur d'aménagement de Pont de Sèvres.**

Ce constat nécessite la mise en œuvre de mesures de compensation.

Afin de compenser la destruction de frayères, la SGP s'engage à créer et entretenir les milieux suivants :

- Des plages d'hélophytes en tunage ; ces plages seront créées avant la destruction des frayères en phase chantier
- Des radeaux flottants et des frayères artificielles, ces radeaux et frayères seront installés e manière concomitante et une fois la phase chantier finalisée.

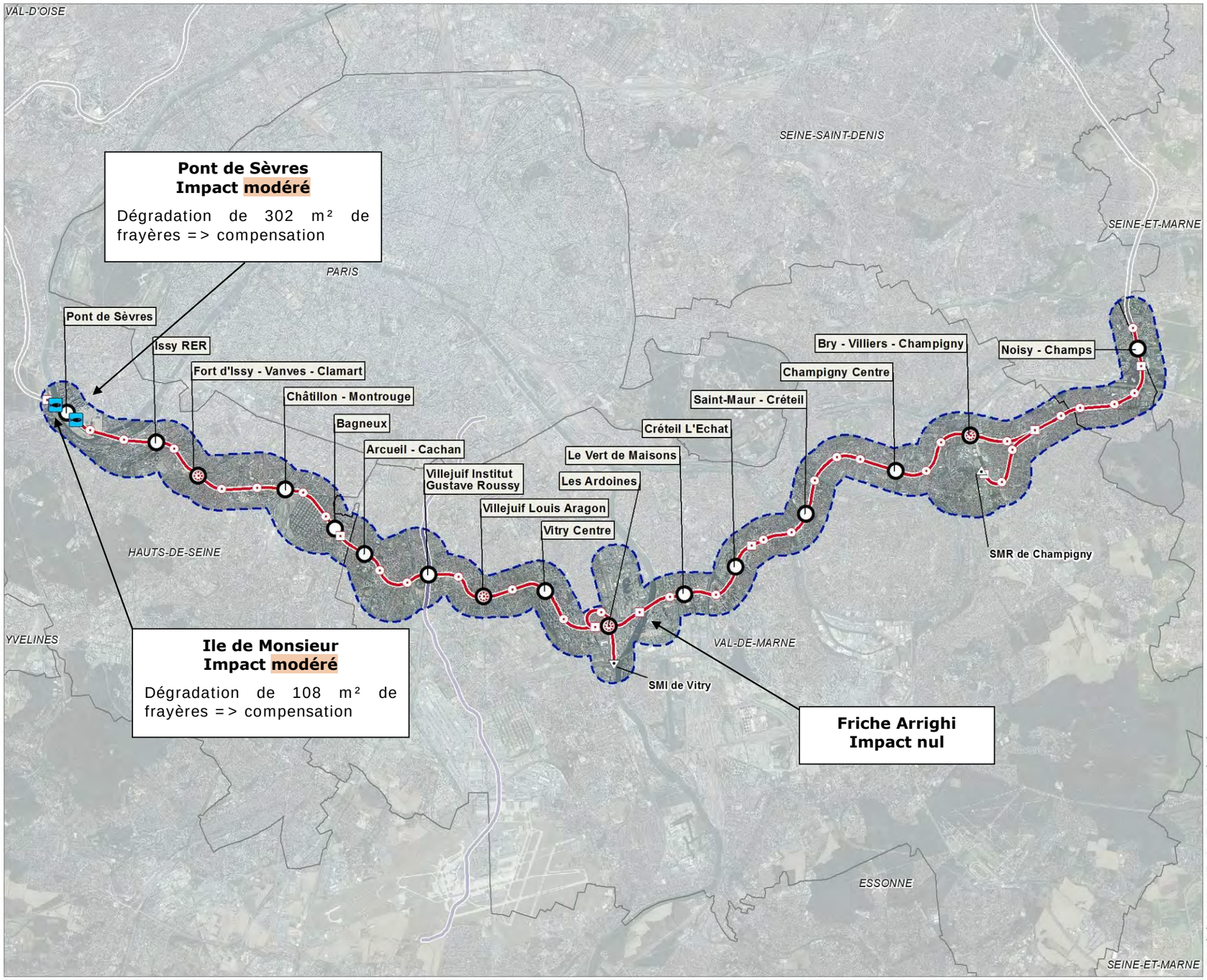
La mise en œuvre de ces mesures a fait l'objet d'un état initial complet afin de statuer sur la faisabilité de ces propositions. Dans le souhait constant d'accroitre la plus-value écologique, une recherche d'optimisation des surfaces et de leur temporalité d'installation a été réalisée.

Synthèse des mesures de compensation mises en œuvre pour chacune des espèces concernées

Espèce ciblée par la compensation	Habitats d'espèces	Superficie impactée par le projet	Mesures de compensation	Superficie compensée	Commentaire
Ichtyofaune commune	Frayères	410 m²	Création de plages d'hélophytes, de radeaux flottants et de frayères artificielles	708 à 762 m² + 170 ml	La superficie et les fonctionnalités écologiques restaurées permettent de compenser les impacts résiduels induits par le projet

Ces compensations proposées en réponse aux impacts résiduels sont supérieures à l'attendu.

Synthèse des impacts résiduels sur les frayères



Grand Paris Express

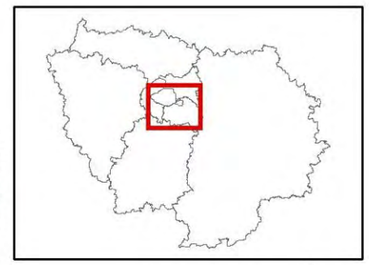
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025) et ligne 16 (mise en service en 2023-2024) à proximité des gares "Pont de Sèvres" et "Noisy-Champs" respectivement
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude
- Limites départementales

THEMATIQUE

- Frayères

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
Biotope 2014 - Cartographie : Biotope, 2015



0 2 4 N O E S
Kilomètres

Impacts et mesures d'accompagnement en phase chantier et phase d'exploitation – Zones de frayères

Section	Ouvrages concernés	Niveau d'enjeu	Effets dommageables prévisibles du projet	Mesures d'évitement et de réduction de l'effet	Impacts résiduels du projet	Mesures compensatoires
Ile de Monsieur/ Pont de Sèvres à Issy RER	OA Ile de Monsieur	Modéré à fort	*Impact direct* Destruction et dégradation de frayères Destruction d'individu Dérangement Espèces envahissantes *Impact indirect* Destruction et dégradation de frayères	- Précautions et limitation des pollutions - Gestion des déchets - Balisage des zones humides présentes entre les berges et les Ducs d'Albe existants lors des travaux d'implantation des nouveaux Ducs d'Albe et du dragage - Balisage des zones humides présentes à proximité - Implantation des Ducs d'Albe sur des secteurs dépourvus d'herbiers aquatiques denses - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (bandes transporteuses) - Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats humides à proximité - Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine - Destruction (Ecrevisse et Poisson Chat)	Modéré Dégradation de frayères (108 m²)	**Recréation de frayères** Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur
	Gare Pont-de-Sèvres	Modéré	*Impact direct* Destruction et dégradation de frayères Destruction d'individu Dérangement *Impact indirect* Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité	- Précautions et limitation des pollutions - Gestion des déchets - Optimisation de l'emprise chantier de l'estacade - Mise en place de dispositif anti-batillage pour le maintien de la fonctionnalité des habitats aquatiques à proximité - Retrait préalable des herbiers aquatiques hors périodes de frai - Adaptation des périodes de mise en place des emprises chantiers et des travaux en lit mineur de la Seine - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets et filets) - Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité	Modéré Destruction de frayères (302 m²)	**Recréation de frayères** Création de plages d'hélophytes en tunage sur les berges de l'Ile de Monsieur Création de radeaux flottants et frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur
Section Vitry centre - Champigny	OA Friche Arrighi (Frayères)	Faible à Modéré (à proximité)	*Impact direct* Pas de destruction de frayères *Impact indirect* Destruction et dégradation de zone de frayères à proximité	- Balisage des zones d'alimentation, de repos et de frayères présentes à proximité - Mise en place d'aménagements pour limiter la mise en suspension de MES (barrage flottant) et de chute de matériaux (clapets) - Mise en place de dispositif anti-batillage	Nul à faible	Aucune

5.15 Services écosystémiques

5.15.1 Méthode générale

Les services écosystémiques soulignent le lien étroit entre la biodiversité et son utilisation par les sociétés humaines. L'existence d'un service écosystémique dépend tout autant de processus écologiques que des pratiques sociales qui en déterminent son utilisation. L'ensemble des services étudiés ont été répartis selon trois catégories : les services d'approvisionnement (production de biens par les écosystèmes et consommés par l'être humain), les services de régulation (processus qui canalisent certains phénomènes naturels et ont un impact positif sur le bien-être humain) et les services socioculturels (bénéfices immatériels que l'être humain tire de la nature en termes de santé, de liberté, d'identité, de connaissance, de plaisir esthétique et de loisirs, etc.).

Chaque milieu, de par son fonctionnement et l'utilisation qui en est faite par la société, est à l'origine d'un certain nombre de services. La méthodologie appliquée pour l'étude des services écosystémiques rendus consiste en l'établissement d'un lien entre chaque type d'habitats naturels et semi-naturels rencontrés sur le périmètre d'étude et les services qu'ils rendent.

5.15.2 Analyse / Interprétation

Sur l'ensemble de la Ligne 15 Sud, les milieux (semi)naturels représentent une superficie totale de **646,0 ha** soit 15 % environ de la superficie totale du tronçon. Ce dernier est donc très urbanisé.

Les parcs urbains sont les milieux (semi)naturels les plus représentés au niveau de la Ligne 15 Sud (57 % des milieux (semi)naturels). Les plus étendus le parc départemental des Hautes Bruyères, le parc départemental du Plateau ou encore le parc de la Butte Verte. Dans un contexte urbain particulièrement dense, ces milieux constituent de véritables « poumons » en cœur de ville, tant pour la qualité de l'environnement de vie des citoyens (régulation du climat local, purification de la qualité de l'air, etc.) que pour les activités sociales qu'ils génèrent (services socioculturels). Les principaux enjeux se concentrent donc au niveau des services socioculturels et de régulation fournis par ces milieux.

Le projet de métro automatique est prévu en totalité en souterrain, limitant ainsi les impacts sur les milieux naturels et semi-naturels à l'origine de services écosystémiques. Le projet engendre ainsi de faibles impacts sur les milieux recensés au sein du fuseau d'étude et donc sur les services écosystémiques qu'ils génèrent

En effet, les parcs urbains, milieux (semi)naturels les plus représentés sur le fuseau d'étude (57 % des milieux (semi)naturels) seront les plus impactés par le projet en phases chantier et exploitation, notamment les petits parcs et espaces verts disséminés dans le fuseau d'étude. Cependant, l'étude réalisée met en évidence des niveaux d'impact relativement faibles et majoritairement temporaires (phase chantier). Ainsi, concernant les services de régulation rendus par ces milieux, et celui de régulation du climat global notamment, seuls de faibles effets ont été révélés par cette étude car l'emprise du projet reste très limitée en surface.

5.15.3 Conclusions sur les impacts sur les milieux à l'origine des services écosystémiques

Les impacts actuels sont limités, en matière d'atteinte aux services écosystémiques. En outre, la construction du métro devrait améliorer l'accessibilité de certains parcs favorisant ainsi l'ensemble des services socio-culturels. Par ailleurs, le projet devrait tendre à une diminution de l'étalement urbain réduisant ainsi les risques de voir disparaître des milieux (semi)naturels, à la faveur de l'expression des services écosystémiques rendus sur le territoire francilien.

Impacts et mesures d'accompagnement – Services écosystémiques

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile de Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER	Services d'approvisionnement très limités	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	Se reporter au chapitre relatif aux milieux naturels
	Services de régulation portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.) et les milieux ouverts présents à proximité de la Seine	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains	
	Services socioculturels portés par les nombreux parcs urbains (parc de l'Ile de Monsieur, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Services d'approvisionnement très limités	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc Rodin, Henri Barbusse, Raspail, etc.)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Arcueil-Cachan à Vitry centre	Services d'approvisionnement notamment représentés par des jardins familiaux	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental des Hautes Bruyères, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Vitry centre – Champigny Centre	Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux	Aucun impact sur les services d'approvisionnement	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.) et les milieux ouverts	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux ouverts et les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc départemental du Plateau, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	
Champigny Centre à Noisy-champs	Services d'approvisionnement représentés par des jardins familiaux	Impacts non évalués	
	Services de régulation principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.), les milieux ouverts et aquatiques (mares)	Impacts faibles sur les services de régulation portés par les milieux boisés et les parcs urbains	
	Services socioculturels principalement portés par les nombreux parcs urbains (parc de la Butte Verte, etc.)	Impacts faibles sur les services socioculturels portés par les parcs urbains	

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

5.16 Agriculture et pédologie

Synthèse des impacts et mesures concernant l'agriculture et la pédologie

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Agriculture : présence de serres municipales	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Issy RER à Arcueil Cachan	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Agriculture : présence de culture sous serres et d'un vignoble	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Pas d'enjeu sur cette section		
Vitry Centre à Champigny Centre	Agriculture : Présence de cultures sous serres	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Unité pédologique 93, L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible		
Champigny Centre à Noisy-Champs	Agriculture : pas d'enjeu sur cette section	Aucun impact	Aucune mesure
	Pédologie : Unités pédologiques 1 et 15. L'urbanisation actuelle du secteur rend l'enjeu faible		

5.17 Paysage, patrimoine architectural et archéologie

5.17.1 Le patrimoine architectural

Considérant que l'ensemble du linéaire de la Ligne 15 Sud est prévu en souterrain et réalisé en tunnelier, l'évaluation des effets prévisibles du projet sur le paysage et le patrimoine protégé se fera essentiellement à partir du référencement des éléments ponctuels et visibles de l'infrastructure. Ils seront de deux types :

- Les émergences aériennes du réseau qui seront pérennes et dont l'impact est lié aux travaux comme à l'exploitation du réseau :
    - Les gares et les sites de maintenances du matériel roulant ou de maintenance industrielle (SMR et SMI),
    - Les accès pompiers et les puits de ventilation.
- Les installations temporaires liées le phase travaux (puits d'entrées et de sortie des tunneliers, emprises travaux, bases vie, stockage de matériaux, circulation d'engins)

La démarche d'évitement a permis de limiter très fortement les impacts sur les monuments historiques. Toutefois l'ouvrage annexe « Square Charles de Gaulle » est aménagé dans l'emprise du monument historique inscrit, la parcelle attenante à l'Hôtel de Ville de Cachan. Le square sera détruit et pourra être réaménagé à l'issue des travaux. Les gares de « Vitry-Centre » et « Le Vert de Maisons » seront construites aux abords immédiats de monuments historiques également inscrits. Les projets urbains associés intègrent l'existant et donc la présence de ces monuments. Certains éléments de projet entre en covisibilité avec des monuments historiques. La démarche d'insertion du chantier et des ouvrages sur le site classé de l'Ile Monsieur permet d'en limiter fortement les effets sur la manufacture royale de porcelaine. L'aménagement de la gare de Pont de Sèvres bien que réalisé dans le champ de covisibilité de plusieurs monuments n'altère par leur monumentalité ni leur perception. A l'inverse, lorsque les travaux seront terminés, le quartier de Pont de Sèvre revalorisé devrait renforcer l'attrait de ce secteur. L'ouvrage du square Malleret Joinville (à Malakoff) ou la gare Arcueil Cachant bien que situés dans l'aire de covisibilité de monuments historiques n'auront que très peu d'effet sur celles-ci et les démarches de conception soignées ou de bonne tenue des chantiers suffiront à limiter leurs impacts.



OA du « square Général de Gaulle »

5.17.2 La prise en compte du paysage pour les gares

L'ensemble des gares ont été conçues à partir du **référentiel de conception établi** par la Société du Grand Paris. Il contient en particulier **la Charte d'architecture établi par le cabinet d'architectes Jacques Ferrier** qui décrit le cahier des charges global de l'ensemble des gares.

La Charte permet de formaliser et de partager les ambitions de conception. Elle a été conçue pour offrir plusieurs niveaux de lecture :

- un organigramme général,
- la définition détaillée des objectifs et des principes par thème et par ensemble fonctionnel.

Elle donne trois objectifs fondamentaux s'articulant sur une échelle différente:

- créer à l'échelle de la ville une identité partagée entre la ville et le réseau. L'ensemble des gares se présentent ainsi comme une « collection » de repères,
- concevoir à l'échelle du bâtiment, des gares urbaines, ouvertes sur la ville et les quartiers. La gare est conçu comme un équipement public de proximité capable de connecter le réseau ferré de transports en commun à d'autres modes de transport,
- imaginer à l'échelle de l'homme, des gares humaines, en partant de l'expérience des voyageurs à travers ses perceptions sensorielles.

A ces objectifs fondamentaux répondent quatre objectifs de conception :

- présence affirmée de la gare dans la ville
- parcours intuitif et sensible
- sobriété de l'architecture
- mise en scène de la mobilité

5.17.2.1 Gare Pont de Sèvres

a. <u>Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords</u>

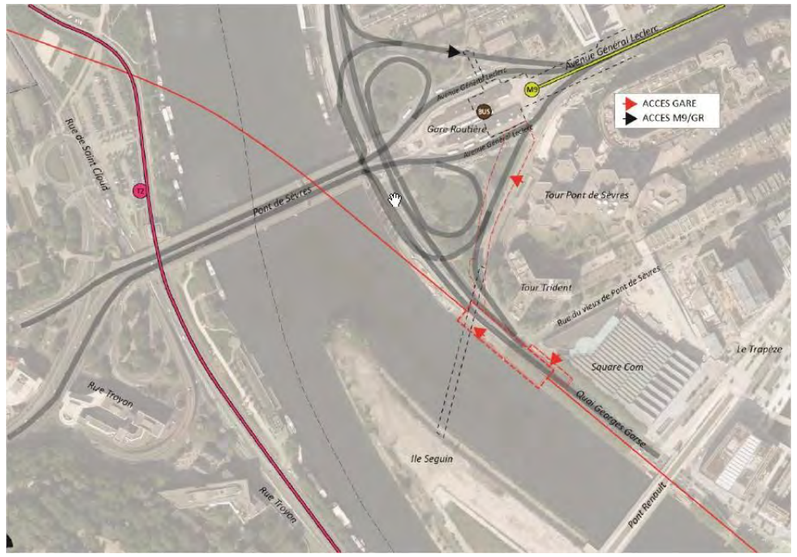
Le terrain de la future gare Pont de Sèvres de la ligne 15 du GPE est situé à l'ouest de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine. Il est localisé sur la rive droite de la Seine, au sud-ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, en limite de Sèvres.

La gare de « Pont de Sèvres » s'inscrit dans un environnement caractérisé par la RD1 et un réseau viaire complexe, par les grands immeubles du quartier Pont de Sèvres (City Lights GE, Trident, Square Com), par la Seine et la proximité de l'Ile Seguin.

b. <u>Présentation du projet architectural</u>

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Agence Duthilleul. Implantée au bord de la Seine, côté rive droite, sous les voies routières de la RD1, quai Saint Georges, la gare se connecte directement au terminus ouest de la ligne 9 du métro de Paris et à la gare routière. Elle est composée de **deux ouvrages souterrains** (la boîte de la gare de la ligne 15 du réseau GPE et le hall de correspondance avec le M9 et la gare routière) et de **trois émergences** (au nord ; l'accès principal au pied des tours GE, au sud ; l'accès secondaire devant le bâtiment Square Com, et en rive de Seine ; la liaison avec la passerelle vers l'Ile Seguin).

Le quartier du Pont de Sèvres fait l'objet d'une grande opération de restructuration. Des opérations ambitieuses sont engagées pour requalifier, redonner vie et attractivité à cet environnement : les tours du Pont de Sèvres avec le projet CityLights, la Cité musicale de l'Ile Seguin et le Trapèze (quartier de programmation mixte en cours de réalisation, face à l'Ile Seguin).



Plan d'implantation de la Gare Pont de Sèvres (Atelier Duthilleul)



Perspective de la gare et de son accès principal (Atelier Duthilleul)





Chantiers en cours de l'Ile Seguin et des immeubles City Lights

La gare Pont-de-Sèvres présente un enjeu visuel car c'est l'une des gares prévues en site paysager sensible. Elle est implantée à proximité immédiate du nœud routier RD1 (voie sur berge en rive droite) et RN10. La gare « Pont de Sèvres » de la ligne 9 est à ce niveau.

Le projet de gare proposé à ce jour par le cabinet d'architecture Duthilleul et le groupement d'ingénieurs SETEC TPI/INGEROP, s'intègre au mieux au contexte urbain par le biais d'une proposition de gare souterraine sous le quai Georges Gorse.

Cette gare bénéficiera d'un traitement architectural qui l'intègre au mieux dans un contexte de renouvellement urbain en lien avec les usines Renault.

L'organisation générale actuelle du quai n'est modifiée qu'à la marge.

L'impact de la nouvelle gare sera donc faible et accompagne la restructuration du quartier.

5.17.2.2 Gare Issy RER

c. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La future gare « Issy RER » du GPE ligne 15 se situe à Issy-les-Moulineaux dans le quartier Val de Seine / Les Arches, situé à l'ouest du centre-ville. La gare est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'est.

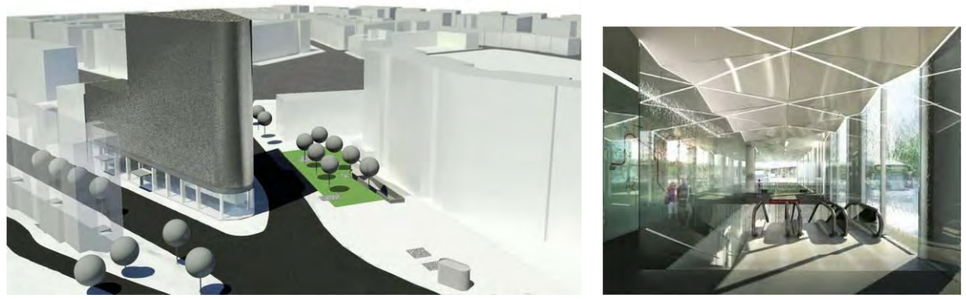
La gare est prévue au cœur de la ZAC Léon Blum, dans un environnement bâti dense à l'angle de deux voies à forte déclivité ; la rue Aristide Briand présente un dénivelé de 1.80 m sur la longueur de la gare souterraine et sur la longueur de l'émergence et l'avenue de Verdun présente un dénivelé de 0.50 m sur la longueur de l'émergence.

d. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. La gare est « éclatée », la position du volume de l'émergence n'est pas à l'aplomb par rapport au volume enterré de la boite quai. L'émergence est inscrite sur une parcelle exigüe et respecte les alignements du bâti existant, c'est un lieu public accessible depuis les deux voies et largement vitré. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié afin de permettre à terme son intégration en rez-de-chaussée d'une future opération immobilière, qui pourra intervenir à l'horizon de mise en service de la gare.



Plan d'implantation de la Gare Issy RER (Philippe Gazeau Architecte)



Perspective indicative de l'émergence et de son accès à la nef (Philippe Gazeau Architecte)

La gare s'insère dans un site urbain dense. De ce fait, l'impact paysager de la gare est faible.

5.17.2.3 Gare Fort d'Issy – Vanves – Clamart

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Fort d'Issy –Vanves-Clamart » est localisée principalement sur la commune de Clamart à proximité immédiate des communes de Vanves au nord-est, Malakoff au sud-est et Issy-les-Moulineaux au nord. La gare est localisée en centre-ville, au droit de la gare de Transilien de Clamart, et sous le parking du bâtiment voyageur SNCF actuel. Le terrain est proche du centre-ville (au sud) mais également de l'éco-quartier de Fort d'Issy (au nord-ouest).

La gare sera implantée sur des parcelles aujourd'hui occupées, dont les maisons d'habitations seront démolies pour l'arrivée de la gare. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé principalement de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs de hauteur considérable du côté de Clamart (R+7). La topographie du terrain est en forte déclivité au droit de l'émergence le long de la rue du Clos Montholon (3m de dénivelé sur la longueur du site).

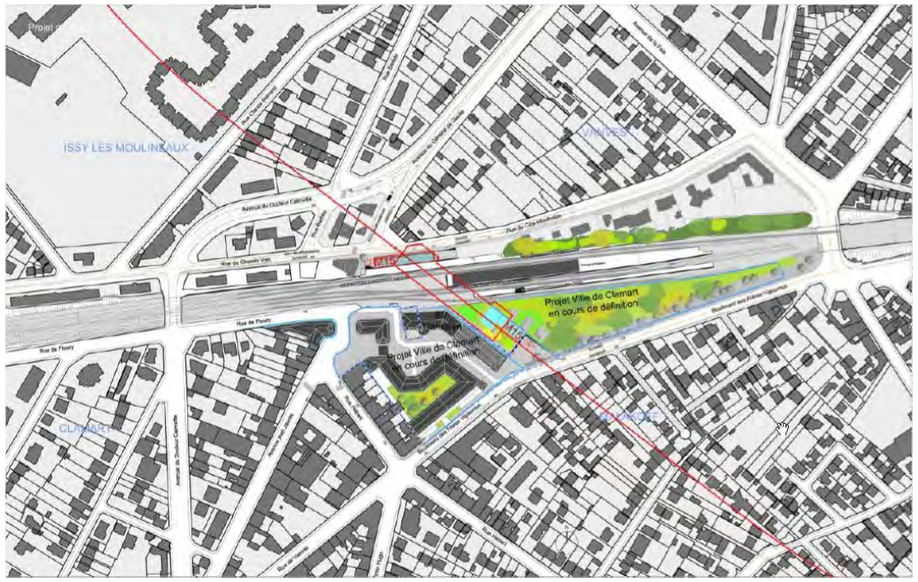
b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'implantation de la gare suppose une modification du terrain au niveau des entrées de la gare pour l'aménagement de parvis qui permettront l'inter modalité. L'émergence au nord suppose la démolition de 3 maisons individuelles et l'émergence au sud suppose une modification du terrain (talus à planifier).

L'émergence côté Issy se présente sous forme d'une grande halle posée sur le quai latéral du Transilien et formée d'une surface courbe le long de la rue du Clos Montholon. Côté Clamart, la configuration du nouveau quartier façonne le site de sorte que la volumétrie de la boîte gare émerge de la topographie nouvellement créée en s'insérant entre l'aménagement de l'espace public, permettant la liaison avec la place de la gare existante et le talus, permettant l'accès à l'un des bâtiments du programme du nouveau quartier depuis le boulevard des Frères Vigouroux.

La gare étant presqu'exclusivement souterraine du fait de la configuration du site, en particulier de l'existence du talus de l'ancienne emprise SNCF, l'impact paysager de la gare est faible.

La configuration générale du site n'est pas modifiée. Seul le projet d'aménagement de l'écoquartier va modifier l'aspect paysager du site dans le respect des enjeux de la ZPPAUP voisine.



Plan d'implantation de la Gare Fort-d'Issy-Vanves-Clamart (Philippe Gazeau Architecte)





Perspectives d'aménagement du site et de l'émergence côté Issy (Philippe Gazeau Architecte)

5.17.2.4 Gare Châtillon-Montrouge

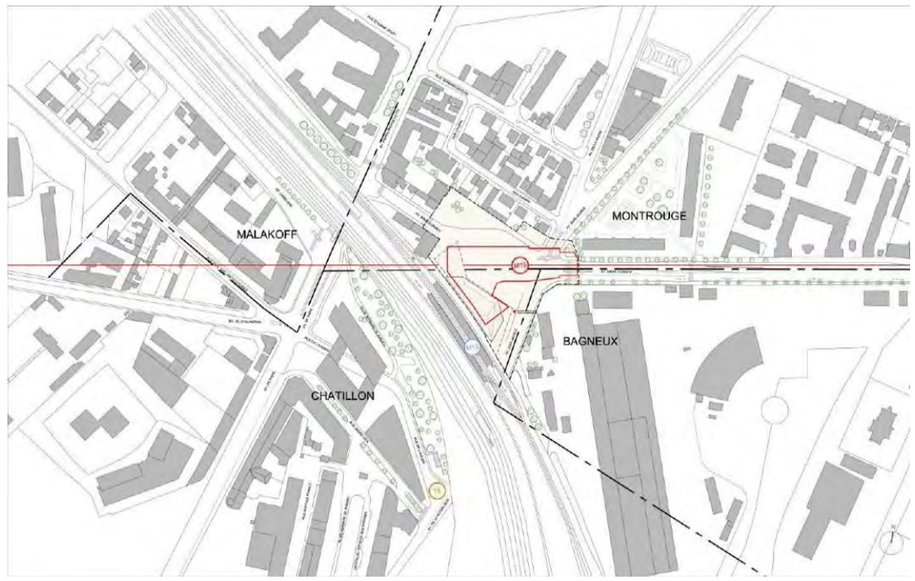
a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

Au sud de Paris, dans le département des Hauts-de-Seine, le territoire sur lequel se situe la gare « Châtillon-Montrouge » est au croisement de 4 villes : Montrouge, Bagneux, Châtillon et Malakoff. Le terrain où se situe la gare présente un dénivelé d'un mètre d'ouest en est et de deux d'ouest au sud. Le secteur de la gare est un quartier en mutation appelé à se densifier autour des futurs pôles de transport (Tramway T6, gare de métro M15). Les bâtiments qui composent la place de la gare sont assez vétustes et ne sont pas à la hauteur de l'ambition affichée par la ville et la SGP. La gare s'inscrit en effet dans un **territoire dont le front bâti est assez hétéroclite** (petit habitat pavillonnaire, site de maintenance SNCF, zone tertiaire et habitat dense).

Le terrain du projet se situe sur l'actuelle gare routière de Châtillon et comprend également les parcelles faisant face le long de l'avenue Marx Dormoy. Il est bordé au sud par le faisceau de voies ferrées et l'avenue Jean Jaurès. Le territoire n'est pas très végétalisé, seuls quelques arbres sont plantés sur le parvis de la gare routière. Afin de libérer l'emprise nécessaire pour la construction de la gare et l'aménagement du parvis, plusieurs constructions seront détruites : un immeuble de bureaux en R+3, 5 pavillons d'habitations, le café de la gare, un immeuble de bureaux en R+5 et une maison sur l'avenue Jean Jaurès.

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare « Châtillon-Montrouge » a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Périphéries Architectes. Le projet s'organise principalement au sud de la gare routière. L'entrée de la gare s'effectue au rez-de-chaussée du bâtiment voyageur. Le bâtiment voyageur de la gare a été étudié pour permettre à terme, l'implantation potentielle d'un projet connexe. Les façades du rez-de-chaussée du bâtiment gare sont vitrés toute hauteur. La toiture ou auvent en habillage céramique émaillé marque le seuil de l'entrée de la gare.



Plan d'implantation de la Gare Châtillon-Montrouge (Périphéries Architectes)



Perspectives indicatives d'insertion de la gare et vues diverses (Périphéries Architectes)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée. Si ce projet connexe ne se faisait pas, le bâtiment de la gare deviendrait prépondérant sur la place mais resterait à l'échelle du talus RATP.

L'impact paysager de la gare est donc faible.

5.17.2.5 Gare Bagneux

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

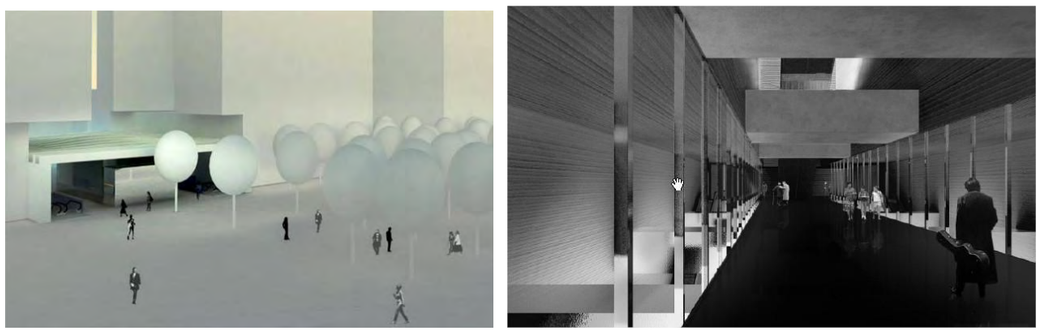
La gare de « Bagneux » se trouve à l'intersection des avenues Henri Barbusse et Pasteur à Bagneux. Cet emplacement est atteignant au futur pôle d'échanges du terminus de la ligne 4 du métro. La gare GPE s'inscrit dans le vaste programme de restructuration urbaine et de réaménagement de la ZAC Victor Hugo (futur éco-quartier aux programmes divers).

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Ar-thème Associés. La gare est implantée dans un nouvel ilot, essentiellement constitué d'un parvis plutôt minéral. La SGP a demandé à l'équipe d'intégrer les mesures rendant possible un projet connexe potentiellement constitué de plots de logements de part et d'autre de la gare. Par ailleurs, le nivellement quasiment plat favorise la flexibilité des usages dans l'espace public. L'entrée de gare, positionnée au centre du terrain, est encadrée au nord et au sud par les socles du projet connexe.



Plan d'implantation de la Gare Bagneux (Ar-thème Associés)



Perspective d'insertion de la gare et vue intérieure (Ar-thème Associés)

La gare étant intégrée dans un ilot urbain d'une zone fortement urbanisée, l'impact paysager est faible.

5.17.2.6 Gare Arcueil-Cachan

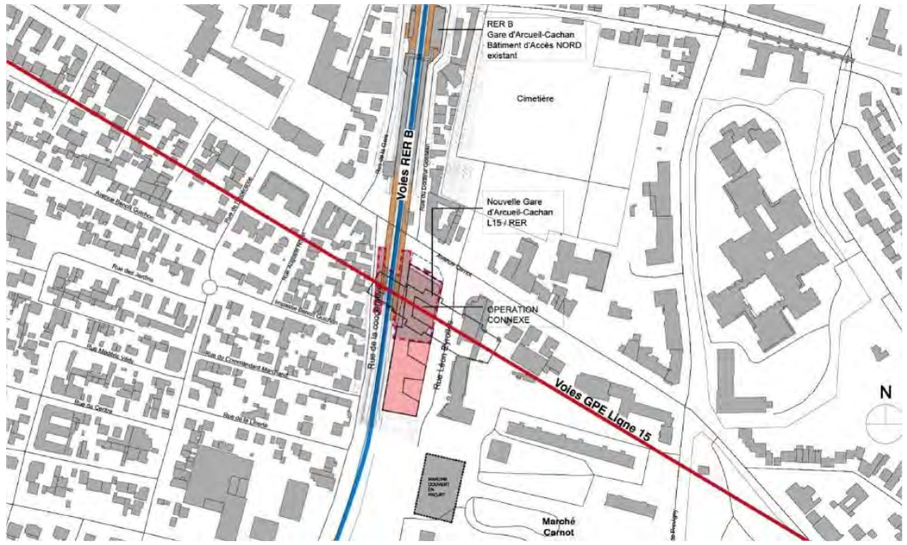
a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La future gare « Arcueil-Cachan » se situe dans la commune de Cachan, située elle-même à 2 km de la Porte d'Orléans. A l'échelle du territoire, la vallée de la Bièvre marque fortement la topographie de la ville de Cachan placée entre deux coteaux. Le terrain de la gare se situe au droit du passage sous la ligne ferroviaire, dans une zone de transition (quartier la gare) entre le quartier pavillonnaire de Lumières à l'Ouest des voies RER, la frange d'extension urbaine du quartier de la Mairie à l'ouest et les grandes parcelles aérées des campus universitaires (ESTP/ENS/IUT) au sud. Le secteur de la gare est un **quartier en mutation appelé à se densifier** et à créer une nouvelle polarité autour du nouveau projet d'infrastructure.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Atelier Barani. La gare se situe à l'angle de l'Avenue Carnot et de l'avenue Léon Eyrolles. Elle est située le long des emprises du RER afin d'organiser la correspondance intermodale. Les deux avenues sont plantées en alignement des arbres, avenue Carnot avec une rangée de platanes au nord et une rangée d'érables taillés en rideau et avenue Eyrolles un alignement côté marché de février d'Amérique (Gleididsias).

Le foncier acquis par la SGP longeant les voies du RER peut permettre l'implantation du bâtiment d'accès sur l'emprise du marché couvert et le parking le prolongeant. La gare a été étudiée afin de rendre possible à l'horizon de la mise en service de la gare la création d'un ensemble d'immeubles dans le cadre d'un projet connexe potentiel.



Plan d'implantation de la Gare Arcueil-Cachan (Atelier Barani)





Perspective indicative de l'insertion de la gare et de l'aménagement futur du site et façade Est et Nord (Atelier Barani)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante dans un secteur déjà fortement bâti. Le projet connexe potentiel envisagé, intègre le bâtiment voyageur de la gare au niveau rez-de-chaussée. Si ce projet ne se faisait pas, le bâtiment de la gare deviendrait prépondérant sur la place mais resterait à l'échelle du talus RATP.

L'impact paysager de la gare est donc faible à faible.

5.17.2.7 Gare Villejuif IGR

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Située entre les vallées de la Seine et de la Bièvre, sur le plateau de Longboyau, Villejuif est le point culminant du département du Val-de-Marne et l'un des points les plus hauts de la première couronne parisienne. La configuration topographique, entre coteaux et vallées divise la ville en deux entités géographiques (le Haut-Villlejuif, sur le plateau, et le Bas Villejuif, sur les versants). Le site retenu pour la construction de la gare se développe sur la frange Ouest, à proximité immédiate du Parc des Hautes Bruyères, de l'IGR et du centre-ville. Le projet concourt aux côtés d'éléments bâtis très hétérogènes de grande échelle (les murs de soutènement de l'A6, l'IGR haut de 18 étages, le viaduc de Cachan). Ces points de rupture dans le tissu urbain se verront rééquilibrés par la ZAC campus Grand Parc qui prévoit l'aménagement d'un quartier mixte.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Dominique Perrault Architecture. La Gare de Villejuif a été imaginée comme un espace à l'air libre révélant son infrastructure dès l'entrée. La toiture est composée de deux cercles superposés, le plus bas, côté parc définit l'échelle des piétons, le plus haut côté IGR celle de l'inter modalité, de la ville. Le parvis se décline de manière concentrique depuis le centre du puits jusqu'à la rue Edouard vaillant et le parc des Hautes Bruyères. La limite avec le Parc des hautes Bruyères est traité par l'agence TVK et TER. Les espaces libres proches de la gare seront essentiellement minéralisés.



Insertion Gare Villejuif IGR (avant/après)



Existant



Projet

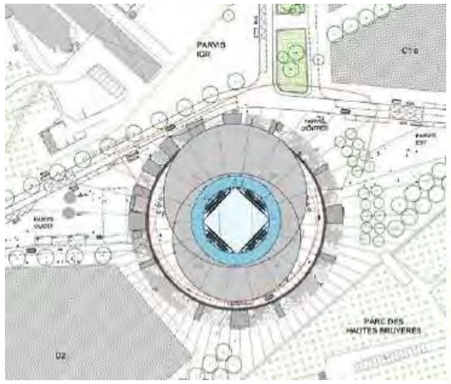
La gare de Villejuif Institut Gustave Roussy est implantée dans un site périurbain ouvert, faiblement urbanisé et présentant plusieurs espaces délaissés. La gare est située en bordure du plateau Est de la vallée de la Bièvre. Elle se retrouve à la charnière de plusieurs ensembles structurant :

- A l'Ouest, l'autoroute A6
- Au Sud, le parc des Hautes Bruyères qui entoure l'ancienne redoute militaire du même nom
- Au nord l'Institut Gustave Roussy (pôle de cancérologie)
- A l'Est, un tissu mixte activités – logements en cours.

La Zone d'aménagement concertée (Opération Campus Grand Parc) prévue autour de la future gare (voir simulation documents graphiques) devrait renforcer la cohérence de l'ensemble.

Le bâtiment gare aura donc un impact visuel important dans ce contexte ouvert et par endroit faiblement investi. Néanmoins l'aménagement étant situé en limite du parc, à proximité d'un secteur faiblement investi, il permettra de mieux qualifier les espaces. Le choix d'une équipe de concepteur de renommée donnera également un impact positif au quartier en créant un bâtiment repère de qualité. Par ailleurs, les démarches de conception s'attachent à préserver l'articulation entre l'espace public autour de la gare et le parc voisin.

Plan masse et vue aérienne Gare Villejuif IGR



(Dominique Perrault Architecture)



Vue en plan

Vues en perspectives

5.17.2.8 Gare Villejuif Louis Aragon

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

La gare de « Villejuif Louis Aragon » se situe au sud-est de la commune de Villejuif, proche de la commune de Vitry, dans un environnement urbain dense. Elle vient s'implanter au nord de l'îlot dit « Aragon », à la place des bâtiments démolis le long de la rue du même nom.

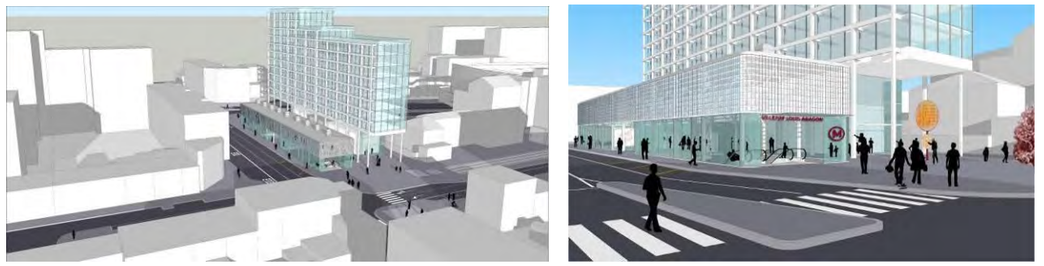
Le terrain est proche du centre-ville mais également de la ZAC Aragon et de l'hôpital Guiraud. L'environnement urbain, assez décousu et hétéroclite, est composé de petits pavillons en R+1 et d'immeubles collectifs assez hauts (jusqu'à R+8). La topographie du terrain est globalement plate et descend vers la pointe de l'ilot au Nord.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP au groupement SETEC TPI / INGEROP pour l'ingénierie et le cabinet d'architecte Philippe Gazeau Architecte. L'émergence de la gare se positionne en limite de parcelle, le long de l'avenue Louis Aragon. Elle est composée d'un seul volume de 7m de haut abritant les deux accès de la gare. Elle se présente sous la forme d'une grande halle rectangulaire aux angles arrondis entourant un grand vide ouvrant vers l'intérieur de la gare. Le parvis de la gare se déroule tout autour de l'émergence pour la mettre en valeur et favoriser les cheminements piétons. L'ensemble des façades est traité en éléments verriers présentant différents aspects différentes mises en œuvre et formant plusieurs strates.



Plan implantation Gare Villejuif Louis Aragon (Philippe Gazeau Architecture)



Perspectives d'aménagement du site et de l'entrée de gare (Philippe Gazeau Architecte)

La gare est entièrement souterraine et adossé à un bâtiment existant. L'impact paysager de la gare est donc faible.

5.17.2.9 Gare « Vitry Centre»

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

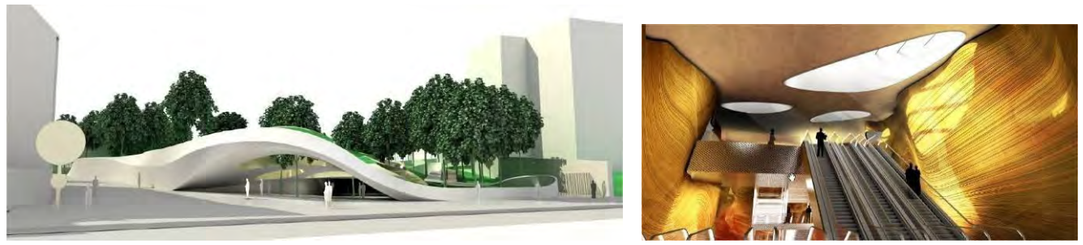
La gare de « Vitry Centre » est située dans un secteur actuellement dépourvu de réseau ferré. Le territoire qu'elle est appelé à desservir comprend des équipements administratifs (hôtel de ville), sportifs et culturels (le MAC-VAL, théâtre Jean Vilard, bibliothèque Nelson Mandela). Située sous le parc du Coteau, la gare s'ouvre sur l'avenue Maximilien-Robespierre, le long de laquelle sont prévus divers programmes de ZAC. En bordure de l'entrée principale du parc du Coteau, la « Maison des Lierres» (bâtiment en U), sera démoli afin de faciliter l'accessibilité et la visibilité de la future gare.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture King Kong. La gare souterraine projetée se situe principalement sous la partie est du parc du Coteau. Le soulèvement du parc grâce à une voûte se fait à l'intersection de la rue E. Tremblay avec l'avenue Maximilien-Robespierre. La prolongation du parvis extérieur permet de rejoindre le bâtiment voyageur par une pente douce. Le hall d'accueil, à la toiture végétalisée, s'avance ainsi vers l'avenue, où il assure la vocation de repère urbain.



Plan implantation Gare Villejuif Louis Aragon (cabinet d'architecture King Kong)



Perspective d'insertion de la gare et vue intérieure (cabinet d'architecture King Kong)

L'emprise de la gare est située sur la partie Est de l'emprise du parc du Coteau. Le bâtiment existant en pignon le long de l'Avenue Maximilien Robespierre est démoli. Le projet architectural reconstitue la partie du parc détruite par les travaux. L'entrée du bâtiment voyageurs est prévue sur l'avenue. Même si une partie du parc et ses plantations sont détruites pour la réalisation, l'ensemble sera reconstruit. La suppression du bâtiment existant valorisera le parc qui était jusqu'à présent enclavé, la rue E. Tremblay et indirectement le monument historique.

L'impact des travaux sera important sur le parc mais après mise en service, la gare assez discrète va renforcer la qualité de ce secteur. L'impact paysager de la gare est donc plutôt positif.

5.17.2.10 Gare Les Ardoines

a. <u>Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords</u>

Le terrain d'implantation de la gare « Les Ardoines » se situe au sud de la gare RER des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Elle dessert un tissu urbain contrasté, industriel à l'est et pavillonnaire à l'ouest, voué à se transformer en profondeur dans le cadre du projet de la ZAC Gare des Ardoines. Les parcelles où s'implante la future gare sont actuellement occupées par des hangars voués à la démolition.

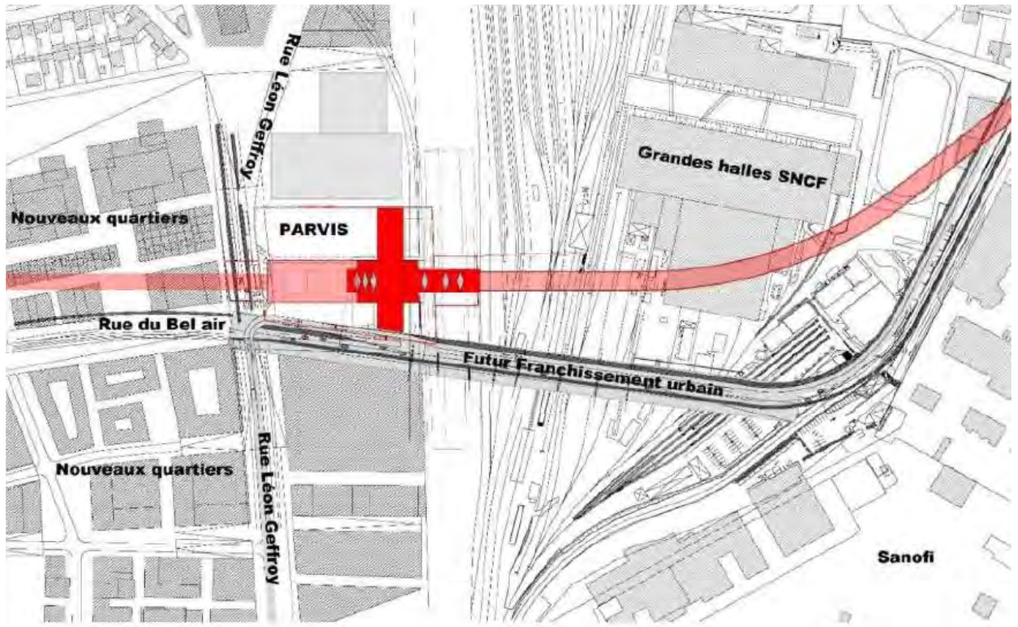
Le site de la gare situé à l'ouest du réseau ferré est entièrement coupé des territoires Est auxquels il n'est relié que par trois passerelles privées. Pour pallier à cette situation de coupure, l'EPA prévoit la réalisation d'un franchissement des voies ferrées immédiatement au sud de la future gare.

b. <u>Présentation du projet architectural</u>

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Valode & Pistre. Deux scénarios sont étudiés pour le futur projet de gare : le premier proposant la réalisation de la gare avec le projet urbain et un projet connexe en surplomb regroupant des logements étudiants et une résidence « service », le deuxième impliquant toujours la réalisation de la gare avec le projet urbain mais sans le projet connexe.

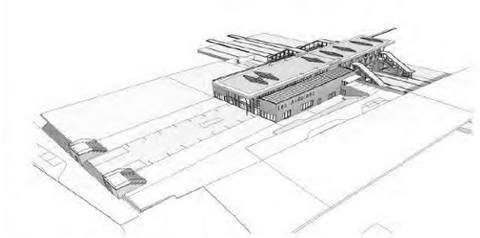
Dans la première hypothèse, la gare s'implante en partie haute du parvis. Le volume de son émergence épuré et allongé est perceptible dans le paysage urbain. Les structures de la gare sont dimensionnées et implantées de manière à reprendre la descente de charge du bâtiment pont qui l'enjambe.

Dans la deuxième hypothèse, la gare conserve son autonomie de fonctionnement et l'homogénéité de sa volumétrie grâce à une intégration précise des structures de reprise du bâtiment pont dans la gare.

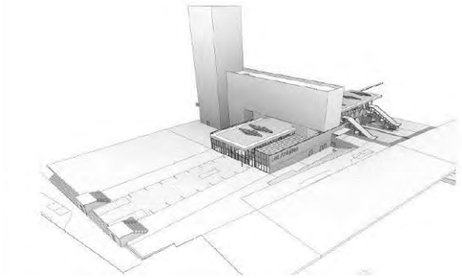


Plan implantation Gare Les Ardoines (cabinet d'architecture Valode&Pistre)





Scénario 2 (cabinet d'architecture Valode&Pistre)





Scénario 1 incluant le projet connexe potentiel (Cabinet d'architecture Valode&Pistre)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et à la gare existante. Le bâtiment sera visible du proche environnement. Cependant, ce proche environnement est fortement industriel. L'impact paysager est donc faible voir plutôt positif dans la configuration actuelle de cette zone.

Le projet de ZAC des Ardoines prévoit une évolution significative de cet environnement proche. Cette évolution prenant en compte la future gare, elle sera intégrée paysagèrement au projet.

L'impact paysager de la gare est donc faible à positif.

5.17.2.11 Gare Le Vert de Maisons

a. *Situation à l'échelle* urbaine*, du terrain et de ses abords*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Vert de Maisons » se trouve à l'est des voies du RERD et de la gare actuelle de Vert de Maisons. Elle est située sur la commune de Maisons-Alfort en limite de la commune d'Alfortville (ouest des voies du RERD).

Ce quartier est marqué par un urbanisme de plusieurs périodes : années 30 avec la Cité et le Square Dufourmantelle, dont une partie est un monument classé, années 70 avec des immeubles typiques et années 90-2000 avec quelques immeubles récents. Cette diversité donne un paysage urbain assez disparate et compartimenté.

La gare du Grand Paris Express s'inscrit dans un paysage immédiat formé par la Cité Dufourmantelle et un immeuble récent, accompagnés de friches.

Le parti architectural retenu conforte le compartiment récent du paysage urbain. Il tient compte cependant de l'existence de la Cité Dufourmantelle, à la fois très proche (de l'autre côté de la rue) et suffisamment éloignée pour que l'intégrité paysagère soit préservée.

Les enjeux de cette gare résident dans cette proximité du Monument historique.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE.

L'architecture de la gare, intégrée à un projet immobilier tiers, vise à développer des continuités spatiales neutres et homogènes afin d'en insérer le fonctionnement dans le fonctionnement actuel.

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et intégrée à un projet de bâtiment. Le bâtiment de la gare ne sera quasiment pas visible.

L'impact paysager de la gare est donc faible.



Plan implantation Gare Vert de Maisons (cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE)





Perspective d'implantation et vue extérieure (cabinet d'architecture VALODE ET PISTRE)

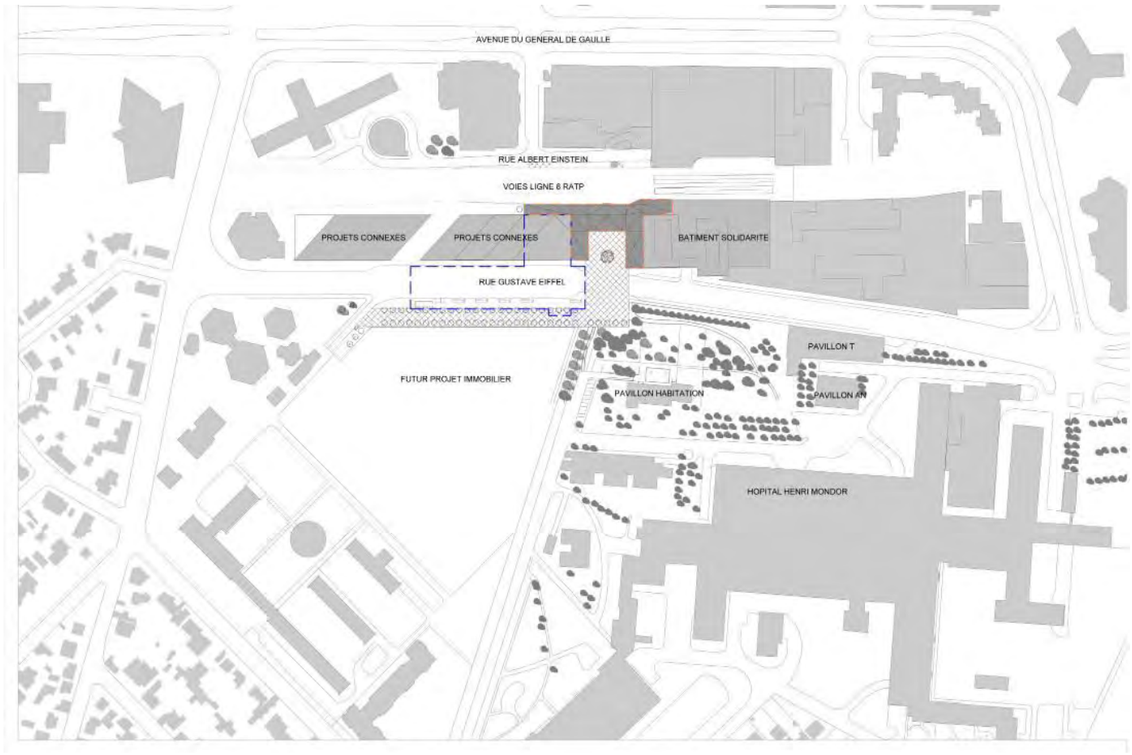
5.17.2.12 Gare Créteil l'Echat

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Créteil l'Echat » se trouve à l'ouest de l'hôpital Henri Mondor, dans le quartier de l'Echât, au nord de Créteil. Ce quartier est marqué par l'urbanisme des années 70's. Les enjeux de cette gare impliquent la création de connexions entre les différents territoires où elle est implantée, très hétérogènes et disparates. L'objectif sur cette gare est d'aménager un nouvel espace public à échelle humaine dans le quartier de l'Echât qui manque d'identité, de continuités piétonnes et de mixité programmatique.

b. *Présentation du projet architectural*

Le site d'implantation retenu pour la gare de « Créteil l'Echat » se trouve à l'ouest de l'hôpital Henri Mondor, dans le quartier de l'Echât, au nord de Créteil. Ce quartier est marqué par l'urbanisme des années 70's. Les enjeux de cette gare impliquent la création de connexions entre les différents territoires où elle est implantée, très hétérogènes et disparates. L'objectif sur cette gare est d'aménager un nouvel espace public à échelle humaine dans le quartier de l'Echât, de continuités piétonnes et de mixité programmatique.



Plan implantation Gare Créteil l'Echat (cabinet d'architecture ANMA)



Perspective d'implantation et vue extérieure (cabinet d'architecture ANMA)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et dans le bâti existant. La gare a été étudiée afin de rendre possible à terme, l'édification d'un projet connexe potentiel. Le bâtiment de la gare s'intègre dans son environnement urbain futur, et de ce fait l'impact paysager de la gare est donc faible.

5.17.2.13 Gare « Saint-Maur Créteil»

a. *Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords*

Le terrain d'implantation de la gare « Saint Maur Créteil » se situe au nord de la gare RER actuelle de Saint Maur Créteil, à Saint Maur des Fossés. Elle dessert quartier très dense à dominante pavillonnaire et de bâti peu élevé.

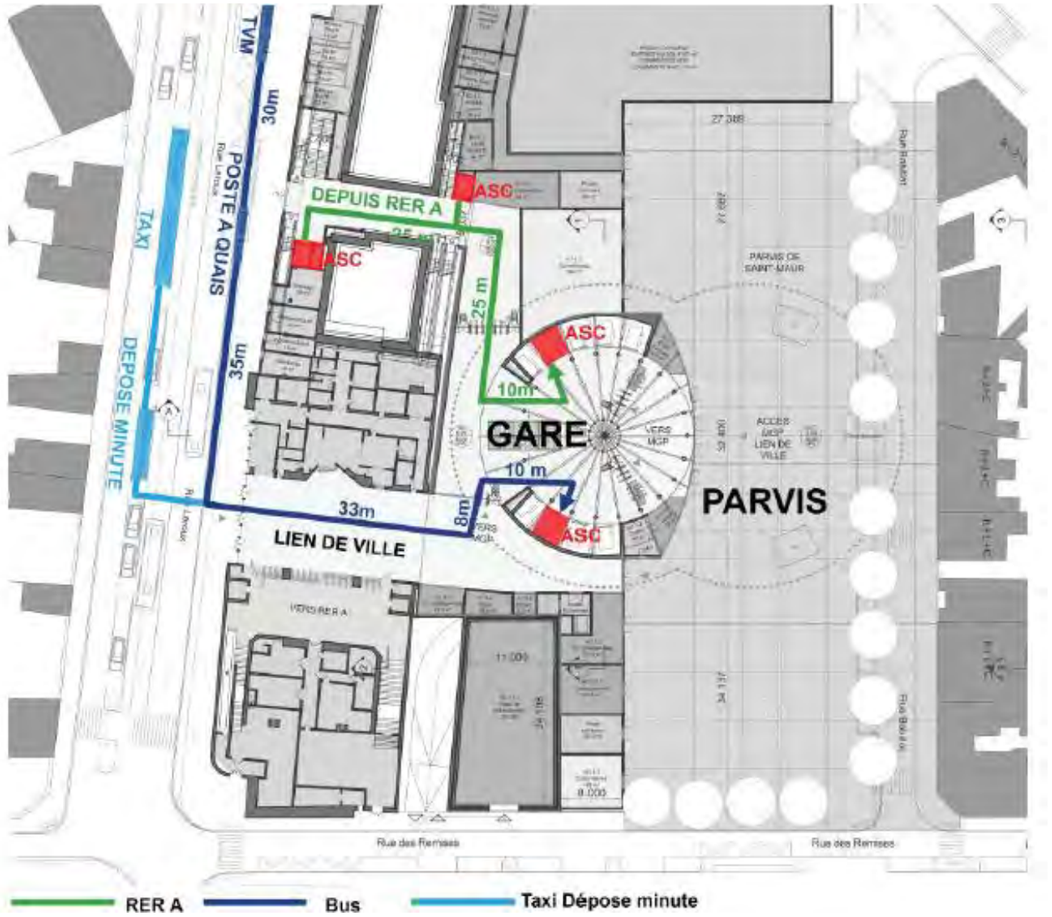
La gare s'implante sur le parvis de la gare actuelle occupé par un parking souterrain. La future gare est accolée au talus des voies actuelles du RER. La gare a été étudiée afin de rendre possible à l'horizon de mise en service de la gare, la réalisation, d'un projet connexe potentiel de part et d'autre de la gare.

b. *Présentation du projet architectural*

Le projet de gare a été attribué par la SGP à la société SYSTRA pour l'ingénierie et au cabinet d'architecture Valode & Pistre.

Le scénario gare profonde est le scénario privilégié. Le bâtiment extérieur ne change pas. Il est implanté sur le parvis actuel de la gare et est accolé au talus des voies actuelles.

Ce bâtiment de forme rond tronqué laisse la place à un parvis plus restreint mais qui garde des fonctions similaires, essentielles dans la liaison avec le quartier voisin.



Plan implantation Gare Saint Maur Créteil et liaison avec la gare RER (SYSTRA)

La gare est accolée au talus de la voie ferrée existante et à la gare existante. Le bâtiment sera visible du proche environnement très dense. L'impact paysager de la gare est donc faible.

5.17.2.14 Gare Champigny Centre

a. <u>Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords</u>

Le terrain d'implantation de la gare « Champigny centre » se situe dans le cadre de l'Avenue Roger Salengro, l'une des principales artères de la commune de Champigny-sur-Marne.

Elle dessert un tissu urbain à dominante pavillonnaire et bâti peu élevé résidentiel, voué à muter à terme, au moins autour de la gare.

b. <u>Présentation du projet architectural</u>

La gare est construite sur une emprise résultant de démolitions. Cette gare, assurant la connexion de la Ligne 15 Sud avec la ligne 15 est (orange sous maîtrise d'ouvrage STIF) est implantée dans un environnement nouveau. Le bâtiment peu élevé s'insère parfaitement dans le bâti existant lui-même peu élevé. Sa forme en parallélépipède rectangle s'associe très bien à la forme urbanistique de l'Avenue Roger Salengro, voie très large dont la requalification est prévue.



Plan implantation Gare Champigny centre (SYSTRA pou SGP)





Perspectives d'implantation de la gare de Champigny centre (SYTRA pour SGP)

La gare est un bâtiment isolé mais dont la forme générale s'intègre très bien au bâti environnant. Les vues sur la gare sont limitées à l'environnement très proche. L'impact paysager de la gare est donc faible.

5.17.2.15 Gare Bry-Villiers Champigny

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

Le terrain d'implantation de la gare « Bry-Villiers-Champigny » se situe au nord du faisceau de voies du RER E et en bordure de la RD10 sur la commune de Champigny sur Marne.

Sur le plan paysager, ce terrain occupe le versant nord d'un vallon au fond duquel circulent les voies ferrées. La future gare occupe une grande partie de ce versant.

b. Présentation du projet architectural

Deux scénarios sont étudiés pour le futur projet de gare : le premier proposant la réalisation de la gare sans le projet connexe, le second proposant la réalisation de la gare avec un projet connexe.

Le plan d'implantation général de la gare est le même dans les deux scénarios : en bas de versant, à proximité des voies.

Le projet connexe, constitué d'un bâtiment tertiaire en 3 parties apporte de la hauteur à l'édifice de la gare le long de la RD10.

La gare se situant dans un environnement en forte évolution et marqué par des grandes surfaces commerciales, le type de bâtiment envisagé reste dans la typologie générale, nettement améliorée cependant par le parti architectural.



Scénario 1 : Plan implantation Gare Bry Villiers Champigny sans projet connexe (SYSTRA pour SGP)



Scénario 1 sans projet connexe



Scénario 2 avec projet connexe

Le bâtiment de la gare reste dans les proportions des bâtiments voisines et s'insère donc bien dans le paysage futur. L'environnement proche de la gare va évoluer fortement : la zone peu urbanisée actuelle sera urbanisée à terme, et la gare de la Ligne 15 Sud sera accompagnée d'une nouvelle gare du RER E construite sous maîtrise d'ouvrage RFF/SNCF.

L'environnement proche de la gare va évoluer fortement : la zone peu urbanisée actuelle sera urbanisée à terme, et la gare de la Ligne 15 Sud sera accompagnée d'une nouvelle gare du RER E construite sous maîtrise d'ouvrage RFF/SNCF.

L'impact paysager de la gare elle-même est faible car le bâtiment reste proportionné au bâti existant, les vues étant limitées au très proche environnement. L'impact du projet avec le projet connexe est un peu plus fort à cause de la forme envisagée pour le projet connexe. Cet impact reste toutefois faible au regard de la qualité de l'urbanisation environnante actuelle. L'impact paysager de la gare est donc faible.

5.17.2.16 Gare Noisy-Champs

a. Situation à l'échelle urbaine, du terrain et de ses abords

Le terrain d'implantation de la gare « Noisy-Champs » se situe à l'ouest de la gare actuelle du RER A et à cheval sur les voies : la Ligne 15 Sud passe en dessous des voies du RER mais la superstructure de la gare se trouve au-dessus.

L'urbanisation actuelle est contrastée, donc les paysages aussi. Une bande boisée de surface significative traverse le quartier de la gare selon un axe Nord-sud, l'urbanisation se répartissant de part et d'autres.

Cette bande boisée sera détruite par les travaux de construction de la gare, la voirie actuelle étant reconstituée.

De ce fait, au moins momentanément, les vues vont s'élargir et le paysage devenir plus minéral, la composante verte diminuant.

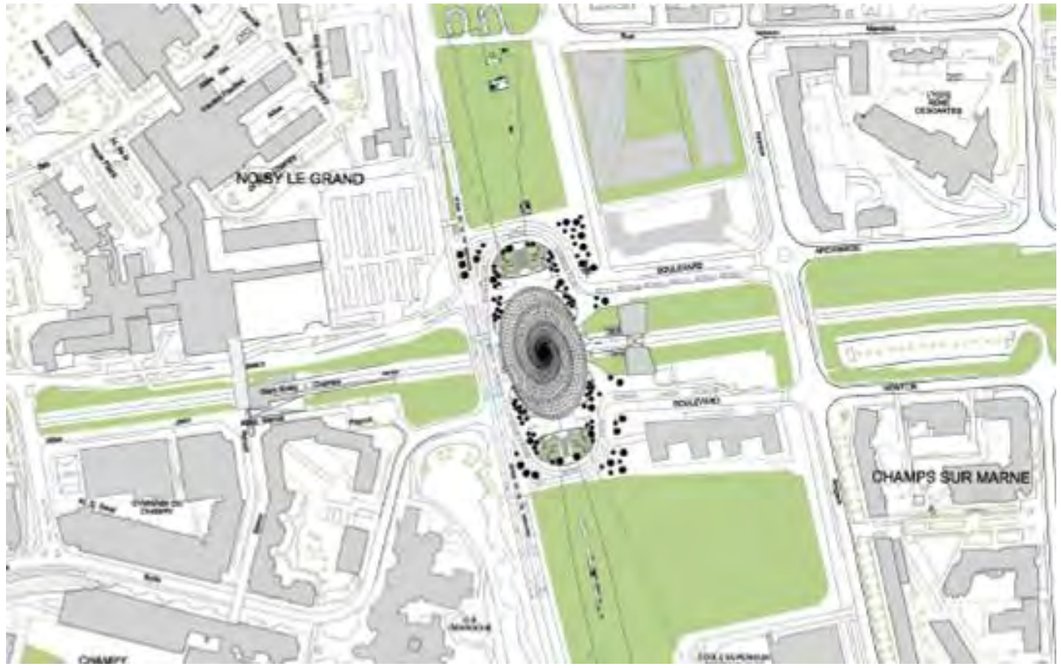
L'environnement proche de la gare va évoluer fortement, le projet urbain porté par EPAMARNE prévoyant une densification e l'urbanisation. La bande verte va disparaître sous sa forme actuelle et sera remplacée par un boulevard urbain avec plantations.

Au niveau de la gare elle-même, le bâtiment situé au-dessus des voies sera visible dans un environnement proche, qui sera réduit avec le projet urbain.

b. Présentation du projet architectural

Le projet de gare prend en compte cette évolution significative du paysage environnant. La qualité architecturale et la forme du bâtiment assument cette position de visibilité et de marqueur de la présence de la gare.

Le projet urbain intègre parfaitement la nouvelle gare, qui souligne à la fois la gare de la Ligne 15 Sud et la gare RER actuelle. La forme ovale de la gare et sa position dans le futur boulevard urbain la soulignent encore plus.



Plan implantation Gare Noisy Champs (SYSTRA pour SGP)



Insertion de la gare de Noisy-Champs dans le projet urbain développé par EPAMARNE



Perspective d'insertion urbaine

Impacts du projet

La gare est visible et cela a été voulu par les concepteurs. De ce fait elle a un impact significatif sur le paysage local : les vues sur la gare sont limitées à un environnement proche.

Par contre en nord et au sud de la gare ; le long du Boulevard du Ru de Nesle est prévu dans le cadre des travaux de l'infrastructure, un défrichement de parcelles boisées afin d'implanter la zone de chantier ainsi que la création de puits de tunnelier.

Ces parcelles situées sur les communes de Noisy-le-Grand et de Champs-sur-Marne sont prévu en zone à urbaniser aux documents d'urbanisme des deux communes. L'article 4 du décret de DUP emporte mise en compatibilité des documents d'urbanisme sur la commune de Champs-sur-Marne et sur la ZAC de Nesle.

Après les travaux de l'infrastructure seul deux ouvrages annexes correspondant au puits d'accès seront conservé, le sol des emprises occupées sera reconstitué.

5.17.3 Conclusions sur les impacts et mesures sur le paysage, le patrimoine culturel et l'archéologie

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER	Ile de Monsieur	Impact paysager fort localement en phase chantier au niveau de l'Ile Monsieur et du site classé. Présence de vestiges archéologiques suspectés	Réalisation d'un dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé Insertion paysagère du chantier et des ouvrages Démarche d'archéologie préventive
	Gare Pont de Sèvres	Nombreux monuments dont le périmètre de protection de 500m intersecte la zone de projet Contexte paysager sensible (Val de Seine et coteaux)	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	ZAC SAEM Place de la résistance	Les ouvrages annexes sont aménagés en bord de Seine	
	Issy RER	La gare s'intègre dans un contexte urbain assez peu sensible	
Issy RER à Arcueil-Cachan	Parc Henri Barbusse Square Malleret Joinville Cimetière Parisien Parc Robespierre	Chantiers et ouvrages annexes dans des parcs	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	
Arcueil-Cachan à Vitry Centre	Square Charles de Gaulle	L'ouvrage est aménagé sur le square dans l'emprise du monument historique inscrit (Hôtel de Ville de Cachan)	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Jardin Panoramique	Chantiers et ouvrages annexes dans des parcs	
	Villejuif IGR	Aménagement dans la gare dans un paysage ouvert en mutation à proximité d'un parc urbain Présence de patrimoine archéologique suspecté	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet Démarche d'archéologie préventive
	Vitry Centre	La gare est aménagée à proximité d'un monument historique inscrit Présence de patrimoine archéologique suspecté	
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
Vitry Centre à Champigny Centre	SMI de Vitry	Présence de patrimoine archéologique suspecté	Démarche d'archéologie préventive
	Gare de Le- Vert-de-Maisons	La gare est construite à proximité immédiate d'un monument historique inscrit	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Rue du Port Impasse de l'Abbaye	Les ouvrages annexes sont aménagés en bord de Marne	
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	
Champigny Centre à Noisy-Champs	SMR de Champigny	Présence de patrimoine archéologique suspecté	Démarche d'archéologie préventive
	Gare de Noisy-Champs	La gare est construite dans un contexte sensible (milieu semi-naturel)	Traitement des émergences sur le plan visuel intégré à la conception du projet
	Autres gares et ouvrages	Les ouvrages s'intègrent dans un contexte urbain assez peu sensible	

5.18 Population, emplois et occupation du sol

5.18.1 Analyse/interprétation

Sur base d'hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi en Ile-de-France définies par le maître d'ouvrage en concertation avec les acteurs régionaux de l'aménagement du territoire, il a été possible d'évaluer les impacts potentiels du projet sur les surfaces nécessaires pour l'urbanisation nouvelle.

5.18.1.1 Incidences de la phase chantier

En termes d'emplois, le projet nécessiterait entre 40 000 et 50 000 hommes x ans répartis sur toute la durée d'élaboration et de construction du projet ce qui correspond à une moyenne de 8 000 à 9 000 emplois sur la période 2015-2020.

L'emprise des infrastructures du projet localisées en surface, ainsi que celle des chantiers nécessaires à leur construction, auront un impact direct sur la consommation d'espaces ruraux ou urbains ouverts. L'analyse conclut toutefois que la réalisation du projet induira une consommation très limitée d'espaces ouverts : environ 16 hectares au total en phase chantier, dont seulement environ 8 hectares consommés de manière définitive pour l'implantation des gares et des ouvrages annexes. Outre l'emprise du projet, les travaux risquent de perturber l'exploitation de certaines parcelles par des coupures temporaires des chemins d'accès.

Les impacts seront cependant très limités par l'engagement de la Société du Grand Paris à :

- limiter l'emprise des chantiers au plus près des aménagements prévus, et à la fin de la phase de travaux, remettre en état des occupations temporaires,
- optimiser les itinéraires des engins de chantier et mettre en place des déviations en cas de coupure des accès.

5.18.1.2 Incidences lors de l'exploitation

La réalisation de la Ligne 15 Sud s'inscrit dans une politique de développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France. Dans ce sens, le projet du Grand Paris Express constitue un moteur de la croissance de la population et de l'emploi en Ile-de-France. La réalisation du projet devrait ainsi permettre :

- de favoriser les créations d'emplois (700 emplois directs à l'horizon 2020 associés à l'exploitation de la Ligne 15 Sud) ;
- d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération ;
- de favoriser un bâti dense à proximité des nouveaux nœuds de transports en commun, en particulier les gares du Grand Paris Express.

L'accroissement du parc bâti résidentiel et le renouvellement du parc existant constituent deux défis régionaux majeurs pour répondre, d'une part, à la crise actuelle du logement et, d'autre part, aux perspectives de croissance démographique dans la région. En effet, à l'horizon de mise en œuvre du projet (soit 2020), les projections de croissance socio-démographique prises en considération en Ile-de-France montrent une augmentation d'environ 8% des habitants et de près de 7% des emplois, par rapport à l'année 2005 retenue comme base de comparaison.

En permettant une densification supplémentaire au sein des territoires traversés par la Ligne 15 Sud, en particulier autour des gares, le projet permettra donc, à l'aide des outils de planification du développement territorial et notamment des Contrats de Développement Territorial (CDT), d'accueillir ces nouvelles populations. Le projet s'inscrit ainsi dans une politique d'aménagement du territoire visant à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi.

L'analyse estime que le projet est en mesure de réduire l'emprise des surfaces consommées par l'urbanisation nouvelle, c'est-à-dire les surfaces d'emprise au sol nécessaires pour accueillir les populations et les emplois supplémentaires, de 2 360 ha à l'horizon 2030. Le projet permet ainsi de contribuer à l'un des enjeux majeurs du SDRIF qui est de réduire significativement la consommation annuelle d'espaces naturels et ruraux pour les constructions nouvelles.

La consommation des espaces non bâtis par l'urbanisation nouvelle implique, par ailleurs, des coûts de viabilisation importants. En effet, une forme de bâti peu dense a pour conséquence d'augmenter les longueurs des voiries et réseaux divers (égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc.) nécessaires pour desservir un même nombre de ménages et d'activités. Dans ce sens, l'analyse évalue les gains à environ 520 km de voiries et réseaux divers nécessaires en moins grâce à la densification.

Le développement d'une infrastructure de transport en commun de l'envergure de la Ligne 15 Sud et plus généralement du Grand Paris Express s'inscrit également dans une stratégie politique visant à redynamiser des communes actuellement moins accessibles et de participer ainsi à l'atténuation des disparités sociales et territoriales et de favoriser l'égalité des territoires.

En proposant une ligne de transport public de grande capacité et à vitesse commerciale élevée, très bien connectée au réseau existant et permettant de mieux relier les communes directement concernées par le projet aux principaux pôles économiques, scientifiques et de transport de la région, le projet a pour vocation de participer au désenclavement de ces territoires et de *« réduire les déséquilibres sociaux, territoriaux et fiscaux au bénéfice de l'ensemble du territoire national »*[12].

Face aux perspectives de croissance démographique et d'emploi dans la région, il apparaît nécessaire d'intensifier le rythme de construction, mais aussi celui de la rénovation et de la démolition-reconstruction. Des mesures d'accompagnement doivent dès lors être mises en place afin de permettre aux communes d'anticiper et de répondre au mieux aux besoins des populations et des emplois à venir, notamment en créant une capacité d'accueil appropriée.

Le tableau page suivante présente une synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement à l'échelle de la Ligne 15 Sud.

[12] *Extrait de l'article 1 de la loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris*

5.18.2 Conclusions

Impacts et mesures d'accompagnement - Populations, emplois et occupation du sol

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Ile Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER *(Boulogne-Billancourt, Meudon, Saint-Cloud, Sèvres)*	Croissance démographique et crise du logement	La croissance de la population attendue n'est pas particulièrement prononcée dans ce secteur	Néant
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 482 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-107 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Les développements futurs relatifs à l'emploi ne se focalisent pas sur cette section	Néant
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant
Issy RER à Arcueil-Cachan *(Bagneux, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Montrouge, Vanves)*	Croissance démographique et crise du logement	Attraction d'habitants supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 857 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-190 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Les développements futurs relatifs à l'emploi ne se focalisent pas sur cette section	Néant
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Arcueil-Cachan à Vitry Centre *(Arcueil, Cachan, l'Haÿ-les-Roses, Le Kremlin-Bicêtre, Villejuif, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés)*	Croissance démographique et crise du logement	Développements démographiques importants prévus sur cette section notamment sur les communes du Kremlin-Bicêtre et de Cachan	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 311 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-69 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Attraction d'emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant
		Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une moins bonne accessibilité (notamment le quartier de la future gare de Villejuif IGR)	Néant
Vitry Centre à Champigny Centre *(Alfortville, Choisy-le-Roi, Créteil, Maisons-Alfort, Vitry-sur-Seine, Joinville-le-Pont, Saint-Maur-des-Fossés)*	Croissance démographique et crise du logement	Attraction d'habitants supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes d'Issy-les-Moulineaux, Châtillon et Montrouge afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 396 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-88 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Attraction de nombreux emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Vitry Centre à Champigny Centre		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express.	Néant
Champigny Centre à Noisy-Champs *(Champs-sur-Marne, Emerainville, Noisy-le-Grand, Bry-sur-Marne, Champigny-sur-Marne, Villiers-sur-Marne)*	Croissance démographique et crise du logement	Les développements démographiques prévus sur cette section se concentrent sur les communes de Champs-sur-Marne, Emerainville et Villiers-sur-Marne qui verront leur population augmenter à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement dans les communes d'Issy-les-Moulineaux, Châtillon et Montrouge afin d'assurer la création de logements et répondre au mieux aux besoins des populations à venir
	Consommation des espaces et densification	Préservation d'environ 316 ha de l'urbanisation nouvelle dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement pour supporter la densification et favoriser les impacts positifs du projet
		Diminution de longueur des voiries et réseaux divers nécessaires à la viabilisation des espaces nouvellement urbanisées (-70 km)	Néant
		Consommation d'espaces ruraux et urbains de façon temporaire (chantier) ou permanente (gares et ouvrages annexes)	Mesure de réduction : limitation l'emprise de chantier au plus près des aménagements prévus. Mesure d'évitement : remise en état les occupations temporaires
	Emploi, déséquilibres habitat/emploi et inégalités territoriales	Attraction de nombreux emplois supplémentaires dans les communes de la section étudiée à l'horizon 2030 par rapport à la référence	Mesure d'optimisation : mise en place de mesures d'accompagnement afin d'assurer la création de capacités d'accueil pour les emplois à venir et d'optimiser la mixité habitat-emploi
		Amélioration de la desserte des communes traversées par le projet et donc des liaisons vers le centre de Paris et vers les autres bassins d'emplois du cœur d'agglomération grâce aux correspondances offertes par la Ligne 15 Sud, notamment avec les autres lignes du Grand Paris Express	Néant
		Redynamisation économique et sociale des communes desservies par l'infrastructure, en particulier celles qui connaissent aujourd'hui une accessibilité moindre (notamment les quartiers des futures gares de Champigny Centre et Bry – Villiers Champigny)	Néant

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*	
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*	*Impact positif*

5.19 Risques technologiques

5.19.1 Analyse/interprétation

En phase chantier, le risque technologique est associé :

- Aux installations en elles-mêmes (exemple de la centrale à béton) et à l'usage des engins de chantiers évoluant sur site. Les impacts sont principalement dus à des paramètres divers tels que les caractéristiques mécaniques et thermiques des engins et les émissions toxiques.

  Cela étant, les engins et machines de chantier satisferont nécessairement aux réglementations en vigueur visant à limiter le risque associé à leur utilisation.

- A l'action dans un périmètre proche d'une installation à risques identifiés où un accident peut apparaître.

Les principales mesures mises en œuvre au stade du chantier consisteront :

5.19.1.1 En phase études :

Conduite des études réglementaires de type ICPE pour les ouvrages mis en œuvre sur le chantier entrant dans ladite réglementation,

5.19.1.2 En phase travaux :

Sécurisation des chantiers (formation et information du personnel, plan de sécurité des entreprises intervenant sur site, management de situation de crise),

5.19.1.3 Cas particulier du secteur des Ardoines

Ce secteur est marqué par la présence de sites classés SEVESO, en particulier les sites DELEK et EDF-CETAC.

Le site DELEK fait l'objet d'un PPRT dont les prescriptions s'imposent à la gare des Ardoines et aux ouvrages annexes de la Friche Arrighi et de la Rue Gabriel Péri. Ces prescriptions concernent principalement la résistance des ouvrages extérieurs à une éventuelle explosion et à la préservation des personnes situées à l'intérieur.

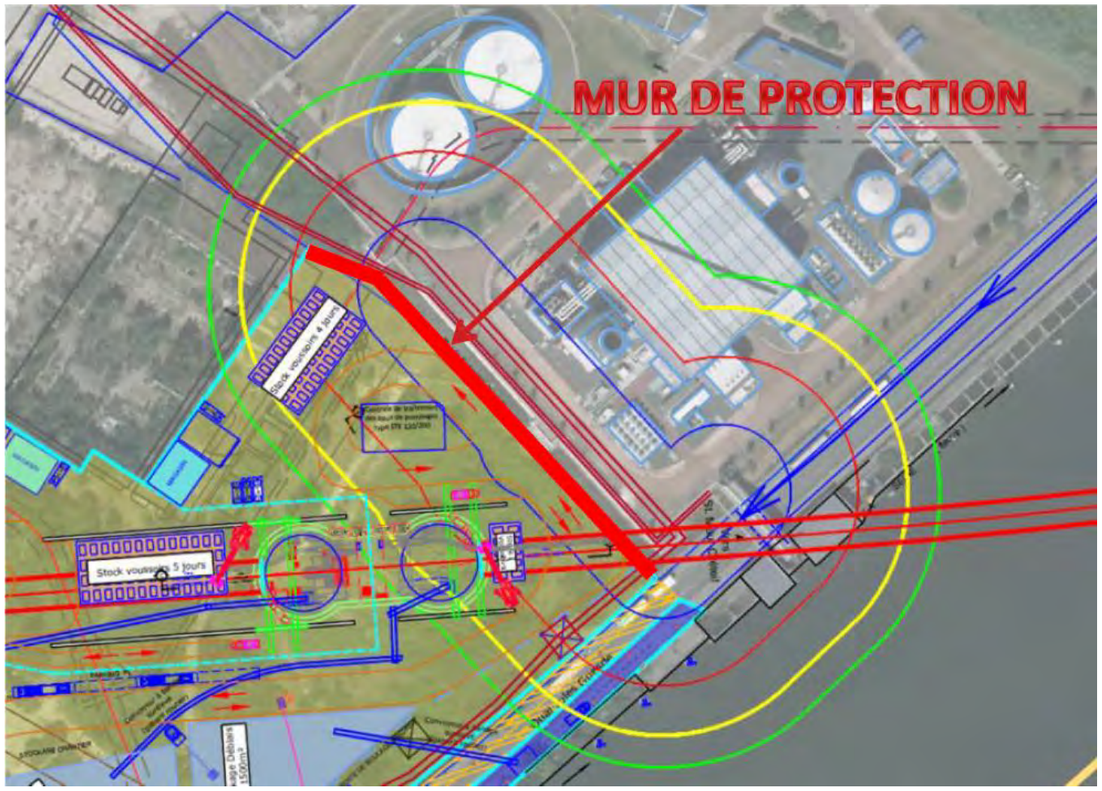
Pour la gare cela se traduit par des exigences particulières pour les vitrages qui doivent être résistants à un niveau de souffle du à une explosion et aux portes.

Pour les ouvrages annexes, ces exigences sont intégrées au niveau des ouvrages de surface.

Les prescriptions concernent aussi la phase chantier avec des procédures de sécurité et d'alerte.

Le site EDF-CETAC, riverain de l'emprise chantier du site de la Friche Arrighi, présente des risques d'explosion et d'incendie mais aucun zonage n'a été établi.

La Construction d'un mur provisoire de 5m de hauteur durant la phase travaux, entre le site EDF CETAC et la Friche Arrighi a été prévue pour protéger le chantier des risques.



Mur de protection entre l'OA Friche Arrighi et le site Seveso Seuil bas EDF CETAC (source: Société du Grand Paris)

NB : Le site Seveso DELEK France, détenu par le groupe TDR Capital LLP a changé de nom le 26 février 2015. Le site Seveso a ainsi été renommé European Forecourt Retail Group (EFR Group). Cette évolution est survenue au cours de la rédaction de la présente étude d'impact. Ainsi, le nom de DELEK France a été conservé et fait aujourd'hui référence au site rebaptisé EFR Group.

5.19.2 Conclusions

Impacts et mesures d'accompagnement – Risques technologiques – Phase chantier

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Pont de Sèvres – Vitry Centre	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact faible au regard des activités des ICPE situées à proximité du tunnel et des émergences	<u>Réduction</u> Information et formation du personnel concernant les risques sur site Suivi dans le temps Entretien des engins de chantier <u>Suivi</u> Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents
Vitry Centre – Le Vert de Maisons	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact potentiel du site SANOFI AVENTIS sur la gare des Ardoines, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres	
	Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration	Impact fort, le zonage réglementaire du PPRT du site DELEK France intercepte la gare des Ardoines, la Friche Arrighi et son poste de redressement ainsi que l'OA rue Gabriel Péri (zonage b3) Proximité de l'installation EDF CETAC avec la Friche Arrighi et le poste de redressement ; risque de feu de nappe	
Le Vert de Maisons – Noisy-Champs	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact direct de la chaufferie SCUC L'Echât Est sur le tunnel et la gare de Créteil l'Echat Propagation de l'incident d'un site ICPE vers les bases chantier ou inversement	

Impacts et mesures d'accompagnement – Risques technologiques – Phase exploitation

Secteurs concernés	Niveau d'enjeu	Caractéristique et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Pont de Sèvres – Vitry Centre	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Pas d'impact au regard de l'éloignement entre les sites et le tunnel et les émergences	<u>Évitement</u> Arrêt intégral ou partiel du service de voyageurs en cas de crise avérée sur la ligne ou sur un réseau de transport en correspondance Intervention des services de secours <u>Suivi</u> Entretien de l'infrastructure et du matériel roulant afin de limiter les incidents
Vitry Centre – Le Vert de Maisons	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact potentiel du site SANOFI AVENTIS sur la gare des Ardoines, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage	
	Site DELEK France classé SEVESO Seuil Haut dont le zonage réglementaire associé au PPRT en cours d'élaboration intercepte la gare des Ardoines	Impact potentiel des sites SEVESO DELEK France et EDF CETAC sur la gare des Ardoines, la Friche Arrighi et le poste de redressement, l'ouvrage se situant dans la zone d'effet indirect par bris de vitres Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage	
Le Vert de Maisons – Noisy-Champs	ICPE en proximité de gares et d'ouvrages annexes	Impact potentiel de la chaufferie SCUC L'Echât Est sur le tunnel et la gare de Créteil l'Echat en cas d'accident Propagation de l'accident jusqu'à l'ouvrage	

5.20 Mobilité

5.20.1 Analyse/interprétation

L'analyse se base essentiellement sur les résultats du modèle de transport MODUS, développé et exploité par la DRIEA d'Ile-de-France. Ces résultats illustrent les effets du projet sur la structure des déplacements, la répartition modale et la fréquentation des réseaux de transport dans le secteur d'étude associé au projet « Ligne 15 Sud » ainsi qu'à l'échelle plus étendue de l'Ile-de-France.

5.20.1.1 Incidences de la phase chantier

Les emprises des chantiers constitueront autant d'obstacles ponctuels pour la circulation des voitures, des transports en commun de surface et surtout des modes actifs (vélo et piétons) plus sensibles aux déviations d'itinéraires.

Les chantiers auront également un impact sur la mobilité à l'échelle de l'ensemble de la zone d'étude principalement à cause du charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures.

Le schéma directeur d'évacuation des déblais, établi par le maître d'ouvrage, détaille la stratégie retenue par la Société du Grand Paris à cet effet.

Par ailleurs, la Société du Grand Paris, le STIF ainsi que les exploitants et gestionnaires d'infrastructures des réseaux de transport en commun existants se coordonnent pour évaluer les conséquences possibles des travaux de réalisation du projet sur l'exploitation des lignes (réseau de surface, lignes ferroviaires) et déterminer les dispositions à mettre en œuvre afin d'en assurer la planification en amont en minimisant les incidences.

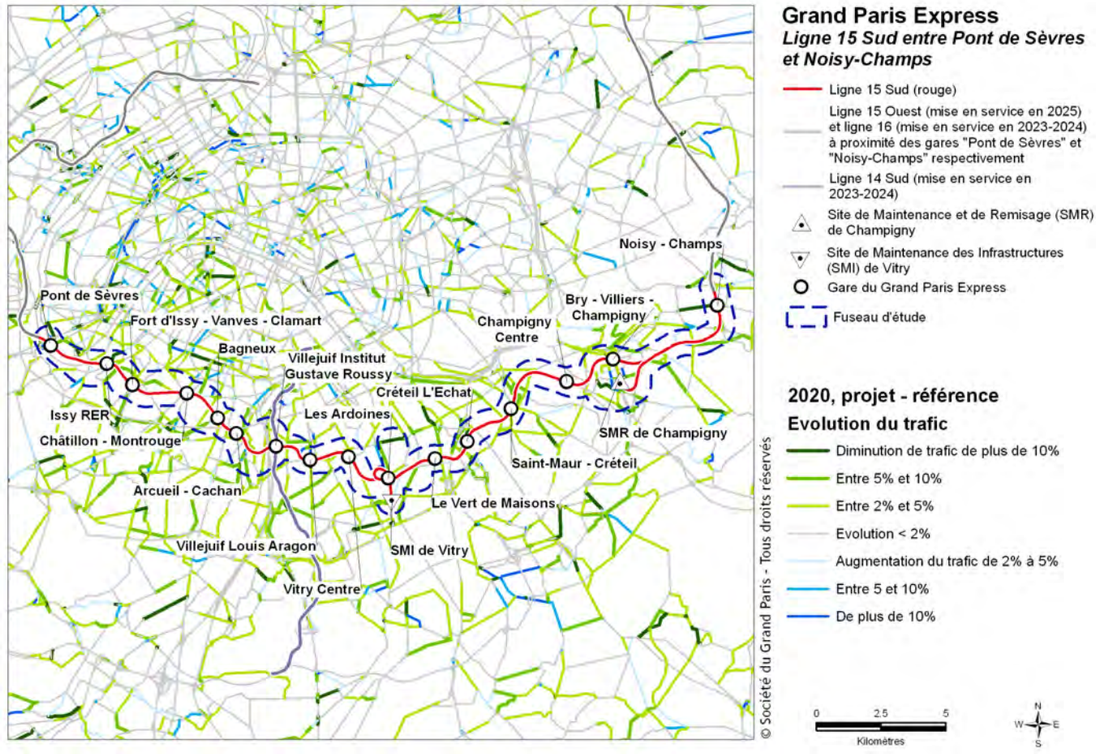
5.20.1.2 Incidences en phase d'exploitation

Le projet, par les correspondances qu'il offre et les territoires qu'il dessert, est un maillon essentiel du projet de réseau Grand Paris Express : il fait partie de la future rocade permettant de faire le tour de la banlieue parisienne sans repasser par Paris intra-muros (succession des lignes L15 Sud, Est et Ouest).

Le report modal induit par le projet est significatif : pour les déplacements qui débutent à l'intérieur du périmètre d'étude, la part modale des transports publics avec le projet augmente de 0,6 point de pourcentage tandis que celle de la voiture diminue de 0,6 point de pourcentage par rapport à la situation de référence, à l'horizon 2020.

Localement, la mise en service du métro permettra d'améliorer le maillage du réseau existant. Quinze des seize gares de la Ligne 15 Sud offriront à terme une correspondance avec au moins une autre ligne ferrée structurante (RER, Transilien, Métro ou Tramway). Les gares du Grand Paris Express seront de véritables pôles multimodaux, où les correspondances entre modes seront faciles et efficaces, et où l'accès pour les piétons et les cyclistes, ainsi que pour les personnes à mobilité réduite, sera facilité. De manière générale, la Ligne 15 Sud bénéficiera majoritairement aux voyageurs effectuant des déplacements en rocade, en améliorant l'offre en transports en commun souvent absente sur ce type de liaison.

Comme illustré dans la figure suivante, le projet permet une diminution du trafic routier de 2 à 5% sur de nombreux axes à proximité du projet mais également sur une zone plus étendue qui s'étend notamment vers le Sud. A l'horizon de la mise en service, la diminution moyenne de la charge du réseau routier dans le périmètre d'étude est de 1,9% (- 9 141 véhicules-kilomètres à l'heure de pointe du matin).



Différences de charge sur le réseau routier en 2020, entre les situations avec et sans projet (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

5.20.2 Conclusions

Impacts et mesures d'accompagnement – Mobilité

Eléments concernés	Enjeux identifiés dans l'état initial	Impacts		Mesures
Evolution des déplacements	Les déplacements de banlieue à banlieue sont en augmentation tandis que les infrastructures de transports en commun restent généralement organisée de manière radiale par rapport à Paris.	Les territoires traversés par la ligne verront leur offre en transport augmenter et bénéficieront d'une liaison ferroviaire structurante nouvelle.		Néant
Fréquentation des réseaux	Forte augmentation du trafic sur les autoroutes en rocade (A86, Francilienne), alors que le trafic diminue sur les autoroutes radiales (A13, A14…) et les voiries non autoroutières proches de Paris (RN13, …). Les lignes ferrées (RER A, B, C, D et E) sont particulièrement chargées et arrivent en limite de capacité.	Réseau routier : diminution de 9141 véhicules-kilomètres à la pointe du matin dans le périmètre d'étude, soit -1,9% par rapport à la référence 2020 Réseau ferré : réduction de la fréquentation et de la charge maximale sur le tramway T3, les RER et les métros 6 et 10. Permet de réduire la sollicitation du réseau routier et de délester les tronçons du réseau ferré qui arrivent en limite de capacité.		Néant
Parts modales	L'utilisation des transports en commun dans la compétition avec la voiture particulière doit être favorisée pour atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transport en commun dans la région.	Augmentation de 0,6 point de la part modale des transports en commun pour les déplacements ayant comme origine le périmètre d'étude, par rapport à la référence 2020. Favorise l'utilisation des transports en commun et contribue à atteindre les objectifs de +20% de déplacements en transports en commun.		Néant
Chantiers et desserte des gares	Rendre le moins gênant possible les impacts des chantiers sur les circulations (véhicules privés, transports en commun, modes actifs)	Charroi des véhicules nécessaires aux chantiers Déviations d'itinéraire et impact sur la voirie Impact sur les transports en commun et les modes actifs	Très fort : puits Ile-de-Monsieur et gare du Pont de Sèvres	Mesure de réduction : Planification des chantiers et de l'évacuation des déblais (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais). Les itinéraires de déviations (véhicules, piétons et transport) et une information adéquate devraient permettre de réduire les impacts.
			Fort : gare d'Issy RER et gare de Noisy Champs	
			Modéré : 23 puits et 11 gares	
			Faible : autres chantiers n'empiétant pas directement sur les voiries ou où le trafic est non significatif	
	Les futures gares sont généralement bien connectées au réseau de transports en commun existant. L'accessibilité routière est également généralement bien assurée mais de nombreux axes supportent un trafic important proche de la saturation.	Augmentation des besoins en stationnement aux abords de certaines gares du fait du rabattement en voiture particulière		Mesures de réduction : Favoriser l'intermodalité par les autres modes de transport en commun et les modes actifs Prévoir l'augmentation de l'offre de stationnement pour les gares à enjeu, en liaison avec le STIF et les gestionnaires de voiries

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*	
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*	*Impact positif*

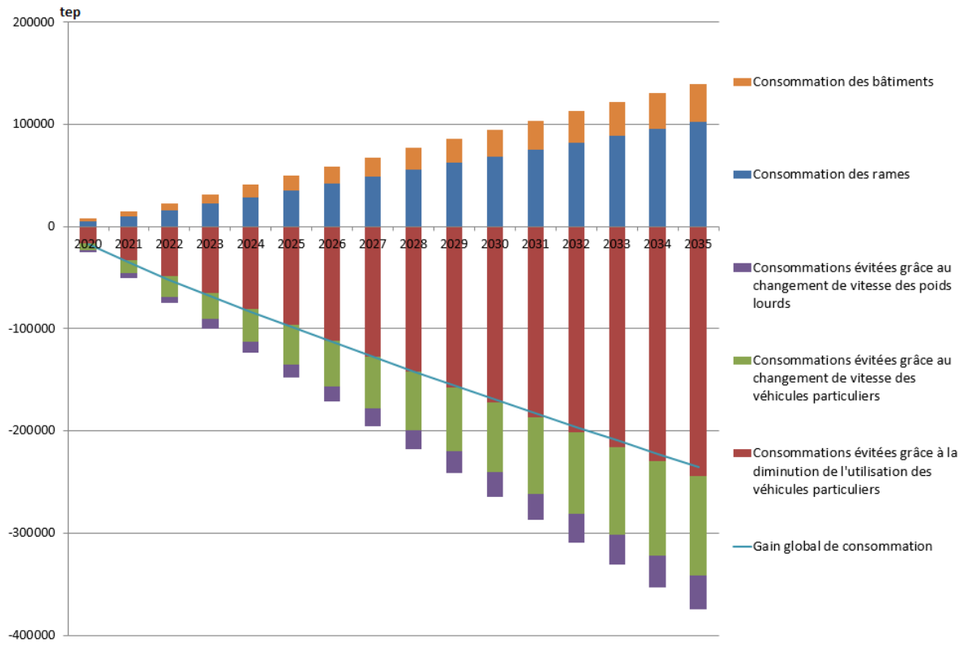
5.21 Consommations énergétiques et gaz à effet de serre

5.21.1 Analyse/interprétation

L'analyse des impacts du projet sur les consommations énergétiques compare essentiellement les gains de consommations réalisés sur la route grâce au report modal et les consommations énergétiques nécessaires au fonctionnement du métro (traction et fonctionnement des gares). L'analyse des émissions de gaz à effet de serre apporte, quant à elle, une vision plus large des impacts du projet en tenant compte également de la construction, de l'entretien ainsi que des effets plus indirects du métro sur le développement territorial.

Grâce à une nette réduction des consommations énergétiques des véhicules routiers (environ 25 300 tep économisées annuellement) et une consommation relativement faible du métro et des gares, la Ligne 15 Sud permettra de réduction des consommations énergétique en Ile-de-France.

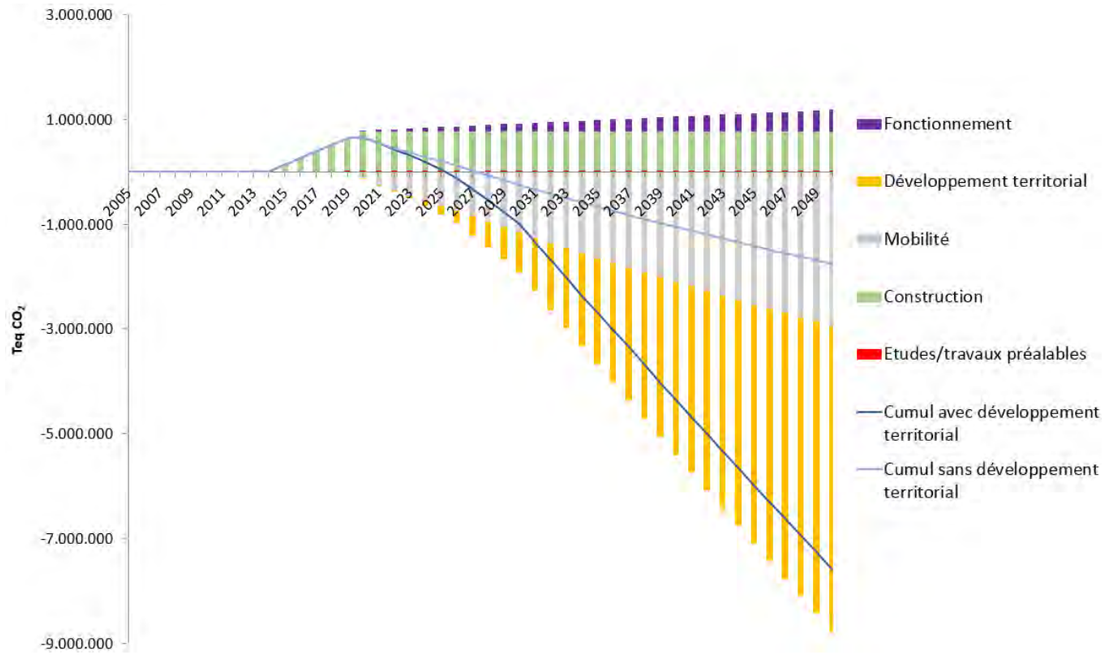
Ainsi, au total entre 2020 et 2035, près de 102 000 tep seraient nécessaires à la traction des rames, et près de 38 000 tep au bon fonctionnement des bâtiments. A l'inverse, l'amélioration du trafic routier (diminution des distances parcourues et diminution de la congestion) permettrait d'éviter la consommation de 375 000 tep. Au final, la consommation générale d'énergie serait donc réduite de 235 000 tep entre 2020 et 2035, ce qui correspond à environ -14 700 tep par an, soit un gain énergétique global particulièrement important.



Consommations énergétiques cumulées (en tep) par poste suite à la mise en service de la Ligne 15 Sud

Ce résultat révèle, par ailleurs, que l'énergie nécessaire pour l'organisation du chantier (20 300 tep) sera faible en comparaison avec les gains induits en phase d'exploitation (-14 700 tep) et que l'énergie nécessaire au chantier sera donc rentabilisée en moins de deux années d'exploitation.

Le bilan des émissions de gaz à effet de serre (GES) tient compte des émissions importantes liées au chantier et notamment à l'utilisation de quantités importantes de béton et d'acier. Ces émissions sont évaluées à environ 852 000 téq CO_2 pour l'ensemble de la construction. Dès la mise en service, le projet permet de réduire les émissions et, à l'horizon 2026, les émissions induites par le projet sont entièrement compensées par les émissions évitées grâce aux impacts sur le développement territorial et sur la mobilité en Ile-de-France.



Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) liées à la réalisation de la Ligne 15 Sud.

Sans tenir compte des émissions évitées grâce au développement d'une structure urbaine plus durable, les émissions évitées grâce à l'amélioration de la mobilité en Ile-de-France permettent de compenser les émissions induites par le projet mais d'une manière plus étalée dans le temps puisque les émissions induites par le projet sont alors compensées aux alentours de l'année 2028, c'est-à-dire 8 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud.

Les résultats révèlent l'intérêt du projet vis-à-vis des émissions de GES grâce, notamment, à ses impacts sur le trafic routier mais également grâce à un développement plus durable du territoire. Au total, ce sont approximativement 7,59 millions de teq CO_2 qui seront émises en moins d'ici 2050, contribuant ainsi aux efforts nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction des émissions (facteur 4).

5.21.2 Conclusions

Impacts et mesures d'accompagnement – Consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre

Secteurs concernés	Thématiques	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections	**Consommation d'énergie et émissions de gaz à effets de serre en Ile-de-France**	Importante contribution de la région Ile-de-France aux consommations énergétiques et émissions de gaz à effets de serre à l'échelle nationale.	Réduction globale et durable des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effets de la Région Ile-de-France.	• Toutes les mesures d'optimisation détaillées ci-dessous permettront de maximiser les impacts positifs du projet et de contribuer ainsi davantage à la réduction des émissions régionales.
	Secteur du transport	Contribution significative du secteur du transport, en particulier du transport routier, aux consommations et aux émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.	Consommations d'énergie et émissions de gaz à effets de serre induites par la construction du projet.	Mesures de réduction : • Rationalisation et optimisation des trajets de véhicules pour le chantier (cf. Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais). • Choix de techniques de construction peu énergivores. • Choix judicieux des méthodes de construction et utilisation de matériaux durables.
			Consommations d'énergie et émissions de gaz à effets de serre induites par le fonctionnement du projet.	Mesures de réduction : • Utilisation d'énergies renouvelables, lorsque cela s'avère possible. • Choix d'un matériel roulant peu consommateur en énergie, et doté notamment d'un système de récupération d'énergie au freinage. • Optimisation de la fréquence de desserte en fonction des besoins.
			Report modal important de la voiture particulière vers les transports en commun grâce à la nouvelle offre du Grand Paris.	Mesures d'optimisation : • Favoriser les accès aux gares en transports en commun, à pied ou en vélo. • Mise en place de mesures dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière.
	Secteur du bâti	Contribution significative du bâti résidentiel et tertiaire aux consommations et émissions, autant à l'échelle régionale qu'aux abords du fuseau d'étude.	Réduction des consommations et émissions du bâti grâce aux plans de construction, de densification et de rénovation des bâtiments aux abords des nouvelles gares.	Mesure d'optimisation : • Favoriser une urbanisation durable du territoire, une rénovation du bâti existant et une densification du bâti

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*	
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*	*Impact positif*

5.22 Environnement sonore

5.22.1 Impacts en phase chantier

5.22.1.1 Impacts sonores liés au creusement du tunnel

Dans le cadre de la construction de la Ligne 15 Sud, le creusement du tunnel sera réalisé quasiment exclusivement au tunnelier. Cette méthode constructive permet de réduire de manière significative les nuisances sonores dans la mesure où les travaux resteront confinés sous la surface du sol.

Ainsi, le creusement du tunnel au tunnelier ne présente pas d'impact significatif sur les niveaux sonores de surface.

Néanmoins, la réalisation et le fonctionnement des **puits d'entrée des tunneliers** sont susceptibles d'entrainer des nuisances sonores significatives. Les puits de départ des tunneliers représentent en effet des zones à enjeux dans la mesure où ils serviront de point d'évacuation pour les déblais issus du creusement du tunnel et l'approvisionnement du chantier en matériaux.

Par ailleurs, les chantiers relatifs aux puits d'entrée des tunneliers sont susceptibles d'accueillir des équipements spécifiques (machine à attaque ponctuelle, pompe pour acheminer du béton à haut débit, centrale à béton, système d'évacuation/de traitement des boues, ventilation, etc.) liés aux activités induites par leur fonctionnement.

Ces différents éléments peuvent participer à l'augmentation du niveau de bruit lié au fonctionnement des puits d'entrée des tunneliers.

Le projet de la Ligne 15 Sud intègre 7 puits de départ de tunnelier, localisés au niveau de :

- l'ouvrage OA 2301P - Ile de Monsieur,
- la gare de Fort d'Issy Vanves Clamart,
- l'ouvrage OA 1801P – Parc Robespierre,
- la gare des Ardoines,
- l'ouvrage OA 1302P – Friche Arrighi,
- la gare de Bry Villiers Champigny,
- l'arrière gare de Noisy Champs (OA 0802P).

Le choix des sites d'implantation de ces puits de départ s'est orienté, dans la mesure du possible, sur des secteurs offrants des spécificités permettant de limiter les nuisances sonores potentielles :

- au niveau de zones industrielles peu sensibles aux nuisances (Les Ardoines, Friche Arrighi),
- au niveau de secteur offrant des spécificités permettant de développer une logistique de transport par voie d'eau ou par voie ferroviaire (Ile de Monsieur, Friche Arrighi, Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Bry Villiers Champigny)
- sur des secteurs à proximité de voies structurantes permettant de limiter le charroi des camions en intérieur de centre-ville ou sur des voiries peu adaptées (Noisy-Champs avec la présence de l'A4 à proximité directe).

Les mesures générales prises en phase chantier ainsi que des mesures spécifiques comme la réalisation de travaux sous dalle partielle pour le puits d'Issy Vanves Clamart ou un suivi particulier pour le puits du Parc Robespierre permettront par ailleurs de réduire significativement les impacts sonores induits par les chantiers accueillant un puits de départ de tunneliers.

5.22.1.2 Impacts sonores liés aux chantiers des ouvrages émergents

Dans le cadre du projet d'aménagement de la Ligne 15 Sud, malgré la création d'une ligne entièrement souterraine, le projet comprend la construction d'un certain nombre d'ouvrages émergents (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance), qui constituent autant de bases chantier susceptibles d'induire des nuisances sonores dans l'environnement. Les gares et les ouvrages annexes sont généralement situés au niveau des zones urbaines afin d'assurer, à terme, des dessertes efficaces et un usage adapté aux besoins. La problématique des nuisances sonores représente donc un enjeu important.

Les nuisances sonores induites par les chantiers relatifs à la construction de ces ouvrages sont susceptibles de varier en fonction des spécificités de chaque chantier (type d'ouvrage, méthode constructive, durée du chantier, environnement sonore du site d'implantation, …). Néanmoins, les principales sources de bruit induites lors de la phase chantier restent similaires, avec notamment :

- La méthode de construction,
- Les engins et équipements de chantier,
- La durée du chantier,
- La distance du chantier par rapport aux riverains,
- L'environnement sonore existant avant travaux.

Les chantiers relatifs à la construction des ouvrages de la Ligne 15 Sud auront un impact sonore significatif sur les secteurs d'implantation des bases chantier. Les nuisances sonores engendrées par les travaux se caractériseront par des bruits variables et aléatoires, dépendant directement de la phase des travaux, du type de travail réalisé mais aussi des équipements et engins de chantiers utilisés.
Ces impacts sont néanmoins provisoires et les dispositions spécifiques mises en œuvre sur les chantiers du projet ont pour objectif de limiter au maximum les nuisances pour les riverains. Ces mesures sont développées dans le tableau de synthèse en fin de chapitre.

5.22.2 Impacts en phase exploitation

Le projet de la Ligne 15 Sud est constitué sur la totalité de son tracé par un tunnel en souterrain. Au vu des caractéristiques du tunnel (tunnel de béton situé à une profondeur > 10 mètres), l'augmentation de nuisances sonores au niveau de la surface est négligeable.

S'agissant des **gares**, les sources potentielles d'émission de bruit sont multiples. Elles peuvent être liées aux équipements techniques nécessaires à leur fonctionnement, et à leur fréquentation par les usagers.

Dans le cadre des systèmes de ventilation et des équipements techniques des gares, les dispositifs antibruit seront dimensionnés de manières à viser des objectifs de niveaux de bruit respectant les exigences du décret relatif aux bruits de voisinage. Ainsi les gares n'auront qu'un impact sonore direct négligeable à faible dans l'environnement. L'impact lié au fonctionnement des équipements techniques des gares pour les usagers est également faible.

Les aménagements des accès et des circulations sont prévues de manière à ce que les nuisances sonores soient faibles, les gares auront donc hors exception, par exemple en raison de la proximité avec une zone ou bâtiment particulièrement sensible, un impact sonore indirect faible dans l'environnement.

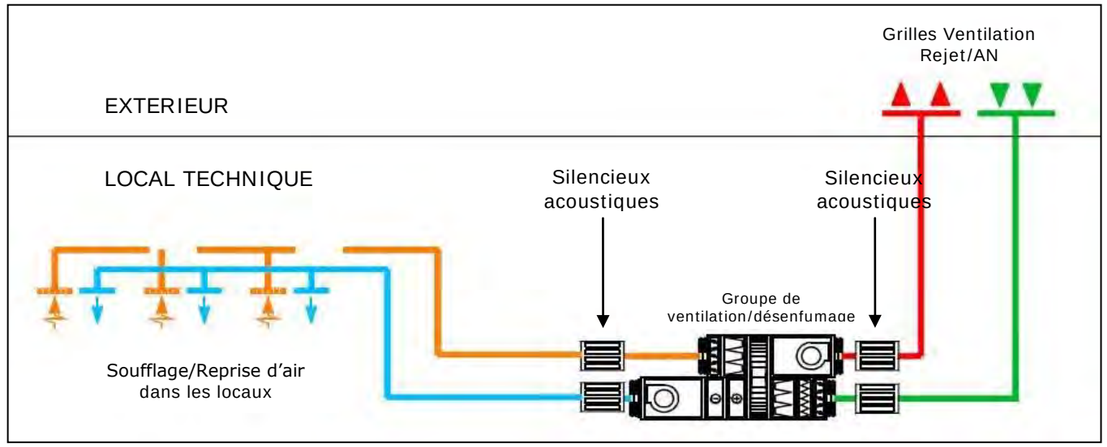
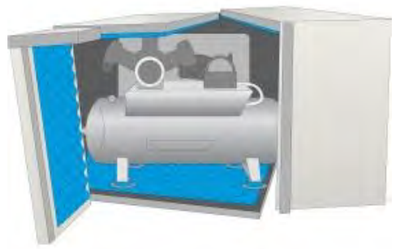


Schéma de principe de fonctionnement d'une CTA exploitation pour une gare type
(source : Société du Grand Paris)

S'agissant du **fonctionnement des ouvrages annexes**, les principaux impacts sonores sont liés à la ventilation mécanique et au désenfumage des tunnels. De la même manière que pour les gares, les dispositifs antibruit prévus seront dimensionnés de manières à viser des objectifs de niveaux de bruit respectant les exigences du décret relatif aux bruits de voisinage. Ainsi, le fonctionnement des ouvrages de ventilation ne génèrera qu'un impact sonore négligeable à faible dans l'environnement.



Exemple de dispositif de capotage
(source: paulstra-industry)



Exemple de silencieux acoustiques pour gaines de ventilation (source : Trox)

Les **sites de maintenance** sont composés de différents ensembles fonctionnels susceptibles de générés des nuisances sonores dans l'environnement.

Les 2 sites de maintenance de la Ligne 15 Sud sont localisés sur des secteurs industriels :

- Le SMR de Champigny est situé au nord-est de la commune de Champigny-sur-Marne, sur un secteur actuellement occupé par des activités bordées par des terrains en friche,
- Le SMI de Vitry est situés dans le secteur des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine.

La localisation des sites de maintenance, qui s'intègrent dans des secteurs industriels peu sensibles aux nuisances sonores, permet de limiter de manière significative les impacts liés au fonctionnement de ces infrastructures.

Pour assurer le bon fonctionnement du réseau, les activités se dérouleront en continu (jour et nuit). Les principales activités seront cependant réalisées à l'intérieur des bâtiments, ce qui limite ainsi les émissions sonores vers l'extérieur.

Conclusion

Dans le cadre de l'aménagement du réseau de la Ligne 15 Sud, qui s'inscrit dans un territoire très urbanisé, la sensibilité du projet vis-à-vis des nuisances sonores est forte. Les impacts sonores liés à l'exploitation du réseau sont principalement induits par le fonctionnement des équipements techniques et des systèmes de ventilation. Ces éléments bénéficieront de dispositifs anti-bruit performants, dimensionnés de manière spécifique afin de limiter au maximum les nuisances sur l'environnement sonore existant à proximité des ouvrages.

Ainsi, les impacts directs, localisés au niveau des ouvrages émergents, sont faibles voire négligeables lorsque les ouvrages s'intègrent dans un environnement sonore préexistant déjà impacté, masquant ainsi le bruit induit par le fonctionnement des ouvrages du réseau.

Les impacts indirects liés à l'exploitation du réseau par les usagers, restent localisés au niveau des quartiers situés aux alentours des gares. Ils sont principalement induits par l'augmentation potentielle du trafic routier. Les concertations menées avec les acteurs locaux et les sociétés de transports permettent d'adapter la définition du projet au contexte local rencontré dans chaque secteur d'aménagement dans le but de limiter ces augmentations de trafic.

Ainsi, les impacts sonores indirects sont considérés comme faibles à modérés, en fonction des conditions de trafic existantes dans les différents secteurs d'aménagement des gares.

5.22.3 Conclusions

Synthèse des impacts et mesures associées – Environnement sonore

<table>
<tr><th>Section</th><th>Niveau d'enjeu</th><th>Caractéristiques et niveau d'impact</th><th>Mesures</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Ile de Monsieur/Pont de Sèvres à Issy RER</td><td rowspan="2">Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section</td><td>Phase chantier : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier</td><td rowspan="16">PHASE CHANTIER :
Mesures d'évitement et de réduction :
• Méthodes constructives : réalisation de parois moulées
• Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux
• Adaptation de l'organisation des zones de chantier de manière à limiter autant que possible des nuisances sonores
Mesure de suivi :
• Présence d'agents de proximité sur les chantiers
• Développement d'une communication privilégiée auprès des riverains
Mesures spécifiques :
• Travaux réalisés en tranchée couverte « couverture première » pour la majorité des gares
• Utilisation du transport fluvial pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier pour les sites de l'Ile de Monsieur et Pont de Sèvres
• Développement du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais sur la base chantier de Fort d'Issy/Vanves/Clamart
PHASE EXPLOITATION :
Mesures d'évitement et de réduction
• Conception de la structure des locaux étudiée de manière à contenir les nuisances sonores
• Isolation des équipements techniques
• Implantation des ouvrages annexes à plus de 8 mètres des façades avec fenêtre
• Installation des ventilateurs sur des amortisseurs
• Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation
• Elaboration d'une charte architecturale
• Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte
• Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF
Mesures spécifiques
• Dimensionnement spécifique des silencieux acoustiques selon le niveau sonore préexistant mesuré et le contexte urbain dans lequel est situé l'ouvrage considéré</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier, en particulier à proximité des quais de Seine</td><td>Phase chantier : impact modéré, le bruit routier existant masquera partiellement les bruits issus du chantier</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Issy RER à Arcueil-Cachan</td><td rowspan="2">Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section</td><td>Phase chantier : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact faible lié à l'environnement sonore préexistant et à la proximité des riverains, enjeu faible à modéré en fonction des impacts indirects potentiels au niveau des gares</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit</td><td>Phase chantier : impact fort au niveau du Parc Henri Barbusse et du Square Malleret-Joinville dans lesquels sont implantés les ouvrages</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact négligeable, l'environnement sonore préexistant du Parc Henri Barbusse et du Square Malleret Joinville étant impacté par le bruit routier qui masquera les bruits résiduels</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Arcueil-Cachan à Vitry Centre</td><td rowspan="2">Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section</td><td>Phase chantier : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Présence d'un établissement hospitalier sensible et du parc départemental des Hautes Bruyères dans le secteur d'aménagement de la gare Villejuif IGR</td><td>Phase chantier : impact modéré à fort lié à la proximité de l'Institut Gustave Roussy et à l'implantation de la base chantier dans le parc des Hautes Bruyères</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact faible à modéré localisé au niveau du parc des Hautes Bruyères en fonction des effets indirects et des effets cumulés potentiels associés au réaménagement du secteur</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Présence de plusieurs zones calmes ou d'intérêt et de petits parcs urbains à préserver du bruit, dont le parc du Coteau à Vitry</td><td>Phase chantier : impact fort, la base chantier de la gare de Vitry étant localisée dans le parc du Coteau</td></tr>
<tr><td>Phase exploitation : impact faible à modéré, lié à l'implantation de la gare dans le parc du Coteau</td></tr>
</table>

Section	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau d'impact	Mesures
Vitry Centre à Champigny Centre	Présence de zones d'activités et /ou industrielles peu sensibles et très impactées par le bruit routier et ferroviaire	**Phase chantier** : impact faible à modéré, lié à l'absence de riverain à proximité des chantiers et à un environnement bruyant qui masquera en partie les bruits de chantier	**PHASE CHANTIER :** **Mesures d'évitement et de réduction :** • Méthodes constructives : réalisation de parois moulées • Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux • Adaptation de l'organisation des zones de chantier de manière à limiter autant que possible des nuisances sonores **Mesure de suivi :** • Présence d'agents de proximité sur les chantiers • Développement d'une communication privilégiée auprès des riverains **Mesures spécifiques :** • Travaux réalisés en tranchée et partiellement souterrains sur plusieurs gares • Utilisation du transport fluvial pour l'évacuation des déblais et l'approvisionnement chantier pour le site de la Friche Arrighi • Développement du transport ferroviaire pour l'évacuation des déblais au niveau de la gare de Bry Villiers Champigny • Localisation des sites de maintenance au niveau de secteurs industriels peu sensibles au bruit • Mise en place d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances pour les 2 sites de maintenance • Engagement dans une démarche de certification HQE pour les 2 sites de maintenance **PHASE EXPLOITATION :** **Mesures d'évitement et de réduction** • Conception de la structure des locaux étudiée de manière à contenir les nuisances sonores • Isolation des équipements techniques • Implantation des ouvrages annexes à plus de 8 mètres des façades avec fenêtre • Installation des ventilateurs sur des amortisseurs • Mise en place de silencieux acoustiques permettant de réduire les niveaux de bruit dans les réseaux de ventilation • Elaboration d'une charte architecturale • Concertation avec les acteurs locaux de manière à définir des espaces publics adaptés au contexte • Réaménagement des liaisons de bus avec le STIF **Mesures spécifiques** • Dimensionnement spécifique des silencieux acoustiques selon le niveau sonore préexistant mesuré et le contexte urbain dans lequel est situé l'ouvrage considéré • Engagement dans une démarche de certification HQE pour les 2 sites de maintenance
		Phase exploitation : impact négligeable, l'environnement sonore préexistant masquera les bruits induits par le projet	
	Présence d'habitat dense sur le reste de la section	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Secteurs présentant localement des niveaux sonores élevés, très impactés par le bruit routier ou ferroviaire	**Phase chantier** : impact modéré, le bruit généré par le trafic routier et ferroviaire masquera partiellement les bruits issus du chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant	
	Présence de zones vertes et zones sensibles identifiées, dont le parc du Plateau à Champigny-sur-Marne et un centre hospitalier dans le secteur d'aménagement de la gare de Créteil l'Echât	**Phase chantier** : impact modéré à l'implantation d'une base chantier dans le parc du Plateau. Le centre hospitalier de Créteil reste relativement éloigné du chantier de la gare	
		Phase exploitation : impact faible, le SMR n'est pas directement implanté dans le parc cet bénéficiera de mesures d'insonorisation spécifique	
Champigny Centre à Noisy-Champs	Présence d'habitat dense sur l'ensemble de la section excepté à proximité de l'autoroute A4	**Phase chantier** : impact fort lié à la présence de riverains à proximité des bases chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Secteurs présentant des niveaux sonores élevés, impacté, par le bruit routier, en particulier au niveau de Noisy-Le-Grand, et localement par le bruit ferroviaire le long du RER E	**Phase chantier** : impact modéré, le bruit généré par le trafic routier et ferroviaire masquera partiellement les bruits issus du chantier	
		Phase exploitation : impact négligeable, les bruits induits par le projet seront masqués par l'environnement sonore préexistant	
	Présence de plusieurs zones vertes identifiées, dont le parc de la Butte Verte	**Phase chantier** : impact modéré à fort, lié à la proximité du chantier avec des zones vertes	
		Phase exploitation : impact négligeable à faible en fonction l'environnement sonore préexistant et de la proximité des riverains	
	Présence de l'école d'ingénieur ESIEE à proximité directe du secteur d'aménagement de l'avant-gare de Noisy-Champs	**Phase chantier** : impact fort, le puits d'entrée de tunnelier est localisé à proximité de l'école d'ingénieur	
		Phase exploitation : impact négligeable, le bruit routier préexistant marquera le bruit induit par le projet	

5.23 Ondes électromagnétiques

5.23.1 Analyse/interprétation

Pour éviter toute interférence, une analyse spécifique des équipements nécessaires au bon fonctionnement de l'exploitation sera menée, prenant en compte le niveau de champ électromagnétique potentiel au sein du tunnel. Cette dernière tendra à :

- Proposer des équipements électriques protégés des interférences potentielles,
- Proposer des points d'implantation de ces équipements pour réduire les valeurs de champ perçues.

5.23.2 Conclusions

Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques – phase chantier

Eléments concernés	Niveau d'enjeu	Zones impactées si spécifiquement localisées	Eléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Champ émis par le tunnelier	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité de l'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul	*Réduction* Choix des matériels performants sur ce critère Mise en place de cages de Faraday ou équivalent	néant	néant
Champ émis par les installations de chantiers (non connues actuellement)	Ensemble des sections	Bases chantier des émergences	Emergences	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité de l'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Non quantifiable			

Synthèse des impacts et mesures concernant les ondes électromagnétiques– phase exploitation

Eléments concernés	Niveau d'enjeu	Zones impactées si spécifiquement localisées	Eléments du projet en interaction	Impacts potentiels	Niveau d'impact brut	Mesures	Impacts résiduels	Mesures compensatoires
Champs émis par la caténaire	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul	*Evitement* Choix des équipements électriques en fonction des paramètres de champs électromagnétiques *Suivi* Entretien des équipements électriques	néant	néant
Champs émis par les antennes de communication	Ensemble des sections	Ensemble du linéaire	Tunnel (matériel roulant)	*Impact direct* Perturbation des équipements électriques en proximité du rail d'alimentation électrique *Impact indirect* Impacts sur la santé humaine des usagers et travailleurs	Négligeable à nul			

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*

5.24 Santé et sécurité

5.24.1 Analyse/interprétation

Les impacts principaux du projet sur la santé des franciliens sont en relation directe avec la diminution du trafic routier et l'amélioration des conditions de circulation. Ainsi, le projet permettra une réduction des émissions de polluants et donc une diminution des troubles respiratoires dus aux pollutions atmosphériques. Indirectement, le projet engendrera également une diminution des accidents de la route. Ces impacts ont été évalués sur base des résultats du modèle de trafic utilisé pour évaluer les impacts sur la mobilité.

5.24.1.1 Qualité de l'air

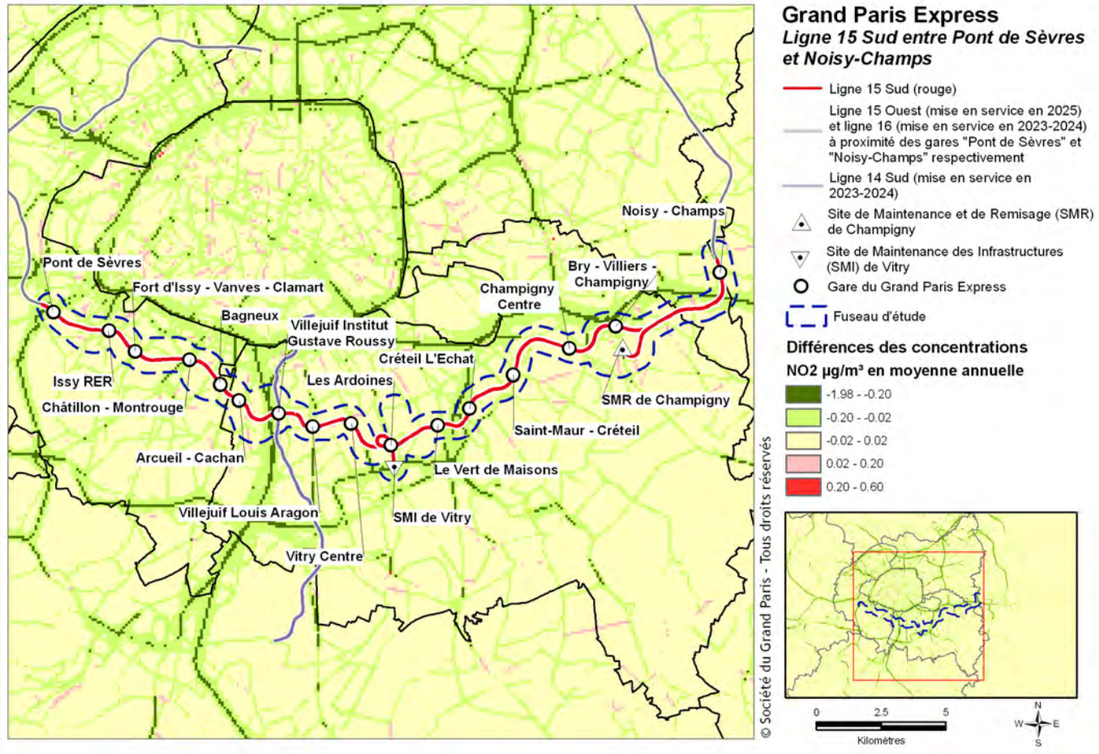
Les impacts potentiels du chantier sur la qualité de l'air sont doubles. D'une part, de manière assez diffuse, le charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux engendrera des émissions de gaz d'échappement. D'autre part, de manière plus localisée à proximité immédiate des chantiers, les travaux entrepris pourraient générer la mise en suspension de poussières.

Le charroi généré sur le réseau routier pour le transport des déblais et des matériaux nécessaires à l'édification des infrastructures est important. Il sera nécessaire d'en organiser l'évacuation et l'acheminement afin de limiter les distances parcourues et de limiter les impacts. C'est pour cette raison qu'un schéma directeur d'évacuation des déblais a été élaboré par la Société du Grand Paris. Il permettra de réduire au maximum le parcours sur le réseau routier des camions en rationalisant et en optimisant le nombre de trajets nécessaires. Dans ce sens, les transports fluvial et ferroviaire seront privilégiés pour les distances importantes, la situation de la Ligne 15 Sud étant notamment favorable au transport fluvial de par sa proximité avec la Seine et la Marne.

Concernant les zones à proximité des chantiers, il sera également important de limiter au maximum les émissions de particules fines afin de limiter les impacts sur la population. Le respect des bonnes pratiques de chantier (stockage adéquat des produits pulvérulents, nettoyage des roues des camions à la sortie du site, mouillage des matériaux lors des découpes produisant de la poussière, etc.) devrait limiter considérablement les risques d'impact significatif.

Grâce au report modal de la route vers les transports en commun qu'il induit, le projet contribuera, en phase d'exploitation, à l'amélioration de la qualité de l'air en Ile-de-France. Ainsi, la Ligne 15 Sud devrait permettre d'engendrer une diminution de la plupart des polluants étudiés (PM_{10}, NO_x, CO, COVNM, benzène) d'environ 0,5% par an. En termes de quantités, cela correspond à une diminution de 6 tonnes de PM_{10} et 70 tonnes de NO_x par an. La réduction de trafic que crée l'arrivée de la Ligne 15 Sud en 2020 a donc des conséquences globalement positives en termes d'émissions de polluants atmosphériques mais qui restent relativement faibles par rapport aux émissions globales du trafic routier.

A l'horizon plus lointain de 2030, le réseau de transport du Grand Paris dans son ensemble permettra une réduction plus importante de -2% à -3% des émissions de polluants. La réduction de trafic aura donc des conséquences positives à la fois en termes d'émissions de polluants atmosphériques et de concentration globale de polluants atmosphériques notamment à proximité de la Ligne 15 Sud. Globalement, l'impact sera maximum aux alentours des grands axes sur lesquels le trafic sera fortement diminué par l'arrivée du métro, notamment l'A4, A6, A13, A86 et le Boulevard Périphérique, comme illustré sur la figure suivante.



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 pour le NO_2

A l'intérieur des espaces confinés du métro, il conviendra de limiter les concentrations de particules fines :

- En réduisant les émissions à la source (sélection de matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies les moins émissifs possible),
- En optimisant la ventilation et la filtration de l'air,
- En équipant les rames de ventilation réfrigérée,
- En surveillant la qualité de l'air.

La localisation des émergences des systèmes de ventilation intégrera également l'enjeu de qualité de l'air, afin de limiter l'exposition des personnes.

5.24.1.2 Sécurité routière

En améliorant les conditions de trafic en Ile-de-France, le projet devrait induire une diminution des accidents de la route. Cet impact sera cependant largement dépendant des mesures d'accompagnement qui seront mises en place pour sécuriser les circulations en Ile-de-France.

A proximité du projet, au vu de la diminution locale de trafic, il est envisageable d'atteindre une légère réduction des accidents de la route (estimation d'une baisse de 43 accidents à l'horizon 2020).

5.24.2 Conclusions

Impacts et mesures d'accompagnement – Santé et sécurité

Section	Thématique	Niveau d'enjeu	Caractéristiques et niveau de l'impact	Mesures mises en œuvre
Toutes sections	**Pollution atmosphérique**	Concentrations en polluants atmosphériques généralement en baisse mais dépassant toujours fréquemment les valeurs limite en particulier à proximité du trafic routier.	Emissions de polluants atmosphériques par le chantier de la Ligne 15 Sud.	Mesures de réduction : • Choix judicieux de matériel et de méthodes de construction permettant de limiter l'émission de poussières. • Rationalisation et optimisation des trajets des véhicules pour le chantier.
			Amélioration globale de la qualité de l'air grâce au report modal de la voiture particulière vers les transports en commun, ainsi qu'aux plans d'amélioration de la qualité du parc bâti accompagnant la mise en service du Grand Paris.	Mesures d'optimisation : • Ensemble des mesures favorables à l'utilisation des transports en commun et dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière (voire chapitre relatif à la mobilité). • Interconnexion des gares du projet avec les autres lignes de transports en commun favorisant le report modal. • Adaptation des plans de circulation afin d'éviter l'augmentation du trafic routier dans les voiries locales à proximité des gares.
		Concentrations en particules fines pouvant être élevées dans les espaces confinés ferroviaires (gares, trains et métros).	Risques de concentrations de particules fines dans les espaces confinés du métro et à proximité des puits de ventilation.	Mesures de réduction : • Limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames via : ▪ réduction des émissions à la source (matériaux de roulement, de freinage et d'aménagement des voies) ; ▪ optimisation de la ventilation et de la filtration ; ▪ équipement de rames avec ventilation réfrigérée ; ▪ surveillance de la qualité de l'air. • Localisation des puits de ventilation de manière à assurer une exposition prolongée minimale des personnes.
	Accidents de la route	Nombre d'accidents de la route relativement faible aux abords du fuseau d'étude.	Diminution du nombre d'accidents et de victimes sur le réseau routier suite à la mise en service du Grand Paris.	Mesures d'optimisation : • Ensemble des mesures favorables à l'utilisation des transports en commun et dissuasives vis-à-vis de l'utilisation de la voiture particulière (voire chapitre relatif à la mobilité). • Mise en place d'aménagements routiers et d'équipements adéquats autour des gares.

Légende :

Pas d'enjeu	*Enjeu Faible*	*Enjeu Modéré*	*Enjeu Fort*	
Pas d'impact	*Impact Faible*	*Impact Modéré*	*Impact Fort*	*Impact positif*

6. Appréciation des effets cumulés avec les projets limitrophes connus et évaluation des incidences à l'échelle du Grand Paris Express

6.1 Analyse des effets cumulés de la Ligne 15sud avec les projets limitrophes connus

6.1.1 Projets considérés

Liste des projets connexes retenus pour l'analyse des effets cumulés avec le projet de Ligne 15 Sud

Typologie de projets connexes	Projet connexe concerné	Secteur d'interaction du projet connexe avec la Ligne 15 Ouest
Contrat de Développement Territorial	CDT GPSO – Innovation numérique	Grand Paris Seine Ouest - Secteur Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Sèvres
	CDT Campus Sciences et santé	Vallée Scientifique de la Bièvre – Secteur Bagneux, Arcueil-Cachan, Villejuif
	CDT Grandes Ardoines	Secteur Vitry-sur-Seine, Alfortville
	CDT Boucles de la Marne	Secteur Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Champigny-sur-Marne
	CDT Cœur Descartes	Secteur Noisy-le-Grand, Champs sur Marne
Pôle gare Pont de Sèvres	ZAC Séguin Rives de Seine Echangeur de la Manufacture Vallée Rive gauche	Secteur Boulogne Billancourt Secteur Sèvres Secteur Sèvres-Meudon-Issy les Moulineaux
Pôle gare Issy RER	ZAC Léon Blum	Secteur Issy les Moulineaux
Pôle gare Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Ecoquartier de la gare	Secteur Clamart
Pôle gare Bagneux	Ecoquartier Victor Hugo Prolongement sud Ligne 4 du Métro	Secteur Bagneux
Pôle gare Villejuif Institut Gustave Roussy	ZAC Campus Grand Parc	Secteur Villejuif
Pôle gare Villejuif Louis Aragon	ZAC Aragon	Secteur Villejuif
Pôle gare Les Ardoines	ZAC Gare Ardoines TZEN 5	Secteur Vitry-sur-Seine
Pôle gare Bry-Villiers-Champigny	Requalification RD10 TCSP Altival ZAC Simonettes Nord Gare SNCF RER E/ Transilien	Secteur Champigny-sur-Marne
Pôle gare Noisy-Champs	Projet Ru de Nesles Nord Projet Ru de Nesles Sud Cité Descartes	Secteur de Champs-sur-Marne Secteur de Noisy-le-Grand

6.1.2 Impacts cumulés en phase chantier

Les différents projets pris en compte n'ont pas des horizons de mise en service similaires. Ils ne seront donc pas systématiquement réalisés en même temps et les impacts de ces derniers ne seront, à fortiori, pas tous cumulés.

Pour permettre une simplification de l'analyse, le présent paragraphe a cependant été bâti sur le principe que l'ensemble des projets présenteront des phases chantiers concomitantes sur un point de vue temporel.

6.1.2.1 Relief, pédologie et climatologie

c. Impacts directs et indirects

Chaque thème est sommairement apprécié ci-dessous :

- L'ensemble des phases chantiers des différents projets cumulés ne semble pas à même de modifier de manière substantielle le relief du territoire considéré sur une échelle large.

  Très localement et sur chaque chantier distinct (gares, OA et Puits tunnelier), la topographie sera temporairement modifiée, mais dans un contexte d'ensemble, cette dernière ne variera pas.

  Les impacts les plus significatifs, même s'ils resteront faibles à nuls à l'échelle du territoire étudié, s'identifieront sur les bases chantier connexes où une éventuelle gestion des déblais sera corrélée sous la forme de stocks de terre.

- Le contexte du territoire étudié est quasi-intégralement à dominante urbaine. Le potentiel pédologique y a disparu au fil de l'imperméabilisation des surfaces (sur Nanterre, une unité pédologique est identifiée par l'INRA sur la base des données de 1998 qui semble obsolète en raison du développement du secteur Seine-Arche depuis plus de 10 ans).

  Aussi, les impacts sur le critère pédologique restent négligeables à l'échelle de la Ligne 15 Ouest.

- Le contexte climatologique ne sera pas influencé par la réalisation des différents projets connexes

d. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.2.2 Hydrographie et risques d'inondations

a. Impacts directs et indirects

L'ensemble des projets influe particulièrement sur la gestion des eaux de surface et la prise en compte **des écoulements et ruissellements urbains**, potentiellement sources de phénomènes d'inondations.

Cependant, chaque projet doit être considéré de manière indépendante et faire l'objet d'études disjointes, si besoin. De fait, aux vues des caractéristiques de chaque projet, il est notable que nombre d'entre eux soient soumis à une procédure d'étude d'incidences au titre de la Loi sur l'Eau. Cette dernière permet de définir les impacts de chaque projet sur le réseau hydrographique et les mesures distinctes mises en œuvre par chaque maître d'ouvrage pour entreprendre une gestion pérenne des eaux de ruissellement issues de leur chantier respectif.

Pour les projets d'aménagement urbain, les éléments du projet de la Ligne 15 Sud ont le même rôle qu'un lot de ZAC ou d'Ecoquartier : les ruissellements en phase chantier doivent être gérés à la parcelle ou au lot, les espaces publics ne recueillant que des débits régulés et traités.

De même, la gestion des pollutions éventuelles est gérée à l'échelle du lot. Les emprises chantier sont donc bien délimitées de ce fait.

Globalement, lorsque les projets d'aménagement existent et sont autorisés, ils imposent des prescriptions de rejet qui peuvent être supérieures à celles des gestionnaires de réseau.

En cas d'interactions, ou d'actions successives sur une même emprise, la coordination des opérations est imposée par la réglementation, en particulier le code du travail. La gestion des ruissellements est donc commune et actée dans un document.

De manière globale, les principales nuisances engendrées par la concomitance des chantiers concerneront l'apparition de pollutions accidentelles :

- La circulation des engins de chantier et des camions sur les emprises du site : déversements d'hydrocarbures ;
- La circulation des camions sur les emprises de voiries publiques, véhiculant les apports depuis le site : dépôt de matière particulaire sur la chaussée ;
- D'une mauvaise gestion des eaux pluviales inhérentes à un ou plusieurs chantiers.

De fait, tout dépendra des périodes de réalisation des chantiers et du degré de coordination entre les différents maîtres d'ouvrage : **des chantiers concomitants et un faible niveau de coordination peuvent ainsi conduire à des impacts cumulés significatifs bien que chaque chantier de base ait les mêmes obligations réglementaires**.

En ce qui concerne les impacts cumulés de chantiers en zone inondable, la réglementation est claire :

- Soit chaque projet assure ses obligations de transparence hydraulique et de compensation volumique séparément : c'est le cas de projets ayant des obligations différentes au titre du PPRI,
- Soit les obligations sont mutualisées et décrites dans le dossier au chapitre sur l'évaluation des impacts.

Les ouvrages de la ligne 15sud situés en zone inondable relèvent du premier cas, même si sur le secteur des Ardoines des concertations ont eu lieu avec l'aménageur de la ZAC.

En ce qui concerne les projets dans le lit mineur de la Seine, seule la ZAC Seguin avec les travaux prévus sur l'Ile Seguin a des effets cumulés avec le projet au niveau de la gare de Pont de Sèvres et de l'OA ZAC SAEM.

Les éléments du projet de la ZAC Seguin ont été pris en compte dans la conception de la gare, son emprise dans le lit mineur, et celle de l'estacade de la phase chantier en particulier. Le respect des capacités du chenal de navigation et des capacités d'écoulement de la Seine au droit des travaux a été vérifié, en concertation avec VNF.

En pratique, les impacts cumulés sur les eaux superficielles seront réduits pour les raisons suivantes :

- Chaque chantier gèrera ses propres impacts, même s'il doit y avoir une coordination lorsque les chantiers seront proches, voire concomitants. En effet, une gestion des eaux pluviales à la parcelle sera systématiquement mise en œuvre pour chaque chantier ;
- Les emprises des chantiers seront pour l'essentiel déjà imperméabilisées (au vu du contexte urbain) avec rejet au réseau.

b. Mesures d'accompagnement

Chaque Maître d'Ouvrage de chaque projet est tenu de gérer les eaux de ruissellement émises lors de la phase chantier, indépendamment des autres projets.

Le fait qu'un ou plusieurs projets soient éventuellement portés de manière concomitante avec celui de la Ligne 15 Ouest impliquera cependant une certaine coordination des maîtrises d'ouvrage.

Cette coordination interviendra essentiellement en cas de pollution accidentelle susceptible d'avoir une incidence sur les eaux de surface.

A cet effet, l'utilisation des mêmes sites de nettoyage des engins ou des mêmes zones de stockage des matériaux permettra éventuellement de réduire les risques spatiaux de pollution sur des aires plus restreintes, et donc faciliter les interventions (délais plus courts) en cas de problèmes.

6.1.2.3 Géologie et hydrogéologie

a. *Impacts directs et indirects*

Dans le cadre de l'approche aux impacts cumulés des projets sur les contextes géologique et hydrogéologique, il est difficile de mettre en exergue une relation entre les différents chantiers menés de manière concomitante.

- Sur le point de vue géologique, la réalisation de la Ligne 15 Sud entrainera une modification du contexte géologique de profondeur principalement (tunnel) et de manière plus mineure, une modification de la géologie de surface au niveau des émergences de la ligne.

  Les projets connexes quant à eux, influenceront principalement la couverture du sol en modifiant notamment les critères de perméabilité du substratum. La géologie de profondeur ne subira pas de perturbation, hormis au niveau de la Gare de Bagneux terminus de la Ligne 4. Par ailleurs, la plupart des projets pris en compte s'implantent dans des secteurs déjà urbanisés où une partie du remaniement du sol correspondra à une couche de remblais déjà existante (mis en œuvre pour l'urbanisation passée des secteurs).

  Aussi, chaque projet identifie des impacts qui lui sont propres.

  Nota : Les impacts cumulés s'interprètent plutôt en termes de gestion des terres qu'en termes de modification de la géologie locale.

- Sur le point de vue hydrogéologique, les impacts en phase chantier sont clairement supérieurs à ceux persistant en phase exploitation (pour l'essentiel, une fois la Ligne 15 Sud mise en œuvre, seul persiste l'effet barrage).

  Les modélisations faites sur la Ligne 15 Sud ont beaucoup apporté sur ce point. Elles ont permis de faire les constats suivants :

  - Pour qu'il y ait effet cumulé, il faut que les aires d'influence hydrogéologique d'autres projets interfèrent avec celles de la Ligne 15 Ouest.

  - Or, la mise en œuvre de parois moulées au niveau des émergences (totalité des cas au niveau de la Ligne 15 Sud) ainsi que le creusement au tunnelier des infrastructures, permettent de réduire l'aire géographique d'influence des effets hydrogéologiques concernant la Ligne 15 Sud. Le rabattement des nappes est réduit et limite ainsi les variations de cote du toit de la nappe à travers plusieurs couches géologiques. En effet, les modifications des niveaux piézométriques des nappes (et notamment des aquifères de la Craie et de l'Eocène Inférieur et Moyen principalement rencontrés : Lutétien et Yprésien) ne devraient pas être important, puisque les pompages effectués au sein des ouvrages de la Ligne 15 Sud ne seront entrepris que pour mettre à sec les fonds de fouilles.

Au regard des méthodes constructives mises en œuvre pour la réalisation des travaux de la Ligne 15 Sud, l'interaction avec les autres projets connexes sur ce critère semble faible à nul, **hormis au niveau de la gare de Bagneux**, où les impacts peuvent éventuellement être plus importants.

En ce qui concerne la ligne 4, les ouvrages devraient être hors d'eau lorsque les travaux de la gare de la Ligne 15 Sud débuteront. Il n'y a donc pas d'impacts cumulés de phase chantier.

b. *Mesures d'accompagnement*

Au même titre que l'aspect « eau superficiel », chaque projet connexe est tenu de gérer ses propres impacts sur le critère hydrogéologique, que ce soit d'un point de vue qualitatif comme quantitatif, et ce, indépendamment des autres projets.

De plus, chaque projet connexe sera tenu, suivant ses caractéristiques, d'obtenir les autorisations nécessaires au titre de la Loi sur l'Eau - code de l'environnement.

6.1.2.4 Occupation du sous-sol (infrastructures, réseaux et fondations de bâtiments)

a. *Impacts directs et indirects*

De manière générale, le tunnel de la Ligne 15 Sud s'inscrira en profondeur pour limiter les impacts sur la future occupation du sous-sol.

b. *Mesures d'accompagnement*

De manière systématique, une bonne connaissance des projets connexes et des concertations à poursuivre par les différents Maîtres d'Ouvrage sur les secteurs de connexité des projets est indispensable.

Les éléments de projet et l'analyse des impacts présentés dans ce dossier résultent de concertations avec les porteurs de projets riverains.

La Société du Grand Paris poursuit une collaboration avec les acteurs locaux, les Maîtres d'Ouvrages et les gestionnaires des réseaux et/ou infrastructures pour :

- Connaître les modalités d'intervention en phase chantier sur les ouvrages de la Ligne 15 Ouest,

- Estimer les travaux préalables de renforcement des structures et réseaux permettant de supprimer la dégradation de ces derniers en phase chantier, mais également dans le temps ;

- Définir un planning d'intervention optimal sur les secteurs aux impacts cumulés pressentis.

C'est le cas pour les projets d'infrastructure présentés ci-dessus. La RATP, la SNCF, RFF et le STIF ont été consultés pour l'élaboration des projets et la coordination des chantiers. Hormis, pour la prolongation de la ligne 4, les chantiers ne devraient pas être concomitant.

Le chantier de la gare de la Ligne 4 devrait être antérieur à celui de la gare de la Ligne 15 Sud, ce qui signifie que les impacts sur l'occupation du sous-sol ne seront pas cumulés en phase chantier.

6.1.2.5 Gestion des terres et milieux pollués

a. *Impacts directs et indirects*

Gestion des volumes de terres

Les impacts cumulés des projets correspondent aux volumes de terres excavées et acheminées en centre de traitement.

L'impact à considérer est donc un engorgement des exutoires.

Au vue des déblais générés par le projet de Ligne 15 Sud (près de 5.4 millions de mètres-cubes), aucun des projets connexes n'est susceptible de générer des volumes de déblais similaires. Aussi, les volumes générés par les autres projets connexes pris en compte peuvent être considérés comme faibles.

Pour le cas de la Ligne 4, les déblais seront pour l'essentiel excavés avant. Le risque d'engorgement est donc limité.

Gestion des pollutions des terres extraites

Aucun impact cumulé spécifique n'est identifié puisque les terres seront gérées spécifiquement et indépendamment par chaque maître d'ouvrage.

Par ailleurs, le risque de migration de polluants dans les eaux souterraines est directement lié aux conditions hydrogéologiques traitées par ailleurs, et est logiquement géré indépendamment par chaque pétitionnaire.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.2.6 Milieu naturel et paysager

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents chantiers du territoire sur le milieu naturel et paysager concernent les compartiments environnementaux suivants :

- La faune, la flore et les habitats naturels ;
- Les entités Natura 2000 ;
- Les systèmes écosystémiques ;
- Le patrimoine protégé et archéologique ;
- Le Grand Paysage.

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés en phase chantier pour les milieux naturels et paysagers se résument à :

- l'impact hydrologique cumulé qui pourrait modifier l'alimentation en eau de secteurs localisés (zones humides sensibles),
- la perturbation de la faune patrimoniale ou protégée,
- la perte d'habitats de substitution des espèces protégées : ces habitats perdurent au niveau de friche ou de talus de voies ferrées,
- la notion de visibilité et covisibilité des chantiers vis-à-vis des éléments de patrimoine,

Au vu du contexte très urbain du fuseau d'étude et des enjeux globalement faibles relatifs aux milieux naturels, faune, flore et paysage ; le respect des mesures prises indépendamment dans chaque projet permet la conservation des conditions stationnelles.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.2.7 Population, emploi et occupation du sol

a. *Impacts directs et indirects*

Mis à part via la création d'emplois nécessaires à la construction de l'infrastructure, le chantier de la Ligne 15 Sud aura peu d'impact sur la population, l'emploi et l'occupation des sols. Les interactions avec les chantiers d'autres projets devraient donc être fortement limitées.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement ne semble nécessaire au vu des impacts cumulés potentiels sur la population, l'emploi et l'occupation des sols en phase chantier.

6.1.2.8 Mobilité et thématiques liées (énergie, gaz à effet de serre et santé)

a. *Impacts directs et indirects*

L'analyse des impacts du chantier de la Ligne 15 Sud révèle que bien que le charroi nécessaire représente un nombre important de camions, il reste très minime par rapport au trafic journalier de véhicules particuliers et de camions en Ile-de-France. L'impact que pourrait avoir les projets connexes sur les flux de poids lourds s'additionnera donc à celui du projet sans qu'il n'y ait réellement d'interaction particulière sur la congestion, la qualité de l'air ou les consommations énergétiques.

En ce qui concerne la gêne pouvant être occasionnée au trafic routier ou aux transports en commun et aux modes actifs, la réalisation de différents chantiers dans une même zone pourrait, par contre, augmenter la perception négative des riverains vis-à-vis de ces chantiers. Dans le cas où des chantiers importants et proches seraient entrepris de manière simultanée, une concertation sera donc engagée afin d'organiser les chantiers de manière à éviter les interactions négatives entre eux et la succession de gênes aux déplacements des riverains, quels que soient les modes.

b. *Mesures d'accompagnement*

La planification des chantiers du projet sera réalisée en concertation avec celle des projets connexes dont les chantiers pourraient être concomitants.

6.1.2.9 Environnement sonore

a. *Impacts directs et indirects*

Les ouvrages de la Ligne 15 Sud sont souvent implantés dans des quartiers-zones où divers projets d'aménagement y seront concomitants.

Durant la phase chantier de la Ligne 15 Sud, un cumul des impacts sonores est donc possible. Il est toutefois difficilement quantifiable sans connaître préalablement l'organisation et les modes de constructions des autres projets connexes.

b. *Mesures d'accompagnement*

A nouveau, la planification des chantiers du projet sera réalisée en concertation avec celle des projets connexes dont les chantiers pourraient être concomitants.

6.1.2.10 Risques technologiques

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés correspondent à la concomitance des projets sur un même secteur (secteurs liés aux bases chantier de la Ligne 15 Sud), renforçant les risques technologiques liés à l'utilisation d'engins.

Ces aspects seront observables principalement :

- Au niveau de la gare Pont de Sèvres en raison du projet de ZAC Seguin,
- Dans le secteur de la gare de Bagneux, avec la fin du chantier de la ligne 4.

Bien que localisables, les potentiels impacts cumulés restent difficilement quantifiables.

b. *Mesures d'accompagnement*

Les mesures mises en œuvre concerneront indépendamment les différents chantiers. Elles correspondront :

- En l'application des bonnes pratiques de chantier,
- En l'utilisation de matériels et d'engins en conformité avec les réglementations techniques applicables,
- En la formation du personnel vis-à-vis des risques technologiques,
- En une coordination des différents Maîtres d'Ouvrage des projets visés.

6.1.2.11 Vibrations

a. *Impacts directs et indirects*

Les effets des vibrations et du bruit solidien se cumulent et peuvent avoir des effets encore plus importants si la mécanique ondulatoire des vibrations produites par chaque chantier entre en résonance avec celle de l'autre. Cet effet de résonance ondulatoire est l'effet maximum, car il a un effet démultiplicateur des impacts indiqués ci-dessus. Les seuils sont toujours dépassés lorsque le phénomène de résonance se produit.

A ce stade des études, il n'est pas possible de quantifier et d'évaluer les situations à risque de résonance.

En dehors de ces secteurs, les impacts cumulés en termes de vibrations s'entendent par la réalisation seule du projet de Ligne 15 Sud.

b. *Mesures d'accompagnement*

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.3 Impacts cumulés en phase exploitation

La présente partie s'attache à identifier les principales incidences cumulées des projets en phase d'exploitation.

De fait, pour simplifier l'analyse, la phase exploitation est considérée comme assez lointaine dans le temps pour que tous les projets y soient opérationnels, et donc analysables de manière cumulée.

Il est notoire que les principaux impacts cumulés sur l'environnement en phase d'exploitation concernent le milieu humain, et plus particulièrement l'occupation du sol, le milieu économique et social et la mobilité.

L'ensemble des compartiments environnementaux sont cependant abordés afin de rendre compte d'une analyse exhaustive, en conformité avec le régime des études d'impact au vu des évolutions du code de l'environnement.

6.1.3.1 Hydrographie et risques d'inondations

a. *Impacts directs et indirects*

Les impacts cumulés sont du même type que ceux décrits en phase chantier, mais dépendent du fait que :

- Une partie des ouvrages créés en phase chantier sera conservée pour la gestion des eaux pluviales en phase exploitation ;
- Chaque pétitionnaire de projet se devra de gérer à la parcelle ses eaux pluviales,

Par conséquent, les impacts sur le contexte hydrographique et les risques d'inondation sont particulièrement faibles, car ces derniers seront directement intégrés à la conception des différents projets

Pour les ouvrages en zone inondable, la compensation volumique et la transparence hydraulique des projets est vérifiée.

b. Mesures d'accompagnement

Chaque maître d'ouvrage adaptera les caractéristiques du projet pour permettre la gestion des eaux pluviales à la parcelle. Les dispositifs mis en œuvre seront soumis à une procédure Loi sur l'Eau.

En cas de mutualisation d'ouvrages d'assainissement (bassins, noues, …), une coordination des études entre la Société du Grand Paris et les maîtres d'ouvrages concernés sera recherchée afin de prendre en compte les superficies cumulées des deux projets.

6.1.3.2 Relief, pédologie et climatologie

a. Impacts directs et indirects

D'une manière générale, les projets cumulés auront des d'impacts sur le relief et la pédologie très localement sur territoire étudié ; les impacts seront uniquement ressentis en phase chantier.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.3.3 Géologie et hydrogéologie

a. Impacts directs et indirects

Pour l'essentiel, une fois l'infrastructure en place, seul persistera l'effet barrage directement lié au tunnel de la Ligne 15 Sud (étudié au sein de la présente pièce). Ce dernier sera éventuellement et très ponctuellement cumulé avec celui lié au tunnel de la ligne 4 au niveau de Bagneux.

L'effet barrage est fort dans ce secteur mais n'aucune conséquence sur le bâti car la nappe est profonde. Les impacts cumulés sont très faibles.

b. Mesures d'accompagnement

Afin d'assurer une gestion des eaux pluviales pérenne dans le temps, chaque projet devra s'assurer du bon fonctionnement de son dispositif de gestion de l'infiltration (si infiltration retenue).

6.1.3.4 Occupation du sous-sol (infrastructures, réseaux et fondations de bâtiments)

a. Impacts directs et indirects

Les impacts cumulés auront lieu uniquement en phase de réalisation des ouvrages. Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.3.5 Gestion des terres et milieux pollués

a. Impacts directs et indirects

Les impacts cumulés auront lieu uniquement en phase de réalisation des ouvrages. Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.3.6 Milieu naturel et paysager

Rappel : Les impacts cumulés potentiels des différents projets du territoire sur le milieu naturel et paysager concernent les compartiments environnementaux suivants :

- La faune, la flore et les habitats naturels,
- Les entités Natura 2000,
- Les systèmes écosystémiques,
- Le patrimoine protégé et archéologique,
- Le Grand Paysage.

a. Impacts directs et indirects

Aucun impact n'est pressenti en phase d'exploitation.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation ne sera mise en œuvre.

6.1.3.7 Population, emploi et occupation du sol

a. Impacts directs et indirects

Les impacts de la Ligne 15 Sud sur la population, l'emploi et l'occupation du sol ne sont pas toujours directement liés à l'infrastructure elle-même et seront donc dépendants des mesures qui seront mises en place pour assurer un développement durable des centres urbains autour des

futures gares. Pour cette raison, il est primordial que le projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du Grand Paris Express soit intégré dans une politique globale d'aménagement du territoire intégrée « occupation du sol/transport ».

Dans ce sens, les projets de développement urbains envisagés dans la zone du projet constituent tous des opportunités de levier pouvant aider à assurer un développement durable de la zone, pour autant qu'ils soient organisés de manière coordonnée avec le Grand Paris.

Les CDT (GPSO, Campus Sciences et santé, Grandes Ardoines, Boucles de la Marne et Cœur Descartes) et le développement de plusieurs ZAC représentent notamment des leviers clés pour assurer un développement territorial harmonisé et centré sur les pôles desservis par la Ligne 15 Sud.

Le CDT GPSO se fixe notamment comme objectif la construction de 2000 logements neufs par an tandis que ceux du Campus Sciences et santé et des Grandes Ardoines se fixent des objectifs de respectivement 1700 et 1390 logements par an. Ces constructions de nouveaux logements contribueront à favoriser la densification autour des nouvelles gares de la Ligne 15 Sud.

b. Mesures d'accompagnement

La Société du Grand Paris est en concertation permanente avec les autres acteurs responsables du développement territorial de manière à optimiser les synergies possibles entre les projets locaux de développement et le projet de la Ligne 15 Sud.

6.1.3.8 Mobilité et thématiques liées (énergie, gaz à effet de serre et santé)

a. Impacts directs et indirects

Les projets de développement urbains prévus dans la zone du projet engendreront une augmentation des déplacements à l'origine et à destination de la zone et amplifierons donc la demande en transports en commun et par conséquent l'effet positif du projet.

Les autres projets d'infrastructure de transport tel que le prolongement du métro 4 auront eux généralement un effet de maillage supplémentaire du réseau de transport en commun, multipliant ainsi les connexions possibles et améliorant ainsi d'autant plus la desserte des territoires concernés.

b. Mesures d'accompagnement

La société du Grand Paris est en concertation permanente avec le STIF et la RATP de manière à planifier de manière optimale les connections entre les différentes lignes de transports en commun et ainsi maximiser les synergies entre les différents projets.

6.1.3.9 Environnement sonore

a. Impacts directs et indirects

Les impacts sonores cumulés potentiels seront essentiellement concentrés aux intersections / gare de correspondance entre les différents réseaux de transports ou bien liées au développement de quartier à proximité des gares.

Mais le cumul des impacts restera en général faible au niveau du bruit compte tenu des exigences réglementaires à respecter et du fait que les connexions entre les différents modes de transport public sont primordiales pour limiter la pression automobile à l'échelle globale comme à l'échelle locale.

A titre indicatif, les impacts sonores cumulés à proximité des gares sont les suivants :

- Augmentation des risques de nuisances sonores liées aux équipements techniques du fait de la présence d'un plus grand nombre d'équipements dans un lieu restreint (surtout valable en cas de projet d'activité commerciale et/ou d'intersection avec un autre transport)

- Densification de la population piétonnière et des commerces, soit une augmentation des bruits de voisinages

- Amplification des impacts sonores liés aux réseaux de transports en commun et/ou au trafic routier à l'échelle du quartier de la gare voisine.

Les projets jugés les plus susceptibles d'induire des effets cumulés lié à une densification de la population sont :

- Le CDT Grandes Ardoines et en particulier le projet de ZAC Gare Ardoines qui modifiera profondément le caractère industriel actuel existant autour de la future gare

- La ZAC Léon Blum située à proximité de la gare d'Issy RER,

- L'Ecoquartier de la gare prévu par la Mairie de Clamart autour de la gare d'Issy Vanves Clamart

- La ZAC Ecoquartier Victor Hugo à Bagneux associée au prolongement sud du métro 4

- La ZAC Campus Grand Parc à proximité de la gare de Villejuif IGR,

- La ZAC Aragon prévue aux alentours de la gare de Villejuif Louis Aragon.

b. Mesures d'accompagnement

Aucune mesure d'évitement, de réduction ou de compensation n'est prévue à ce stade de l'étude

6.1.3.10 Risques technologiques

a. Impacts directs et indirects

Dans leur procédure de demande d'exploiter, les études menées sur chaque installation ICPE prennent en compte les autres installations ICPE du secteur où les risques peuvent être cumulés.

Aussi, chaque projet connexe prendra en compte les risques technologiques des autres projets du territoire, notamment si ces derniers affichent une installation entrant dans le régime ICPE.

Le cas particulier des Ardoines est dû à la présence de sites SEVESO. Il n'y a pas d'effet cumulé à proprement parler, la réglementation applicable à ces sites, en particulier liée aux PPRT, s'imposant aux ouvrages du Grand Paris Express.

b. *Mesures d'accompagnement*

Les mesures sont directement intégrées aux phases d'études des installations ICPE et donc à la conception même des projets.

6.1.3.11 Vibrations

a. *Impacts directs et indirects*

Les principaux générateurs de vibrations correspondent aux réseaux de transport en commun, et notamment ceux sur ballast.

Les effets des vibrations et du bruit solidien se cumulent et peuvent ainsi avoir des effets encore plus importants si la mécanique ondulatoire des vibrations produites par chaque chantier entre en résonance avec celle de l'autre. Cet effet de résonance ondulatoire est l'effet maximum, car il a un effet démultiplicateur des impacts indiqués ci-dessus. Les seuils sont toujours dépassés lorsque le phénomène de résonance se produit.

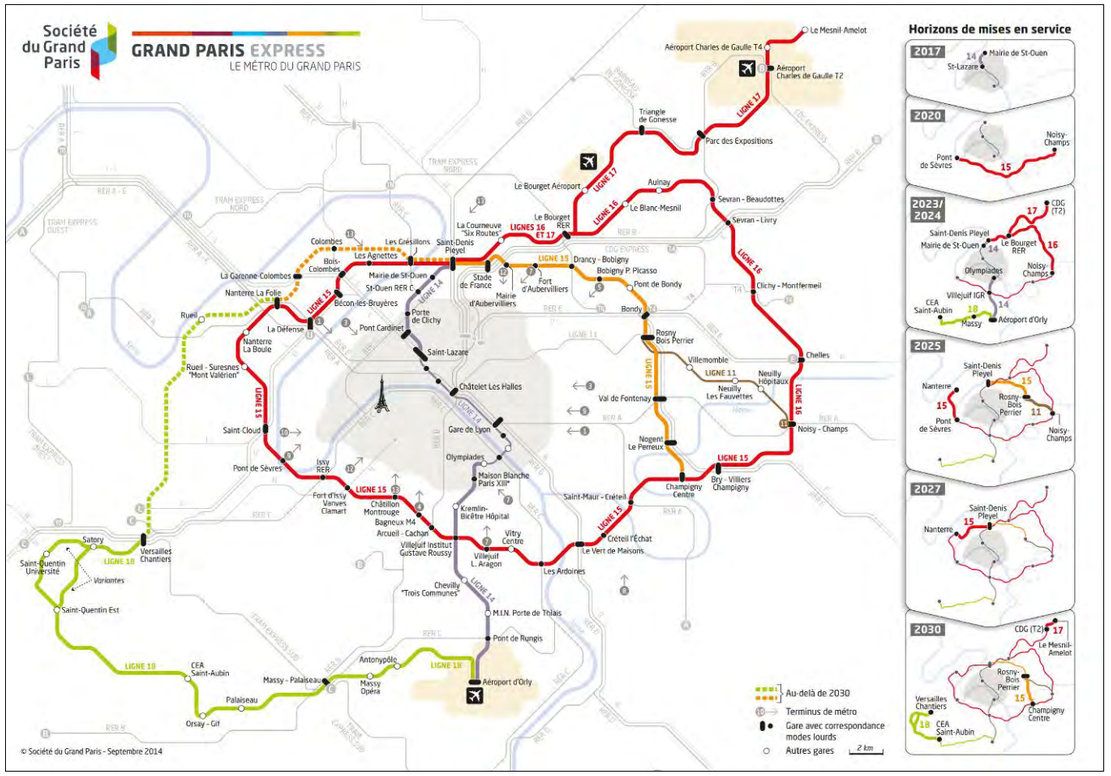
Comme mentionné au niveau des effets cumulés en phase chantier, il n'est pas possible de quantifier et d'évaluer les situations à risque de résonance à ce stade des études.

b. *Mesures d'accompagnement*

Un regard doit être porté au niveau du croisement des différents réseaux et estimer, en fonction de la distance séparant les émissions, si la prise en compte des paramètres des autres transports en commun au sein des modélisations sera nécessaire (effet de résonnance).

6.2 Impacts et mesures à l'échelle du Grand Paris Express

La Ligne 15 Sud est un maillon essentiel du projet plus global du Grand Paris Express qui comprend la construction de 205 km de lignes de métro automatique pour relier les territoires de l'Ile-de-France. En outre, elle participe à former, avec la Ligne 15 Ouest et la Ligne 15 Est, la ceinture de transport en commun du Grand Paris, au plus proche de la capitale.



Carte du réseau Grand Paris Express et des horizons de mises en services des différentes lignes (source : Société du Grand Paris)

Le réseau du Grand Paris Express desservira 72 nouvelles gares et connectera de nombreux pôles d'activités ainsi que 3 aéroports et des gares TGV. Le réseau complet et les horizons de mise en service sont illustrés dans la figure suivante :

La Ligne 15 Sud faisant partie de cet ensemble et étant en connexion directe avec les autres lignes via les gares de Saint-Denis Pleyel (connexion avec la Ligne 14, la Ligne 116 et la Ligne 17) et de Nanterre la Folie (connexion avec la ligne 18 au-delà de 2030), ses impacts sur certains domaines environnementaux seront donc intrinsèquement liés à ceux du Grand Paris Express dans son ensemble. En respect du code de l'environnement, l'étude d'impact concernant la mise en œuvre de la Ligne 15 Sud **doit donc proposer une analyse des incidences du programme global d'aménagement** (l'ensemble du Grand Paris Express).

6.2.1 Climatologie

Il est rappelé ici que ne sont traités dans ce chapitre que les aspects météorologie. Les aspects relatifs à l'évolution du climat et aux effets des gaz à effet de serre sont traités par ailleurs.

6.2.1.1 Impacts du Grand Paris Express

La mise en œuvre du réseau du Grand Paris Express et son exploitation ne modifieront pas les données météorologiques de la région Ile-de-France en termes de pluviométrie, températures et vents.

Le projet n'a donc pas d'impact sur la climatologie.

6.2.1.2 Mesures d'accompagnement

Aucune mesure n'est envisagée.

6.2.2 Relief – Topographie

Le cas des déblais issus des chantiers est traité dans la partie relative aux déblais ci-dessous.

6.2.2.1 Impacts du Grand Paris Express

Les ouvrages du Grand Paris Express ne modifient pas la topographie générale de la Région Ile-de-France et des zones où ils sont implantés. Un viaduc ou un tunnel, et les ouvrages annexes, ne sont pas de nature à modifier la topographie générale.

En revanche, tous les ouvrages en contact avec la surface du sol (piles de viaduc, trémies, gares, ouvrages annexes, sites de maintenance) modifient la topographie localement, à l'échelle d'une ou d'un groupe de parcelles. Il peut s'agir d'excavation ou d'exhaussement en fonction de l'ouvrage et de son insertion par rapport à la surface du sol. Il y a impact lorsque la variation de topographie génère des impacts indirects, en particulier sur les ruissellements.

6.2.2.2 Mesures d'accompagnement

A grande échelle, aucune mesure n'est envisagée car l'impact est nul.

A petite échelle, l'impact, lorsqu'il existe, est traité à l'échelle de l'emprise du projet. En effet, le périmètre de l'emprise n'est pas modifié en termes de topographie, donc la surface de l'intérieur de l'emprise doit s'y raccorder.

Les mesures d'accompagnement sont intégrées à la conception du projet et à celle de l'organisation du chantier.

6.2.3 Géologie

6.2.3.1 Impacts du Grand Paris Express

La mise en œuvre du réseau du Grand Paris Express concerne les strates géologiques de l'ensemble des terrains tertiaires et de la craie du Crétacé, en plus des formations superficielles de type alluvions.

Les impacts de ce réseau s'analysent sous deux angles :

- L'impact brut important de la suppression de strates géologiques pour y positionner des ouvrages souterrains : ce type d'impact est permanent et non réductible.

- Les risques géologiques engendrés par la mise en œuvre du réseau.

Les risques géologiques identifiés au niveau du réseau de transport sont les suivants :

Présence de cavités souterraines d'origines diverses.

Ces cavités sont en générale issues de l'exploitation d'anciennes carrières de calcaire grossier et de gypse. Elles sont soit remblayées, soit restées vides.

La mise en œuvre des ouvrages souterrains du Grand Paris Express est susceptible de fragiliser les parois de ces cavités et d'engendrer des effondrements et des mouvements de sols souterrains, pouvant engendrer des mouvements de surface.

La présence de ces cavités, celles qui ont été identifiées et répertoriées, a été intégrée dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

Il ne faut cependant pas exclure le cas où des cavités inconnues et non détectées par les nombreux sondages géotechniques réalisés par le Maître d'ouvrage sont mises au jour en phase travaux.

Présence de gypse

Le gypse est une roche particulière : il est très soluble dans l'eau. De ce fait, la disparition du gypse par des mouvements d'eau souterraine engendre l'apparition de cavités dont la taille dépend directement de celle des inclusions de gypse concernées. Ces cavités sont susceptibles, si elles sont déformées, d'engendrer des mouvements de terrains.

Les nombreux sondages géotechniques déjà réalisés par le Maître d'ouvrage ont montré que le gypse est présent en quantité variable sur une grande partie du tracé du réseau.

Le secteur nord-est du réseau (lignes 16-partie nord et 17, ligne 15-partie nord) est le secteur où le gypse est le plus présent : la taille des inclusions est importante, donc les cavités résiduelles sont de grande taille.

Pour le reste du tracé, le gypse est moins présent et la taille des inclusions est petite. Le risque de mouvement de terrain est donc plus limité.

La présence de gypse a été intégrée dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

Zone à risque de mouvement de terrain

En dehors des conséquences de la dissolution du gypse ou de la fragilisation d'anciennes carrières, les mouvements de terrains se produisent dans les zones où des argiles sont proches de la surface

du sol (en particulier les argiles vertes) et dans les zones en pente où les strates géologiques sont instables.

Au droit du tracé du Grand Paris Express, ces zones sont très localisées et le risque a été intégré dans les études géotechniques et la conception du projet, en particulier le positionnement du tracé en plan et du profil en long. L'impact est donc faible.

6.2.3.2 Mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement sont intégrées dans la conception du projet. Elles consistent en l'intégration des résultats des études géotechniques dans la conception de la structure des ouvrages et par la mise en œuvre de techniques constructives adaptées.

A ce titre, l'utilisation de la méthode des parois moulées pour l'ensemble des ouvrages assurant la liaison tunnel – surface du sol a un rôle déterminant : ces parois assurent un rôle structurel temporaire de stabilité de l'ouvrage en construction jusqu'à la mise en œuvre des éléments structurels définitifs.

Le renforcement localisé du sous-sol par injection ou remplissage préalable d'une cavité est également utilisé aux endroits où les études géotechniques ont montré que cela est faisable.

6.2.4 Eaux superficielle et souterraine

De par sa nature, à la fois aérienne et souterraine, l'ensemble du réseau du transport du Grand Paris est susceptible d'avoir des incidences notables sur le contexte hydraulique et hydrogéologique de la région Ile-de-France.

6.2.4.1 Impacts sur les eaux superficielles du Grand Paris Express

Le réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit en traversée de plusieurs grands cours d'eau de la région, notamment la Seine et la Marne.

De plus, certains des ouvrages des différentes lignes s'inscriront aux abords des cours d'eau et, de fait, entreront en interactions avec les eaux superficielles. C'est notamment le cas des gares positionnées aux abords de la Seine (gare de Ponte de Sèvres, gare des Grésillons) de la Marne (Chelles) et du canal de l'Ourcq (Livry-Sevran).

Toutefois, le contexte hydrographique ne s'arrêtant pas uniquement aux cours d'eau mais à l'ensemble des écoulements superficiels, un regard large sur les autres ouvrages des lignes est nécessaire pour proposer une vision globale des impacts.

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles incidences sur :

- La qualité des cours d'eau et des eaux de ruissellement, au travers des phases chantiers d'aménagement des émergences notamment. A l'image des incidences propres à chaque ligne :
    - Des pollutions accidentelles seront éventuellement occasionnées par les mouvements des camions sur sites ainsi que l'emploi d'engins de constructions. En effet, les polluants déposés sur les voiries et entrainés par ruissellement des eaux pluviales sont susceptibles de se retrouver au sein des cours d'eau,
    - Les eaux de ruissellement se verront charger de particules en suspension liées à la mise à nu des terrains lors des opérations de nivellement.
- Les débits de ruissellements urbains sur les emprises chantiers et en direction des exutoires naturels ou des réseaux d'assainissement existants. Cette incidence sera également à prendre en compte lors de la phase d'exploitation en raison de la mise en œuvre d'émergences limitant l'imperméabilisation des eaux pluviales (modification quantitative des ruissellements).

  En effet, l'imperméabilisation des surfaces aujourd'hui à nu entrainera des volumes d'eau pluviale plus importants à gérer.
- La physionomie même des cours d'eau franciliens traversés par les lignes du réseau de transport du Grand Paris. Aussi, deux points plus particuliers sont aujourd'hui en étude :
    - Inscription de la gare de Pont de Sèvres au niveau des berges de la Seine, dont les travaux impliquent une modification temporaire du lit mineur du cours d'eau,
    - Positionnement de la gare de Sevran-Livry sur les berges du canal de l'Ourcq.
- Les zones d'expansion des crues par la mise en œuvre de travaux en zones inondables (parfois désignées et réglementées par des Plans de Prévention des Risques appropriés). Il s'agira principalement des travaux engagés le long des rives de la Marne et de la Seine, où l'aléa d'inondation peut être fort (submersion supérieure à 1 mètre). Les principaux impacts durant la phase chantier s'illustrent par :
    - Incidence sur l'écoulement de la crue : ralentissement, changement d'orientation,
    - Incidence sur les zones d'expansion de crue : réduction par occupation d'un volume où les eaux de crue s'étendent.

      En effet, la disparition des zones où les crues s'étendent entraine inévitablement l'apparition de nouvelles zones de débordements, sur des secteurs non référencés comme zone d'expansion des cours d'eau.
    - Dégâts sur les ouvrages et matériels de chantier : non placés hors d'eau ou non évacués.

  Plusieurs gares des lignes du réseau de transport s'inscrivent directement dans des zonages réglementaires de PPRI. Dans ces zones, les aménagements sont prescrits afin de limiter leurs impacts sur le cours d'eau et ainsi assurer une transparence hydraulique du projet.
- L'alimentation en Eau Potable de la métropole, en raison des prises d'eau existantes sur la Seine (différentes prises d'eau au niveau du Val de Marne et de l'Essonne) et sur la Marne (prise d'eau de Neuilly sur Marne).

L'évacuation des déblais par voie fluviale a également une incidence sur les eaux superficielles :

- Par la mise en œuvre « d'installations portuaires » : en trois endroits au moins (Ile de Monsieur et Friche Arrighi (Ligne 15sud) et Grésillons (Ligne 15 ouest), les déblais seront chargés sur des barges dans des installations aménagées :
    - Implantation de Ducs d'Albe : pour créer ou restaurer les postes d'amarrage, des Ducs d'Albe seront implantés, en général en remplacement d'existants.
    - Dragages localisés : les barges ayant un tirant d'eau minimal nécessitent une profondeur d'eau au droit des Ducs d'Albe. Les dragages ont pour but de créer cette

profondeur ou de la restaurer. Ces dragages s'inscriront dans les opérations d'entretien de la navigabilité de la Seine pilotées par VNF.

- La structure des quais actuelle n'est pas modifiée. Les déblais sont chargés au moyen de matériels implantés en dehors de la berge.

- Par la circulation de barges sur un linéaire significatif de cours d'eau : les déblais seront transportés sur plusieurs dizaines de kilomètres en fonction des sites d'entreposage.

6.2.4.2 Mesures d'accompagnement sur les eaux superficielles

En mesures, la Société du Grand Paris s'engage sur :

- La réalisation des études nécessaires réglementaire au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet.

  Ces études permettront notamment de définir l'ensemble des ouvrages de gestion des eaux de ruissellement, les mesures de prise en compte des zones de crues et de définir les modalités de réalisation des installations portuaires.

  Le présent dossier de la Ligne 15 Sud présente les mesures relatives à cette ligne sur ces sujets dans les chapitres concernés.

- La prise en compte des prescriptions d'aménagement relatives à la protection des eaux de surfaces destinées à l'alimentation en eau potable et à la mise en œuvre de mesures adéquates permettant de pérenniser leur approvisionnement sur le territoire de la métropole.

- L'entretien des ouvrages de gestion des eaux pluviales selon les protocoles et procédures définies dans les dossiers Loi sur l'eau, en phase chantier et en phase d'exploitation,

- La définition d'une procédure de gestion des situations accidentelles et de gestion des situations de crue par débordement des principaux cours d'eau.

6.2.4.3 Impacts sur les eaux souterraines du Grand Paris Express

Le réseau de transport du Grand Paris aura de potentielles incidences sur la modification du niveau des nappes souterraines traversées par l'infrastructure. De fait, plusieurs aspects sont à considérer :

- Les tunnels seront susceptibles d'obstruer l'écoulement de nappes souterraines (effet barrage), occasionnant une élévation du niveau de ces dernières à l'amont des tunnels et un abaissement de leur niveau à l'aval.

  Au stade d'avancement des études, ces effets d'obstruction ont été analysés au niveau du Nord-Est du réseau (secteur d'Aulnay-sous-Bois et Sevran) ainsi qu'au niveau du Sud de Paris (Kremlin-Bicêtre et Ligne 15 Sud). Les études en cours et à venir tâcheront de définir et études les zones où les impacts nécessitent d'être étudiés.

- De même, l'ensemble des émergences, traversant parfois plusieurs niveaux géologiques abritant des nappes d'eau, se positionnera en obstacle aux écoulements des eaux. Il s'agit également « d'effets barrage », qui sont plus localisés, car engendrés uniquement par le positionnement de la boite gare. Toutefois, même ponctuels, ces derniers peuvent avoir une incidence forte sur les écoulements souterrains (cf. ci-dessous).

- Les pompages nécessaires pour assécher les fonds de fouille des ouvrages participeront à modifier très ponctuellement le niveau de nappes, suivant les paramètres de ces dernières.

Or, la modification du niveau d'une nappe présente des impacts potentiels :

- Sur le contexte bâti, par une modification des paramètres des couches géologiques où des élévations/abaissements des niveaux d'eau s'occasionneront. De fait, les sols seront susceptibles de se déformer, perdant éventuellement leur portance et entraînant des déstabilisations des ouvrages construits en surface. Au niveau des secteurs où la nappe est proche du sol, des phénomènes d'inondations par remontées des nappes seront susceptibles d'apparaître,

- Sur l'approvisionnement en eau potable par les champs captant souterrains de la métropole. En effet, la modification locale du niveau de l'eau souterraine dans les périmètres de protections des captages AEP souterrains modifiera de fait les caractéristiques des captages et notamment leur productivité,

- Sur l'environnement, l'alimentation de certains plans d'eau définis comme « réservoir écologique » (plans d'eau des parcs départementaux du Sausset et de La Courneuve) étant directement fait par les nappes souterraines. Ainsi, abaisser une nappe aux abords de ces plans d'eau entraînera un abaissement de leur niveau, synonyme de perturbations des systèmes écologiques identifiés

Par ailleurs, pour les gares, les points d'attaque et de sortie du tunnelier et les puits d'aération, les pompages permettant l'assèchement des fonds de fouille entraineront une nécessaire gestion des eaux d'exhaures avant rejet :

- Gestion quantitative : estimations des débits d'eau souterraine pompée et identification des émissaires de rejet (milieu naturel, réseaux d'assainissement existants),

- Gestion qualitative : traitements préalables des eaux souterraines notamment dans les secteurs où des pollutions du sol ont été identifiées.

6.2.4.4 Mesures d'accompagnement sur les eaux souterraines

En mesures, la Société du Grand Paris :

- S'est engagée à entreprendre des études nécessaires réglementaires au titre de la Loi sur l'Eau, qui sera mise en œuvre dès l'obtention de la déclaration d'utilité publique du projet. L'ensemble des études permettront de définir les méthodologies de mise en œuvre des ouvrages permettant d'éviter les impacts sur les eaux potables souterraines et l'augmentation des phénomènes de remontées de nappes,

- Propose les méthodes constructives adaptées, permettant de limiter les échanges avec les eaux souterraines :

  - Les tunnels sont étanches de par leur nature. Leur mise en œuvre permet de réduire au maximum les échanges d'eau entre l'intérieur et l'extérieur de l'infrastructure. Les tunneliers permettront ainsi de garantir un front de creusement confiné,

  - Les gares et puits seront réalisés par une méthode dite de parois moulées, techniques limitant les pompages pour assécher les fonds de fouille, et donc, les rabattements de nappes importants.

- Assurera un traitement des eaux et boues d'exhaure, pour permettre leur rejet ou leur envoi en centres spécialisés en cas de pollution avérée de ces dernières.

6.2.5 Gestion des déblais

La gestion des déblais en phase chantier est une problématique importante en termes de nuisances :

- La gestion des flux est essentielle pour limiter les stockages sur les bases chantier : les stocks seront réduits au minimum pour limiter les effets visuels négatifs et les émissions de poussières issues des stocks,

- Les circulations des camions pour l'évacuation des déblais seront également gérés afin d'éviter les files d'attente qui seront susceptibles de perturber la circulation dans un voisinage proche de la base chantier,

- Les trajets vers les points de réception des déblais seront fixés par anticipation en tenant compte des effets négatifs et des nuisances. Ces trajets seront imposés aux transporteurs et des sanctions prévues en cas de non-respect.

Les déblais identifiés comme pollués seront par ailleurs traités des filières spécialisées. La manipulation de déblais pollués sur le chantier fera l'objet de consignes strictes au personnel qui y sera exposé en application du Code du Travail.

La Société du Grand Paris a d'ores et déjà réalisé des études spécifiques de manière à identifier :

- Les points d'accueil potentiels et leurs capacités,
- Les modes de transport envisageables entre les points d'extractions et les points d'accueil.

Ces éléments sont traduits dans le **Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais** (SDED) produit à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris.

Il a pour vocation d'organiser à l'échelle de l'ensemble du projet la gestion des déblais (de l'ordre de 22 millions de mètres cubes) et fixe un certain nombre d'orientations développées par la Société du Grand Paris.

Le SDED est également décliné à l'échelle de chaque ligne lors des études dites de « DUP ». Cette déclinaison permet notamment de présenter :

- une évaluation la plus précise possible du volume de déblais concerné par la réalisation de la ligne concernée,
- une identification des voies d'évacuation possibles,
- une évaluation des possibilités d'utilisation des 3 modes de transports : route, rail, voie d'eau.

6.2.6 Gestion des terres polluées

A l'échelle du territoire du Grand Paris Express, au même titre que sur la Ligne 15 Sud, la présence de terrains pollués amenés à être excavée reste ponctuelle, principalement localisée au droit des ouvrages qui seront construits à partir de la surface du sol. La démarche engagée par la Société du Grand Paris sur les ouvrages de la Ligne 15 Sud est transposée de manière similaire sur l'ensemble des lignes du Grand Paris Express de manière à avoir une connaissance précise de la qualité des sols et des eaux souterraines et ainsi engager une gestion adaptée des terres amenées à être excavées.

Ces études s'inscrivent dans le cadre de la réglementation et du protocole sur la gestion des sites et sols pollués qui prévoit la réalisation des études suivantes :

- Étude historique, documentaire et mémorielle permettant d'identifier les sources potentielles de pollution,
- Diagnostic de pollution du milieu souterrain (réalisation de sondages et de piézomètres) permettant de qualifier chimiquement et de localiser la pollution suspectée,
- Evaluation Quantitative des Risques sanitaires (EQRS) : la destination des sites étant connue, l'EQRS peut être réalisée et définir les usages du site compatibles avec la pollution présente,
- Plan de gestion permettant de définir les solutions de gestion des sols envisageables et les mesures associées permettant d'assurer la compatibilité du site avec son usage futur.

Ces études sont actuellement en cours, leur réalisation étant priorisée selon les dates de mises en services prévues dans le cadre du projet du Grand Paris Express.

6.2.7 Occupation du sous-sol

Sur la quasi-totalité du territoire du réseau du Grand Paris Express, le sous-sol est fortement occupé en liaison avec la très forte urbanisation.

Il existe donc des interactions entre les parties souterraines du métro et les éléments d'occupation du sous-sol.

Ces éléments peuvent être classés en deux catégories :

- Des canalisations : compte tenu des profondeurs concernées, seules les canalisations principales sont concernées. Les canalisations de surface, constituant les boucles locales des réseaux, sont systématiquement dévoyées et ne constituent donc pas un obstacle aux travaux. Ces canalisations transportent du gaz (GRTGaz), des carburants (TRAPIL), de la vapeur d'eau ou de l'eau chaude (Chauffage Urbain).

- Des ouvrages : ce sont principalement les fondations des bâtiments et les structures souterraines d'infrastructures de transport (métro, RER, voiries) et quelques ouvrages de transport d'électricité.

Ces éléments peuvent être sensibles aux mouvements du sous-sol (tassements) résultant directement ou indirectement (voir la partie géologie) des travaux de construction du Grand Paris Express.

Le creusement du tunnel est susceptible, en particulier selon les types de roches traversés, de créer de légers mouvements de sous-sol.

La réalisation de travaux à proximité d'ouvrages est susceptible d'engendrer une modification des équilibres mécaniques de fondation de ces ouvrages.

Dès les premières étapes de conception du projet, la Société du Grand Paris a procédé à l'inventaire le plus complet possible des éléments d'occupation du sous-sol :

- D'abord par la réalisation de Demandes de Renseignements (DR) ou de DICT,
- Ensuite par des contacts directs avec les gestionnaires de réseaux connus,
- Enfin, par l'intermédiaire d'études spécifiques, par un recensement des fondations du bâti concerné par le Grand Paris Express.

Pour la Ligne 15sud, la dernière étape est en voie de finalisation. Pour le reste du réseau, cette dernière étape sera réalisée après l'obtention de la DUP.

Les éléments recueillis ont été intégrés dans les études de conceptions, en particulier dans le positionnement du tracé en plan et du profil en long.

Les ouvrages les plus sensibles et les ouvrages les plus proches du métro feront, le cas échéant, l'objet d'un suivi de stabilité permettant de prendre les dispositions nécessaires pour éviter tout impact significatif.

6.2.8 Vibrations

Les vibrations et le bruit solidien constituent un point essentiel de la mise en place d'une infrastructure comme la Ligne 15 Sud. Elles sont produites par le chantier ou par le fonctionnement du métro et elles ont une incidence sur diverses cibles, principalement les personnes, le bâti et les ouvrages.

Les facteurs de sensibilité aux vibrations sont les suivants :

- Fragilité naturelle du sous-sol : elle est constituée des facteurs de risques géologiques pouvant contribuer aux instabilités du sous-sol : présence d'anciennes carrières et présence de gypse,
- Présence d'ouvrages souterrains ou de bâtiments sensibles : ces éléments sont des récepteurs de vibrations et certaines de leurs fonctions peuvent être altérées.
- Profondeur du tunnel : la distance entre la surface externe du tunnel et les ouvrages souterrains et la surface du sol est un élément important : plus cette distance est courte et moins les vibrations sont amorties par le sol en place.

Les principales zones à risques du Grand Paris Express sont les suivantes :

- Ligne 15 Sud : section Issy RER – Arcueil Cachan, section Créteil l'Echat – Champigny sur Marne,
- Ligne 15 ouest : la partie sud de la ligne, comprise entre Saint Cloud et Rueil/Suresnes-Mont Valérien,
- Ligne 14 sud : la partie nord de la ligne entre Olympiades et Villejuif IGR,
- Lignes 16 et 17 : la partie commune entre Saint-Denis Pleyel et Le Bourget RER, la partie restante de la ligne 16 jusqu'à Chelles, la partie sud de la ligne 17 entre Le Bourget RER et Triangle de Gonesse.

L'analyse des incidences est réalisée sous la forme d'une analyse de risque d'atteinte à la sécurité des personnes et des biens.

6.2.8.1 Impacts et mesures en phase chantier

Les vibrations sont produites lors des travaux d'excavation et lors de la circulation des engins. Il est facile d'imaginer qu'un engin attaquant un calcaire dur, de type calcaire grossier, produit beaucoup plus de vibrations que le même engin attaquant une argile ou un sable.

La nature de la roche est donc un élément essentiel. La présence du calcaire grossier, strate généralement la plus dure rencontrée par l'ouvrage, est donc un élément défavorable.

La présence d'eau est également un facteur important, l'eau ayant un effet amortissant sur la propagation des vibrations. La plus grande partie de l'infrastructure étant souterraine et immergée, la phase travaux bénéficiera de cet effet d'amortissement.

Cependant, la distance de la source de production des vibrations aux cibles est le facteur principal de l'appréciation des impacts. En effet, la distance est également un facteur d'amortissement des vibrations. Plus elle est courte, moins les vibrations sont amorties.

Les zones sensibles sont donc les zones où les cibles sont nombreuses et où l'infrastructure est proche. Ces zones sont densément bâties et le tunnel est proche de la surface du sol, ou l'une des gares est proche.

En ce qui concerne la circulation des engins, il s'agit principalement de la circulation des camions. Les zones concernées sont donc les bases chantier où des camions apportent des matériaux et emportent des déblais.

Les principales mesures en phase chantier sont les suivantes :

- tous les ouvrages émergents en relation avec le tunnel, à quelques exceptions près, sont réalisés avec la technique de la paroi moulée : cette technique a comme avantage de créer une sorte de boite dans laquelle sont réalisés les travaux d'excavation. Cette boite crée une discontinuité dans le sol et constitue un amortisseur de vibrations.

- le renforcement d'ouvrages sensibles par injection ou confortement n'est envisagé que pour les cas d'atteinte prévisible à la structure d'ouvrages de type fissuration ou engendrant des perturbations significatives de fonctionnement.

- le suivi par la réalisation de mesures sur les bâtiments et ouvrages identifiés comme sensibles. Ces mesures sur site, réalisées durant toute la phase chantier, permettent d'établir la réalité des niveaux de vibration et de définir des procédures d'alerte en cas de problème.

6.2.8.2 Impacts et mesures en phase exploitation

En phase exploitation, les impacts des vibrations dépendent du fait que l'infrastructure est aérienne ou souterraine.

Dans les parties aériennes (Ligne 18 – Plateau de Saclay, Ligne 17 – Section Triangle de Gonesse – Roissy), la structure porteuse, ici un viaduc, transmet les vibrations au sol, qui lui-même les transmet aux cibles. Le viaduc amortit les vibrations émises vers le sol. L'impact des vibrations résiduelles dépend directement de la distance des piles du viaduc aux cibles. Il est en général faible voire nul.

Dans les parties souterraines, la structure du tunnel et la structure externe des gares qui sont des structures fermées exercent une certaine rétention des vibrations.

Le bruit solidien est le principal impact de cette phase. Il s'agit de vibrations qui parcourent la structure et qui sont transmises aux bâtiments de sorte que les personnes qui les occupent ont l'impression d'entendre le métro qui circule.

Pour qu'il y ait un impact perceptible, il faut que la structure externe du métro, en général le tunnel, soit proche des fondations pour qu'il y ait transmission directe. Dès que la distance dépasse quelques mètres, ce bruit est fortement atténué.

Les impacts dépendent beaucoup du matériel roulant et de la voie, en particulier du contact rail-roue.

Les mesures en phase d'exploitation portent d'abord sur les caractéristiques de la voie et du matériel roulant, aussi bien lors de l'achat des composants que lors des opérations d'entretien.

Dans les zones les plus sensibles, des dispositifs d'amortissement rail-roue peuvent être installés pour réduire à la source la production de vibrations. Avec la mise en œuvre des dispositifs les plus performants, l'impact résiduel est négligeable.

6.2.9 Patrimoine naturel

6.2.9.1 Milieux naturels, faune, flore

Les impacts des sections souterraines du projet de métro du Grand Paris sur les espèces et les milieux naturels sont **réduits**. Seuls les ouvrages annexes, les gares et les sites de maintenance et de remisage auront effectivement une emprise au sol mais de façon irrégulière.

Les **principaux impacts potentiels** identifiés sont liés à la **phase travaux**. La traversée des cours d'eau et des nappes d'eaux en souterrain, la localisation des points d'entrée du tunnelier, les nuisances potentielles liées aux creusements du tunnel (vibrations, rabattement de nappe) et des gares et le stockage des matériaux sont les étapes importantes à considérer en phase travaux afin de réduire les impacts sur le milieu naturel.

Le fuseau d'étude à l'échelle du programme coupe à plusieurs reprises la Seine et la Marne ainsi que les canaux de Saint-Denis, de l'Ourcq, de Chelles et traverse d'importantes masses d'eau souterraines. Ces points sont autant de **risques de pollution** ou de **modifications des conditions hydrologiques**, qui sont considérés comme des impacts potentiels et dont l'analyse se trouve dans le détail par ligne.

Concernant la localisation des zones de stockage des matériaux de déblais, leur situation devra là encore tenir compte au maximum des enjeux écologiques, en limitant par exemple l'emprise sur les milieux naturels ou encore le dérangement provoqué par les poids lourds évacuant les déblais.

Malgré un effet d'emprise réduit sur les milieux naturels, les sections en souterrain peuvent avoir des impacts importants en phase travaux, notamment sur le réseau hydrologique. Une attention spécifique a été portée sur ce point.

6.2.9.2 Continuités écologiques

A l'échelle du programme du Grand Paris Express, le fuseau d'étude intersecte plusieurs continuités écologiques et réservoirs de biodiversité identifiés dans le cadre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique adopté en 2013.

Sur la Ligne 18 les réservoirs de biodiversité sont la forêt domaniale de Versailles, la Vallée de la Bièvre et la Vallée de la Mérantaise incluant la forêt de Port-Royal qui est une entité Natura 2000 de la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ».
Sur la Ligne 17, le réservoir de biodiversité identifié est l'entité Natura 2000 du parc départemental du Sausset inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis.
Sur la Ligne 16, les réservoirs de biodiversité sont les entités inclus dans la ZPS « Site de Seine Saint-Denis » avec la promenade de la Dhuis, la forêt de Bondy.
Sur la Ligne 15 Sud, le réservoir de biodiversité est le parc départemental des Lilas.
Les Lignes 14 Sud et 15 Ouest n'intersectent pas de réservoirs de biodiversité.
Toutefois, des secteurs d'intérêt en contexte urbain sont identifiés pour les lignes de la Petite Couronne. Il s'agit généralement de petits parcs urbains d'intérêt local.

Les incidences du projet sur les continuités écologiques s'évaluent au regard des questionnements autour de la fonctionnalité de la trame verte et bleue (surface, agencement spatial, etc.), de l'équivalence écologique et de la potentialité de création de nouvelle trame au vue des réflexions sur l'équivalence.

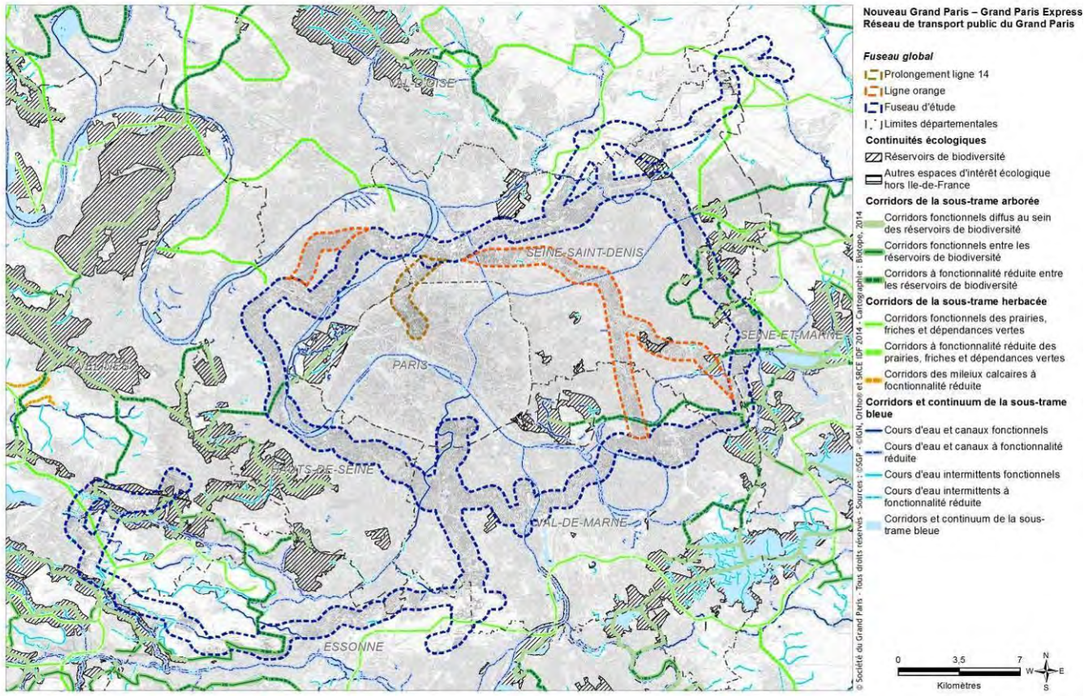
Les incidences sur les continuités écologiques se limitent aux tracés en aérien et aux émergences (gare, ouvrage, sites de maintenance et de remisage) dans les tronçons en souterrain :

- Destruction d'habitats présents dans les continuités écologiques,
- Fragmentation des continuités écologiques,
- Coupure d'axe de communication,
- Perte de fonctionnalité des continuités écologiques,
- Surmortalité par collision.

Une analyse fine à l'échelle de chaque ligne est réalisée pour préciser les impacts et leur localisation. Cette analyse se base notamment sur le SRCE IDF et les trames verte et bleue départementales et locales qui sont identifiées sur le territoire. Des mesures sont proposées pour réduire les interactions.

Par ailleurs, ce type de programme peut être l'objet d'une analyse d'opportunité de création de corridors et de renforcement de la fonctionnalité écologique. A titre d'exemple, le passage en viaduc et la mise en place de mesures simples peuvent être favorables au déplacement des Chiroptères si le viaduc est associé à l'implantation d'un linéaire boisé.

Des mesures afin de favoriser la restauration des continuités sont proposées sur plusieurs des lignes du programme du Grand Paris Express.



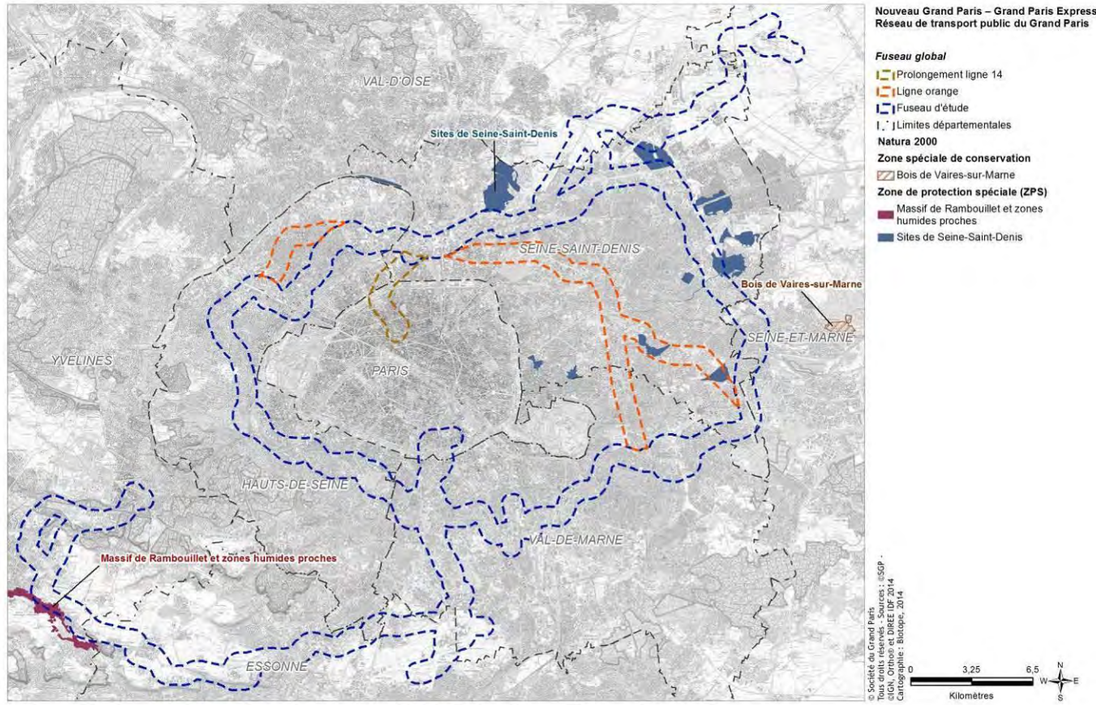
Carte de localisation des continuités écologiques (réservoirs et corridors écologiques) identifiées dans le SRCE IDF (source : DRIEE, 2013)

6.2.9.3 Natura 2000

Deux sites Natura 2000 sont directement concernés par le fuseau d'étude du programme du Grand Paris Express, à savoir la ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » et la ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches ». Ces sites font donc l'objet d'une évaluation des incidences au titre de Natura 2000.

Les études d'incidences complètes seront annexées au dossier d'étude d'impact des lignes concernées. Les premières conclusions de ces dossiers sont reprises dans ce résumé.

Outre ces deux sites en interaction directe avec le programme du Grand Paris Express (périmètre du site traversé par le fuseau d'étude), une attention particulière a été portée aux sites, hors fuseau, potentiellement en interaction hydrogéologique avec les travaux pour la construction des gares, et dans une moindre mesure, pour le tunnel et ce en fonction des techniques utilisées. La ZSC « Bois de Vaires-sur-Marne » a été identifiée comme en interaction potentielle. Ce site qui ne présente après analyse et modélisation hydrogéologique pas d'incidence est cité pour la complétude de la démarche et du dossier.



Carte de localisation des sites Natura 2000 aux alentours du programme du Grand Paris Express (source : DRIEE)

<u>ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis »</u>

Le site Natura 2000 ZPS « Sites de Seine-Saint-Denis » est concerné par deux portions du projet de métro du Grand Paris : la ligne 16 « Le Bourget-Noisy-Champs » et la ligne 17 « Les Grésillons-Le Mesnil Amelot ».

Cette Zone de Protection Spéciale est composée de 15 entités. Seules les entités directement concernées par le fuseau d'étude ont été retenues pour l'analyse des incidences, à savoir : le Parc Georges Valbon, le Parc départemental du Sausset, le Parc de la Poudrerie, la forêt de Bondy et le Parc de la Haute Ile. Seules les espèces présentes de manière régulière et listées au FSD ont été retenues pour l'analyse des incidences, *i.e* : le Blongios nain, le Butor étoilé et la Pie grièche écorcheur pour le parc Georges Valbon, le Blongios nain pour le parc du Sausset, les Pics noir et mar pour le parc de la Poudrerie et la forêt de Bondy et le Martin pêcheur d'Europe, la Sterne pierregarin et la Pie grièche écorcheur pour le parc de la Haute Ile.

Les entités du site Natura 2000 sont évitées, ce qui limite les incidences directes possibles. De même au stade de définition du projet, **une partie des incidences étudiées peut être considérée comme non significative avec** la mise en œuvre des mesures de réduction proposées telles que :

- la localisation des installations de base chantier afin de limiter les incidences liées aux dérangements en phase travaux,

- au niveau de la gare de Clichy-Montfermeil où l'aménagement de surface prendra en compte les incidences potentielles sur la fréquentation de la forêt de Bondy (dérangement en phase opérationnelle).

Des recommandations ont été formulées mais des investigations nouvelles seront nécessaires à l'échelle de chaque projet de ligne afin de s'assurer du dimensionnement exact des impacts.

L'incidence du projet sur les niveaux d'eau souterraine est fondamentale. Tous les plans d'eau ne sont pas sensibles aux variations piézométriques des eaux souterraines car certains sont alimentés par les eaux superficielles mais beaucoup de zones humides en Ile-de-France sont en interactions fortes avec les eaux souterraines. Les Etangs des Brouillards et du Vallon, du Parc Georges Valbon, le Marais et l'Etang de Savigny du Parc du Sausset et les étangs du Parc de la Haute Ile sont par exemple très sensibles aux variations de la piézométrie. Leur sensibilité repose sur leur distance par rapport au tracé et leur profondeur.

Ces secteurs font l'objet d'une attention particulière dans la conception du projet et dans le détail de chaque ligne afin de conclure à une absence d'incidence significative sur l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaires.

ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches »

Cette Zone de Protection Spéciale (ZPS) est concernée par la ligne 18 « Orly-Versailles » du projet de métro automatique du Grand Paris. L'étude d'incidences du projet de métro du Grand Paris sur ce site Natura 2000 sera donc effectuée dans les dossiers relatifs à la ligne 18. Une pré-analyse sommaire est présentée ici.

Le site Natura 2000 ZPS « Massif de Rambouillet et zones humides proches » est composé de plusieurs entités. Le fuseau d'étude en recoupe une seule : la forêt de Port-Royal, site sur laquelle au moins cinq espèces, listées au FSD, y trouvent des habitats favorables : le Pic mar, le Pic noir, l'Engoulevent d'Europe, l'Alouette lulu et la Bondrée apivore. Cette liste d'espèces sera complétée par les investigations de terrain en cours.

Entre Saint-Quentin-Est et Palaiseau, des variantes en viaduc sont à l'étude. A ce stade, les incidences envisageables sont :

- Destruction de tout ou d'une partie de l'habitat d'espèces animales,
- Dégradation des habitats d'espèces,
- Dégradation des fonctionnalités écologiques pour l'espèce,
- Dérangements en phase travaux et en phase exploitation,
- Fragmentation de l'habitat de reproduction.

L'étude d'incidences de ce site sera intégrée dans les études d'impacts relatives à la ligne 18, en interaction directe avec le site.

6.2.9.4 Les milieux agricoles

Une distinction nécessaire est faite entre les sections aériennes et souterraines du réseau de transport du Grand Paris.

Les impacts et les mesures sont traités suivant cette distinction.

Section en aérien

Pour les sections en aérien, **l'effet d'emprise** est le principal impact direct identifié à ce stade, dont découlent la **consommation de terres agricoles** et la **fragmentation de l'espace agricole** notamment (coupure siège exploitation / terrain).

La perte de terres arables ou la fragmentation des parcelles peut avoir des incidences sur la pérennité d'une ou plusieurs exploitations agricoles :

- Perte de Surface Agricole Utile (SAU), dont la superficie et la localisation sont précisés pour chaque projet de ligne,
- Remise en cause potentielle des contrats auxquels les agriculteurs ont souscrits (agriculture durable, conversion en agriculture biologique…)
- Dans le cas de prairies de pâture, remise en cause du plan d'épandage de l'exploitation, nécessitant l'exportation des effluents d'épandage ou l'augmentation du chargement des prairies (UGB/ha)…

Ces impacts concernent principalement la ligne 18 et sont en cours d'analyse.

En phase travaux, plusieurs impacts indirects liés à la construction du métro du Grand Paris Express pourront affecter les récoltes comme la modification de l'écoulement de l'eau ou de la fertilité des sols, liés à des opérations de remblais/déblais, le stockage de matériaux, la pollution accidentelle de l'eau servant à l'irrigation des cultures ou encore la perte de rendement des plantes, à cause de poussières. L'ensemble des **incidences potentielles liées à la phase travaux** et identifiées à ce stade peuvent être **réduites et des mesures de réductions simples** sont proposées.

En phase d'exploitation, les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont encore peu quantifiables pour la ligne 18 notamment. Ces éléments sont en cours d'étude. L'installation de portion de viaduc peut modifier l'alimentation en eau et créer un effet d'ombrage. La modification de ces deux paramètres, l'eau et la lumière, peut avoir un effet sur la croissance des végétaux.

Section en souterrain

Pour les sections en souterrain, **l'effet d'emprise est réduit** aux ouvrages annexes et aux gares, ce qui limite le risque de consommation d'espaces agricoles et réduit l'impact lié à la fragmentation de l'espace agricole.

Les incidences liées à la modification des conditions stationnelles sont également très limitées. La **pollution accidentelle de l'eau**, lors des travaux, pourra cependant impacter les plantations culturales, mais cet impact n'est pas quantifiable à ce stade de l'étude.

6.2.10 Archéologie

6.2.10.1 Impacts du Grand paris Express

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologique sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;

- Dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.

- Sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,…). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera dons principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

6.2.10.2 Mesures d'accompagnement

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- Le livre V du code du patrimoine,

- La loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive,

- Le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'engagera à :

- Communiquer un plan détaillé des travaux ainsi que la date d'ouverture des travaux aux organismes concernés, afin qu'ils engagent éventuellement des prospections préventives ;

- Arrêter les travaux en cas de découvertes fortuites et en informer les organismes concernés.

6.2.11 Paysage et le patrimoine culturel

6.2.11.1 Impacts du Grand paris Express

Le réseau de transport du Grand Paris Express est en grande partie souterrain

La création du réseau de transport du Grand Paris aura des incidences fortes à faibles sur l'archéologie suivant les tronçons observés :

- Dans les sections souterraines construites en tunnelier, la profondeur de creusement (9 à 10 m minimum) permettra a priori d'éviter la plupart des vestiges archéologique sur ces tronçons. Les secteurs sensibles seront concentrés au niveau des émergences du réseau ;

- Dans les sections en aérien, le sol et le sous-sol seront travaillés sur une profondeur qui pourra être suffisante pour mettre à jour des vestiges archéologiques. Des vestiges archéologiques sont d'ailleurs déjà connus sur la section aérienne du linéaire compris entre Tremblay-en-France et Gonesse et sur la section aérienne du tronçon entre Palaiseau et Villiers-le-Bâcle.

- Sur tous les secteurs où des terrassements sont prévus, des incidences vis-à-vis de l'archéologie sont potentiels notamment ceux où des remaniements de sols importants sont envisagés (creusement de tranchées couvertes, nouveau système d'échange, zones de dépôts, bassins de traitement des eaux,…). Les impacts sur le patrimoine archéologique pourraient alors consister en la destruction de vestiges, de traces ou d'objets.

De manière générale, les impacts sur le patrimoine archéologique seront *a priori* faibles étant donné le caractère déjà fortement remanié des terrains. En effet, les emprises envisagées sont en grande partie situées en milieu urbanisé ou dans des terrains qui ont déjà été perturbés lors de la construction de bâtiments ou d'autres infrastructures relativement récentes. Toutefois, sur les secteurs où l'urbanisation est plus ancienne, il peut y avoir superposition d'époque d'occupation et des travaux profonds peuvent mettre à jour des vestiges recouverts.

Les mesures réglementaires liées à l'archéologie préventive devraient fortement limiter les impacts du projet sur les secteurs où les sites sont connus ou marqués par la présence d'indices, et même permettre l'amélioration des connaissances de certains sites.

Le risque d'impact le plus fort concernera dons principalement les secteurs archéologiques non connus ou non soupçonnés à ce jour. En effet, les travaux pourront mettre à jour des vestiges inconnus. Dans ce cas des mesures particulières devront être prises au cours du chantier pour limiter cet impact.

6.2.11.2 Mesures d'accompagnement

Concernant les impacts potentiels sur le patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage respectera la législation en vigueur en matière de découverte fortuite, à savoir :

- Le livre V du code du patrimoine,
- La loi n° 2003-707 du 1er août 2003 modifiant la loi n° 2001-44 du 17 janvier 2001 relative à l'archéologie préventive,
- Le décret 2004-490 du 3 juin 2004 relatif aux procédures administratives et financières en matière d'archéologie préventive.

L'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), établissement public national à caractère administratif, sera chargé d'exécuter les prescriptions imposées par l'Etat (le Préfet de Région).

Ainsi, afin de préserver les richesses du patrimoine archéologique, le maître d'ouvrage s'engagera à :

- Communiquer un plan détaillé des travaux ainsi que la date d'ouverture des travaux aux organismes concernés, afin qu'ils engagent éventuellement des prospections préventives ;
- Arrêter les travaux en cas de découvertes fortuites et en informer les organismes concernés.

6.2.12 Risques technologiques

Ces risques concernent les risques liés aux activités humaines. Ils constituent plutôt des contraintes à la construction et à l'exploitation du Grand Paris Express.

Ces risques sont localisés en certains points du réseau où existent des activités à risques :

- Les Ardoines (Ligne 15sud) avec le site DELEK dont la proximité avec la gare et certains ouvrages annexes engendre des contraintes,
- Le secteur du Bourget – Le Blanc Mesnil (lignes 15nord, 16) avec la gare de triage de DRANCY dont le périmètre contraint certains ouvrages,
- Les aéroports de Roissy Charles de Gaulle (ligne 17) et d'Orly (ligne 14sud) avec les risques liés aux avions (passage sous les pistes).

Un recensement exhaustif des sites à risques via la nomenclature des ICPE de l'article R511-9 du code de l'environnement, et en particulier des sites classés au niveau SEVESO, a été entrepris dès les premières phases d'études de conception.

La réglementation associée à chacun de ces sites, en particulier les périmètres instaurant des prescriptions (dont le PPRT), a été analysée et les contraintes prises en compte dans la conception du projet :

- Soit par évitement : le tracé en plan évite le périmètre instaurant une contrainte ne pouvant être respectée,
- Soit par intégration de la contrainte dans le projet architectural et dans l'exploitation.

6.2.13 Ondes électromagnétiques

Ces ondes ont deux origines possibles :

- les matériels utilisant de l'électricité, par exemple :
  - le métro, en tant que matériel fonctionnant avec du courant électrique et tous les matériels concourant au fonctionnement des rames de métro,
  - tous les matériels électriques de la gare.
- et les matériels émetteurs/récepteurs d'ondes spécifiques, par exemple :
  - Equipements radio de communication entre le poste de commandement et les rames,
  - Téléphones des personnels et des voyageurs.

Les impacts sont de deux types :

- Perturbations des appareils émetteurs/récepteurs d'installations situées à proximité du métro : ces perturbations ne sont possibles que si les gammes de fréquences des ondes électromagnétiques émises par le métro et les matériels associés sont de même gamme que celles des appareils potentiellement perturbés, et que si ces appareils sont situés dans la zone efficace de ces ondes.
- Incidence sur la santé humaine : certaines personnes sont électrosensibles et sont perturbées par les ondes de certaines gammes de fréquences, et divers organes du corps humain fonctionnant avec des microcourants électriques peuvent voir leur fonctionnement perturbé.

La réglementation a défini des seuils au-delà desquels des incidences sont possibles sur la santé humaine.

Des modélisations ont été faites sur la base du type de courant utilisé et de l'organisation du tunnel pour évaluer les zones soumises à des ondes électromagnétiques.

Ces modélisations ont montré (voir le chapitre Ondes électromagnétique du présent dossier) que la zones concernées par des champs électromagnétiques supérieurs aux valeurs de référence sont restreintes aux alentours immédiats de la caténaire ou du rail d'alimentation de la rame en courant, du moteur de la rame et des appareils associés et des antennes radio équipant les rames.

Dans les zones où se tient le public et le personnel (y compris le conducteur), ces champs sont réduits et largement en dessous des valeurs de références.

Le projet n'a pas d'impact.

6.2.14 Population et emplois et étalement urbain

6.2.14.1 Impacts du Grand Paris Express

Une infrastructure de transport de l'envergure du Grand Paris Express aura des conséquences fortes sur la population l'emploi et l'occupation du sol en Ile-de-France. Sa mise en œuvre doit donc s'inscrire dans une politique plus générale de développement économique et social des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France. Dans ce sens, le projet du Grand Paris Express constitue un moteur de la croissance de la population et de l'emploi en Ile-de-France et devrait ainsi permettre :

- de favoriser les créations d'emplois ;

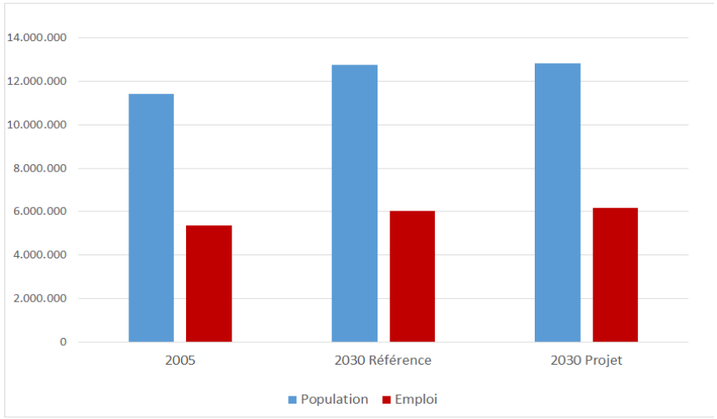
- d'attirer davantage d'habitants en Ile-de-France, essentiellement dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure, en cœur d'agglomération;

- de corriger les inégalités territoriales ;

- de favoriser une structure urbaine plus durable.

La croissance de la population et de l'emploi serait particulièrement concentrée dans les communes qui seront desservies directement par l'infrastructure.

Les évolutions entre 2005 et 2030 dans le scénario de référence (sans Grand Paris Express) et dans le scénario de projet (avec Grand Paris Express) sont présentées dans la figure suivante. Ces hypothèses de croissance traduisent une volonté politique qui repose sur le développement des grands territoires stratégiques de l'Ile-de-France, au premier rang desquels Paris et le cœur de l'agglomération parisienne.



Hypothèses d'évolution de la population et de l'emploi entre 2005 et 2030 en Ile-de-France

Depuis les années 1980, le développement de l'urbanisation en Ile-de-France se fait de plus en plus en première et en deuxième couronnes, selon des formes urbaines peu denses et grandes consommatrices d'espaces, rendues viables par la généralisation de la motorisation des habitants, le maillage progressif de réseaux radiaux de route et de RER.

Cet étalement urbain ne pourra être limité dans le futur, que si l'urbanisation est structurée par des opérations planifiées plus denses s'appuyant sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet de métro du Grand Paris Express.

Dans ce contexte, la mise en œuvre du réseau de transport public du Grand Paris Express est donc une condition pour le succès d'un aménagement du territoire plus durable favorisant la densification de l'habitat et des activités autour des futures gares.

L'analyse des impacts montre qu'à l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express serait en mesure de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires franciliens permettant la préservation d'environ 16 000 hectares de l'urbanisation nouvelle comparativement au scénario de référence. A cela, il faut ajouter la préservation d'environ 2 000 hectares hors territoire régional, du fait des migrations vers l'Ile-de-France en situation de projet.

La densification supplémentaire sur les territoires à proximité des gares permettrait donc, en moyenne, la préservation d'environ 720 ha par an entre 2005 et 2030, par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express. La consommation actuelle d'espaces naturels au profit de l'urbanisation étant estimée à 1 680 ha par an (SDRIF 2012), le programme du Grand Paris Express permettrait une réduction de l'étalement urbain d'environ 43%.

Parallèlement, la densification et la réduction des surfaces nouvellement urbanisées rendues possibles par le projet permettraient d'éviter la construction d'approximativement 4 000 km de VRD comparativement au scénario de référence d'ici 2030.

6.2.14.2 Mesures d'accompagnement

A lui seul, le Grand Paris Express ne peut assurer la réussite des objectifs économiques et sociaux du territoire ni les obligations de limitation des coûts externes du développement urbain. Les bénéfices induits (indirects ou cumulés) présentés ci-avant seront rendus possibles par la réalisation du projet, mais ils ne se produiront que si d'autres mesures « externes » (échappant aux compétences du maître d'ouvrage) sont mises en œuvre.

Ces mesures concernent le secteur du transport, de la mobilité, de l'aménagement du territoire et de la fiscalité et visent à dissuader effectivement la dispersion de l'habitat et de l'emploi tout en favorisant un renouvellement et une densification raisonnée du bâti, en particulier dans les quartiers pavillonnaires suburbains/périurbains qui constituent des réservoirs fonciers majeurs.

Il est donc nécessaire d'intégrer le projet dans un véritable programme d'aménagement du territoire volontariste et partagé par les acteurs du territoire, intégrant des objectifs multiples :

- créer une capacité d'accueil appropriée à la croissance prévue de la population et de l'emploi ;

- créer des réseaux de transport de rabattement efficaces assurant de fortes améliorations d'accessibilité à tous les territoires desservis ;

- assurer un développement urbain respectueux de l'environnement et conforme aux objectifs du Grenelle de l'Environnement.

Dans cette optique, les Contrats de Développement Territorial (CDT) constituent aujourd'hui des outils opérationnels clefs. Pour rappel, les CDT ont pour vocation de constituer un outil à disposition des communes afin qu'elles soient en mesure d'anticiper et de répondre au mieux aux besoins des populations et des emplois à venir. Via les CDT, les collectivités territoriales s'associeront à l'Etat afin d'élaborer et de mettre un œuvre un projet ambitieux pour leur territoire en termes d'urbanisme, d'économie, de transport et d'environnement.

6.2.15 La mobilité francilienne

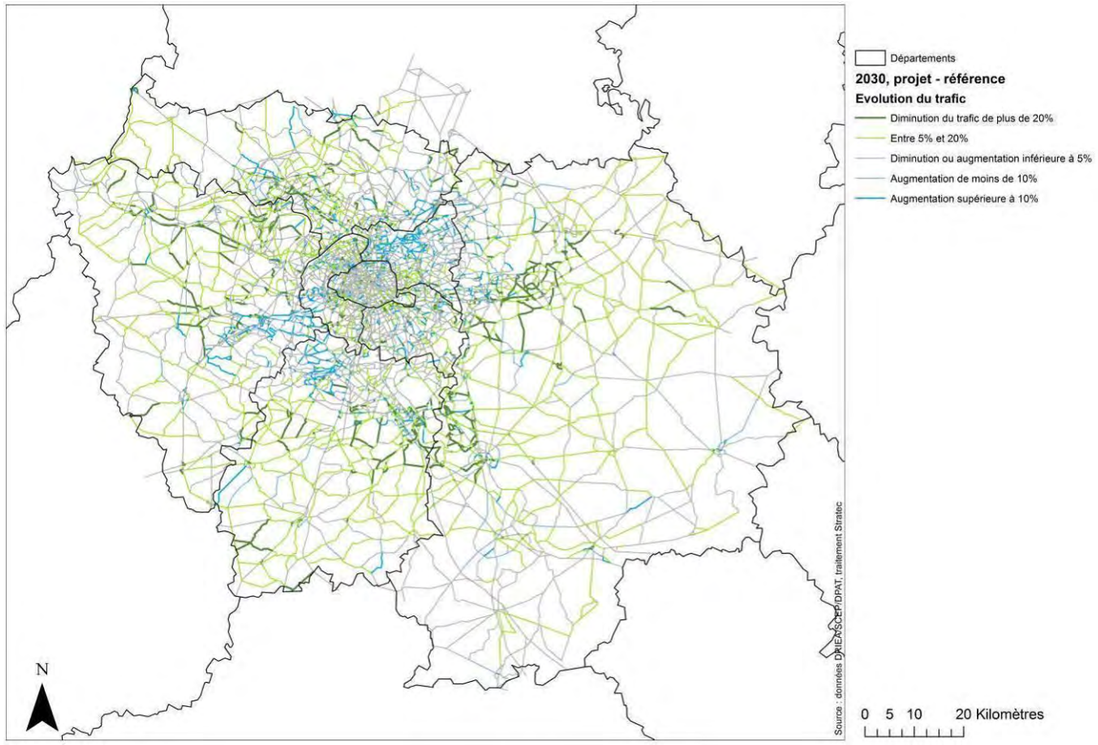
6.2.15.1 Impacts du Grand Paris Express

L'augmentation de la demande en transport public d'ici 2030 sera généralisée en Ile-de-France, mais elle sera particulièrement marquée sur les relations de périphérie à périphérie. Un transport efficace tel que le métro automatique permettra d'absorber cette demande et d'attirer de nouveaux voyageurs du mode routier, réduisant ainsi la longueur d'axes congestionnés[13] sur le réseau routier (-90 kilomètres à l'horizon 2030, soit -3,6 % par rapport à la situation de référence sans Grand Paris Express).

[13] *A plus de 80%*

La fréquentation prévisionnelle du réseau Grand Paris Express est estimée entre 265 000 et 300 000 voyageurs à l'heure de pointe du matin, à l'horizon cible 2030.

Le potentiel de report modal vers les transports publics restera élevé même après la mise en œuvre du projet. Il est donc essentiel d'accompagner le déploiement du métro automatique par des mesures en faveur du report modal et d'intervenir pour maîtriser l'aménagement, notamment autour des gares. Par ailleurs, là où la capacité des axes routiers le permet et lorsque les études auront démontré la pertinence de tels équipements (notamment leur absence de concurrence avec le réseau de transports en commun de surface), des parkings relais pourront être construits, afin de faciliter le report modal de la voiture vers les transports publics.



Différences de charge sur le réseau routier en 2030, entre les situations avec et sans projet (source : données DRIEA/SCEP/DPAT, traitement Stratec)

La mise en service du métro automatique permettra également de soulager les réseaux de transports en commun ferrés existants fortement saturés, notamment les lignes de RER. Le réseau Grand Paris Express offrira une amélioration considérable du maillage du réseau existant. Sur l'ensemble des gares du nouveau réseau, près de 80% offriront une correspondance avec un mode structurant. Ces nouvelles gares seront de véritables pôles multimodaux, où les correspondances entre modes seront faciles et rapides, et où l'accès pour les piétons et les cyclistes, ainsi que pour les personnes à mobilité réduite, sera facilité.

6.2.15.2 Mesures d'accompagnement

Par les avantages qu'il confère aux utilisateurs, le Grand Paris Express permettra un report modal de la voiture vers les transports en commun. Ce report modal sera d'autant plus grand que des mesures seront prises pour favoriser l'utilisation des transports en commun.

La plupart de ces mesures sont du ressort des pouvoirs publics et doivent être pensées de manière stratégique à l'échelle régionale, puis transcrites de manière opérationnelle à l'échelle locale.

Parmi les mesures influençant directement l'utilisation des véhicules particuliers, la mise en place d'une politique de stationnement restrictive en zones urbaines denses ou d'un péage urbain seraient particulièrement influentes. Ces mesures rendent l'utilisation de la voiture plus onéreuse et ont un effet dissuasif.

Il est également possible de rendre l'utilisation des transports en commun plus attractive en instaurant des tarifs combinés ou en créant des aires de stationnement aux abords des gares afin d'inciter au rabattement des automobilistes.

En parallèle, toutes les mesures visant à améliorer la qualité de l'utilisation des modes « doux » de déplacement permettront d'opérer un changement effectif du comportement de déplacement des individus. La notion de « qualité » englobe toutes les composantes liées à la tarification d'un moyen de transport, à la qualité de sa desserte, à son confort d'utilisation, à la sécurité d'un trajet, etc. Parmi ces mesures, la création d'aménagements urbains adaptés aux cyclistes et aux piétons (stationnement, pistes cyclables, éclairage, signalisation, etc.) peut notamment être citée.

L'aménagement de l'espace rural et urbain doit également être pensé en cohérence avec la politique de transport menée. En effet, l'implantation des zones d'habitation et des bassins d'emploi a des conséquences directes sur les déplacements domicile/travail et donc sur les flux de trafic routier, émetteurs de polluants. Un levier efficace pour réduire les distances de déplacements et, ainsi, inciter à l'utilisation de modes de transports alternatifs est la densification de l'urbanisation couplée à une mixité urbaine et fonctionnelle, en particulier autour des gares.

Le réseau Grand Paris Express améliore, par ailleurs, la desserte en transport en commun de nombreuses zones du territoire de l'Ile-de-France. Il permet dans ce sens une augmentation importante de l'acceptabilité de mesures plus restrictives comme la circulation alternée ou l'interdiction aux véhicules les plus polluants de circuler en cas de pic de pollution.

6.2.16 Les nuisances sonores

Les incidences du programme d'aménagement du réseau de transport du Grand Paris ont été analysées au travers des deux phases d'études : phase chantier et phase exploitation.

Les nuisances sonores durant les chantiers du Grand Paris Express seront similaires à celles de la Ligne 15 Sud. Elles seront néanmoins davantage réparties dans le temps (2016-2030) et dans l'espace (répartition relativement uniforme sur les 205 km du Grand Paris Express). Elles seront essentiellement liées au fonctionnement des engins de chantier (mobiles ou présents en permanence), aux outils et équipements de chantier, aux transports de matériel et aux travaux bruyants. Les bruits causés par les éclats de voix, les sirènes de recul et les bruits de chargements/déchargements des matériaux seront également des sources de nuisances sonores.

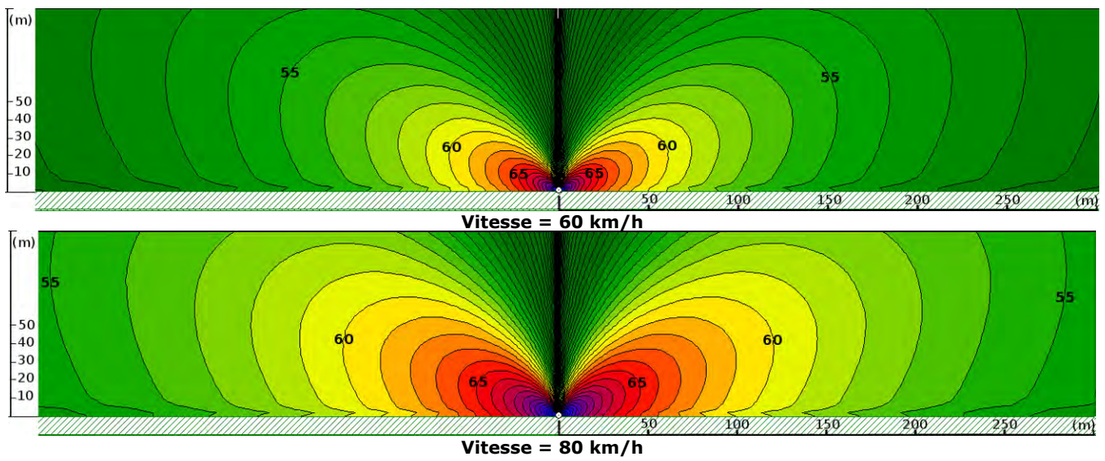
Durant la phase d'exploitation des lignes, les incidences du projet s'entendent principalement suivant deux aspects, associés à un impact direct et un impact indirect.

L'impact direct lié à la circulation du matériel roulant et donc principalement lié aux émissions sonores des roues sur les rails (ou des pneus sur les supports de roulement).

Les impacts seront très peu perceptibles sur la majorité du tracé du Grand Paris Express dans les sections où les lignes sont souterraines. Les principales émissions sonores sont alors principalement engendrées par les systèmes de ventilation au droit des ouvrages annexes.

Les impacts directs les plus forts sont identifiés au niveau des sections en viaduc, à savoir sur les Lignes 17 et 18, où la densité d'habitats est significativement plus faible (secteurs de Saclay et de Gonesse). Les résultats d'une première évaluation des impacts sonores du métro sur les sections extérieures de plein pied sont présentés dans la figure ci-dessous.

Résultats de la modélisation d'une ligne de métro au sol à l'heure de pointe le matin



Profil de propagation sonore en heure de pointe le matin pour les vitesses 60 et 80km/h – 30 à 32 métros/heure – insertion au sol

Les résultats présentés ci-dessus, montrent que la vitesse du métro est un paramètre influant sur le niveau de bruit généré, avec des distances aux isophones pour 80km/h proches du double de celles calculées pour la vitesse de 60 km/h. soit une largeur des secteurs affectés par le bruit 2 fois plus grande.

Les distances pour les courbes isophones, à 2m de hauteur, pour une configuration de voie au sol, sans aucun obstacle et pour une vitesse moyenne de 60km/h sont les suivantes :

Distances en mètres par rapport aux voies de métro pour atteindre les isophones

Ligne de métro au sol	Nbre métro/h	Isophones calculés pour une vitesse de 60km/h - insertion au sol					
		65 dB(A)	60 dB(A)	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB(A)	40 dB(A)
Heure de pointe le matin	30 à 32	19	49	122	290	610	1069

Pour rappel, la réglementation française en matière de nouvelle infrastructure ferroviaire prévoit que les niveaux sonores maximums :

- pour les logements en zone d'ambiance sonore préexistante modérée, écoles et établissements de santé sont de 60 dB(A) le jour (6-22h) et 55 dB(A) la nuit (22-6h) ;
- pour les autres logements et bureaux sont de 65 dB(A) le jour (6-22h) et 60 dB(A) la nuit (22-6h).

Pour une propagation en champs libre, sur un terrain plat sans obstacle et avec un sol réverbérant, les résultats révèlent que :

- Pour atteindre le critère de 65 dB(A), la distance minimum par rapport à la voie de métro en insertion au sol est de 19 m.
- Pour atteindre le critère de 60 dB(A), la distance minimum par rapport à la voie en insertion au sol est de 49 m selon le trafic prévu.

L'impact indirect lié à l'effet du report modal sur le volume de véhicules empruntant quotidiennement les axes du réseau viaire ou aux activités développées au sein des gares.

Bien que l'effet du Grand Paris Express sur le report modal soit sensiblement plus important que celui de la Ligne 15 Sud uniquement, les variations induites par le projet resteront relativement faibles par rapport à un impact potentiel sur les niveaux sonores. Pour rappel, l'oreille ne perçoit que les modifications sonores inférieures à un décibel, ce qui correspond à une réduction de trafic de l'ordre de 25%. Les diminutions de trafic, souvent de l'ordre de quelques pourcents, ne seront donc pas suffisamment importantes pour faire varier les niveaux sonores générés par le trafic routier de manière significative.

Aussi, il semble que les impacts indirects les plus importants seront observés à une échelle locale avec un report de trafic routier plus conséquent qu'à l'échelle de la région où l'impact sur le bruit routier est quasi-nul.

L'implantation des gares sera donc un facteur important dans le report modal et la variation du trafic routier à proximité des gares mais aussi en raison de l'afflux de piétons et de la densification potentiel qu'elles induiront. Les impacts les plus importants seront à prévoir:

- Dans les zones urbaines ou semi-urbaines où aucune gare ni zone commerciale n'est implantée,
- Dans les zones de coupures entre deux zones urbaines,
- Dans les zones situées à proximité d'espaces verts si le développement de la gare est associé à une urbanisation importante de la zone.

6.2.16.1 Mesures d'accompagnement

En phase chantier, de manière générale :

- Le choix des équipements et des techniques de construction les moins bruyants est primordial pour la réduction de l'impact sonore du chantier,
- La mise en place d'une communication privilégiée auprès des riverains lors de la réalisation des travaux ;
- Le personnel sera formé et sensibilisé aux nuisances sonores potentielles des chantiers,
- Une bonne localisation des sources de bruit et de la zone de livraison pourra permettre une réduction significative de la perception des nuisances sonores.

En phase d'exploitation, les mesures mises en œuvre à l'échelle du réseau de transport du Grand Paris s'articulent autour des facteurs suivants :

- Les mesures dites « à l'émission » :
  - Recherche de matériel roulant efficace (blocs moteurs silencieux, freins composites, usage de pneumatiques…) et de technologies peu émettrices de bruit (pose de rails anti-vibratoires…), et entretien régulier des équipements (rails et roues) ;
  - Limitation des vitesses maximales autorisées pour le matériel roulant,
  - Définition de plans de circulation prenant en compte la dimension « bruit » et limitant notamment les vitesses sur certains axes en zones calmes.
- Les mesures liées « à la propagation des ondes » :
  - Respect des distances minimales entre l'infrastructure et les bâtis dans les études de conception.
  - Définition et mise en place des écrans de protections sonores lorsque les distances ne permettent pas de réduire suffisamment le bruit.

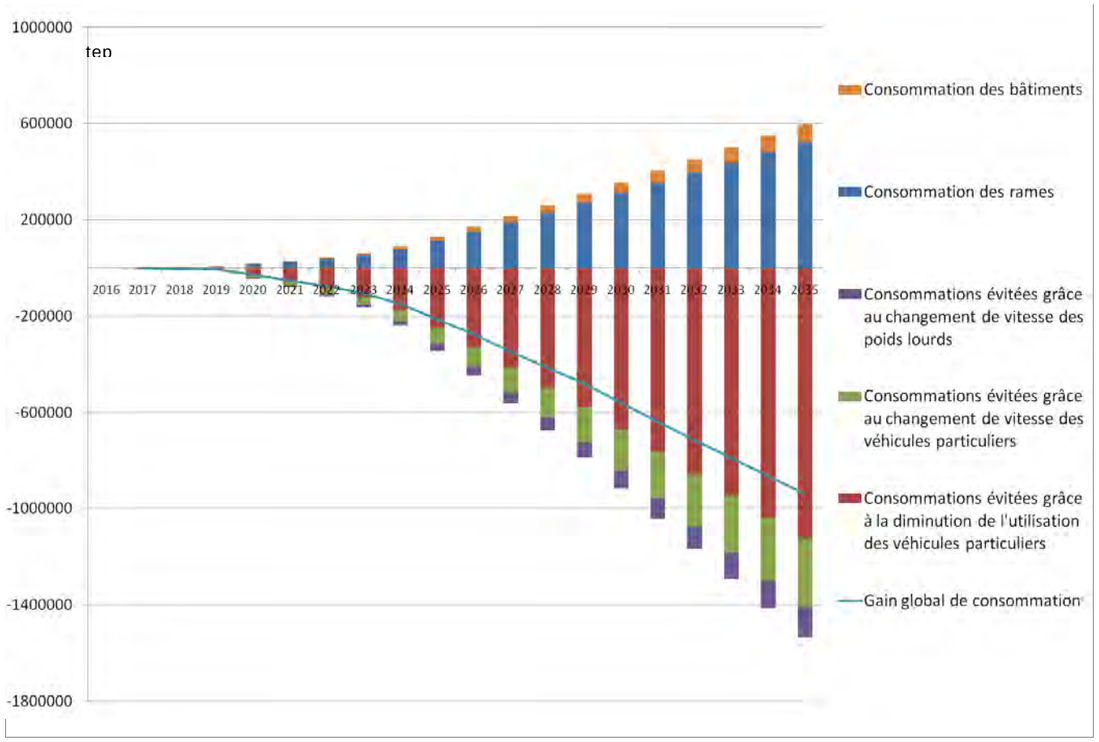
6.2.17 Consommations énergétiques et émissions de gaz à effet de serre

6.2.17.1 Impacts du Grand Paris Express

Consommations énergétiques

Le bilan énergétique du réseau de transport du Grand Paris Express révèle que les diminutions de consommation du trafic routier induites par la mise en service du métro compensent largement les consommations énergétiques du métro (traction et bâtiments). Le projet permet donc de réduire les consommations énergétiques et diminuer la dépendance aux énergies fossiles. La diminution cumulée de la consommation du trafic routier engendrée grâce au projet est estimée à -937 000 tep à l'horizon 2035 selon les hypothèses considérées.

Le cumul des différentes consommations énergétiques depuis les premières mises en service du réseau Grand Paris Express jusqu'à l'horizon 2035 est représenté sur la figure suivante. Le bilan énergétique global s'avère particulièrement positif dès la mise en service des premières lignes du réseau. Les gains sont d'autant plus grands que l'on considère un horizon lointain.



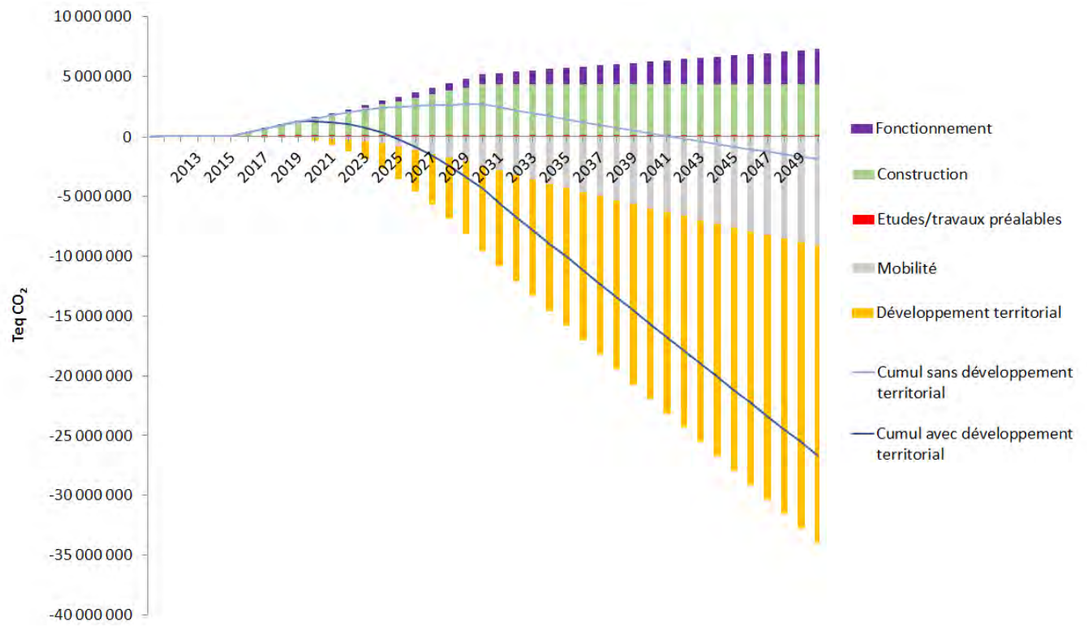
Consommations énergétiques cumulées (en tonne équivalent pétrole) par poste suite à la mise en service de l'ensemble de réseau du Grand Paris Express

Emissions de gaz à effet de serre

Le bilan des émissions de GES de l'ensemble du réseau Grand Paris Express démontre l'utilité du projet, notamment grâce aux émissions liées au trafic routier que le projet permet d'éviter et qui compensent les émissions induites par la construction et le fonctionnement de l'infrastructure. Les résultats soulignent également l'importance des émissions qui pourront être évitées au niveau du développement territorial grâce à l'amélioration du bâti et à la densification des zones urbaines.

Les émissions de gaz à effet de serre ont été calculées pour l'ensemble des phases du projet, de la construction jusqu'à l'exploitation. Ces émissions concernent donc les études préalables à la réalisation du projet, la construction de l'infrastructure (4 226 000 téqCO_2) et l'exploitation du métro (107 000 téqCO_2 par an). Celles-ci sont toutefois largement compensées par les émissions évitées grâce à la mobilité et au développement territorial permises par le programme.

Comme le montre la figure suivante, les émissions évitées seront égales aux émissions induites aux alentours de 2040 sans prendre en compte les gains liés au développement territorial, et aux alentours de 2026 avec les gains liés au développement territorial. A l'horizon 2050, le poste le plus important est ainsi de loin celui lié au développement territorial. Les postes de construction et de fonctionnement seront approximativement compensés par les seuls gains liés à la mobilité, tandis que les gains liés au développement territorial permettront au projet d'avoir réduit les émissions cumulées de GES de 24 800 000 téq CO_2 à l'horizon 2050.



Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) suite à la mise en service progressive de l'ensemble du réseau du Grand Paris Express.

Bien que ces diminutions soient non négligeables, elles ne correspondent qu'à une petite partie de l'effort global à réaliser (objectif de -75% des émissions entre 1990 et 2050). En effet, la réduction des émissions liées au trafic routier engendrées par le projet (-385 000 téq/an à l'horizon 2030) correspond à une diminution d'environ -2,1% des émissions totales issues du trafic routier en Ile-de-France en 2005 (18 000 000 téqCO_2). Concernant le développement territorial, la réduction des émissions de GES induite par le projet de -885 500téq CO_2 à l'horizon 2050 correspond à environ -3,4% des émissions totales des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France en 2005 (26 000 000 téqCO_2).

Le programme Grand Paris Express contribue donc de manière significative à la réduction des émissions de GES mais ne constitue qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommation énergétiques.

6.2.17.2 Mesures d'optimisation

a. Utilisation d'énergies renouvelables

En ce qui concerne l'apport énergétique du réseau, le choix des énergies renouvelables est particulièrement important. En effet, les facteurs d'émissions des énergies renouvelables sont nettement en dessous de ceux de l'énergie nucléaire et des énergies fossiles.

Bien que les quantités d'énergie nécessaires au fonctionnement du Réseau de Transport du Grand Paris ne permettent pas de s'approvisionner uniquement à partir de ressources renouvelables disponibles en interne (surfaces disponibles pour la production d'énergie éolienne restreinte, énergie géothermique limitée, etc.), il sera cependant intéressant d'envisager les opportunités de production d'énergie renouvelable ou de favoriser les fournisseurs d'électricités produisant une grande proportion de l'énergie à partir de ressources renouvelables.

b. Mobilité : report modal vers les transports en commun

Toutes les mesures encourageant un report modal de la route vers les transports en commun auront comme effet de maximiser les émissions de gaz à effet de serre évitées grâce au projet.

c. Développement territorial

Le développement territorial nouveau induit par le programme Grand Paris Express est responsable d'une grande quantité d'émissions de CO_2 potentiellement évitées. Afin d'en assurer la maximisation, il sera cependant nécessaire de la part des acteurs responsables de l'aménagement du territoire de mettre en place des mesures d'accompagnements visant notamment à réduire l'étalement urbain et à favoriser la densification autour des gares. Tous les détails sur ces mesures d'accompagnement sont précisés dans la partie « occupation du sol ». De manière simplifiée, les principales mesures ayant un impact fort sur les émissions de GES sont les suivantes :

- Limiter l'étalement urbain en préservant le plus possible les espaces vierges de la construction nouvelle et en définissant les périmètres d'urbanisation dans le tissu urbain existant ;
- Définir des Coefficient d'Occupation du Sol (COS) adaptés à l'accessibilité des zones en transport en commun ;
- Promouvoir une mixité fonctionnelle et urbaine adaptée à ce même indicateur d'accessibilité ;
- Définir l'affectation future des périmètres d'aménagement en fonction de l'accessibilité des terrains qui s'y situent ;
- Inciter à l'augmentation des programmes de démolitions/reconstruction et de constructions pour augmenter le taux de renouvellement du parc bâti ;
- Définir des règles de construction favorisant des taux de mitoyenneté importants ;
- Promouvoir des programmes de construction d'immeubles collectifs au détriment de maisons individuelles ;
- Définir des objectifs de performance énergétique à atteindre pour les futurs programmes de construction/rénovation allant au-delà des exigences réglementaires en vigueur, par exemple en promouvant la certification environnementale des nouveaux bâtiments ;
- Inciter les communes à l'instauration d'incitations financières (primes, prêts à taux intéressants, etc.) afin d'encourager les particuliers à engager des travaux énergétiques dans les bâtiments ;
- Inciter les communes à encourager les promoteurs publics ou privés à l'instauration d'un suivi des consommations énergétiques des bâtiments et la diffusion de l'information aux particuliers.

De manière opérationnelle au niveau locale, ces politiques peuvent passer par la révision de documents tels que les Plans Locaux d'Urbanisme.

6.2.18 Qualité de l'air et santé

6.2.18.1 Impacts concernant la qualité de l'air

Grâce à une diminution des distances parcourues par les véhicules particuliers et une fluidification du trafic, le réseau Grand Paris Express engendrera à l'horizon 2030 une diminution de 2% à 3% des émissions des divers polluants par rapport à la situation de référence.

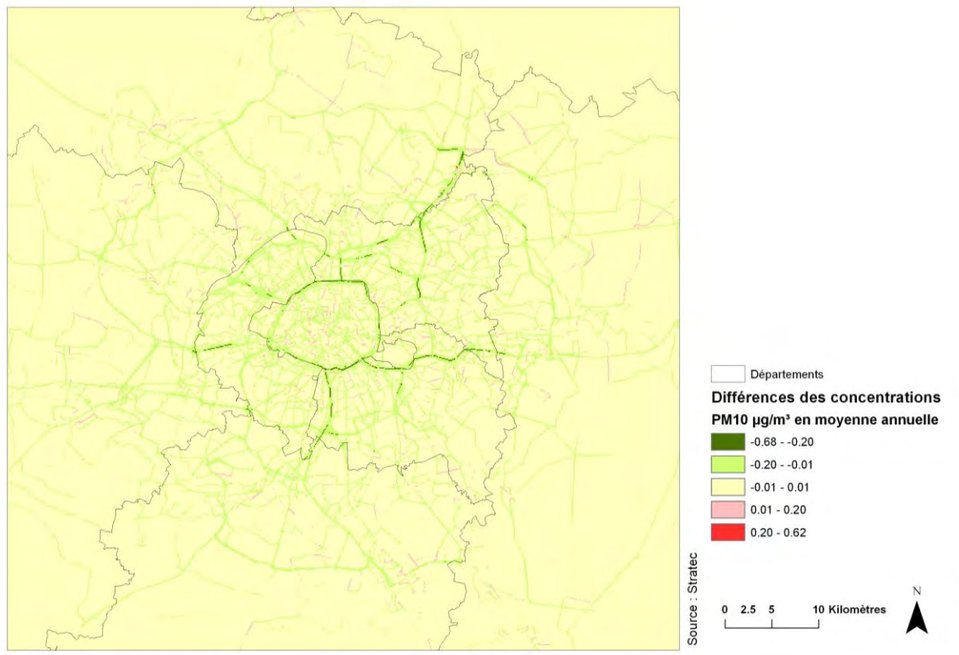
Comparaison des émissions annuelles 2005 et 2030 pour les PM10, NOx, CO, COVNM, benzène, SO_2, Nickel et Cadmium

Horizon 2030	PM_{10}	NO_x	CO	COVNM	benzène	SO_2	Ni	Cd
	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	t/an	kg/an	kg/an
projet - référence	-38	-254	-499	-99	-6	0	-4	-1
réduction des émissions par rapport à la référence (%)	-3%	-3%	-2%	-3%	-3%	0	-3%	-3%

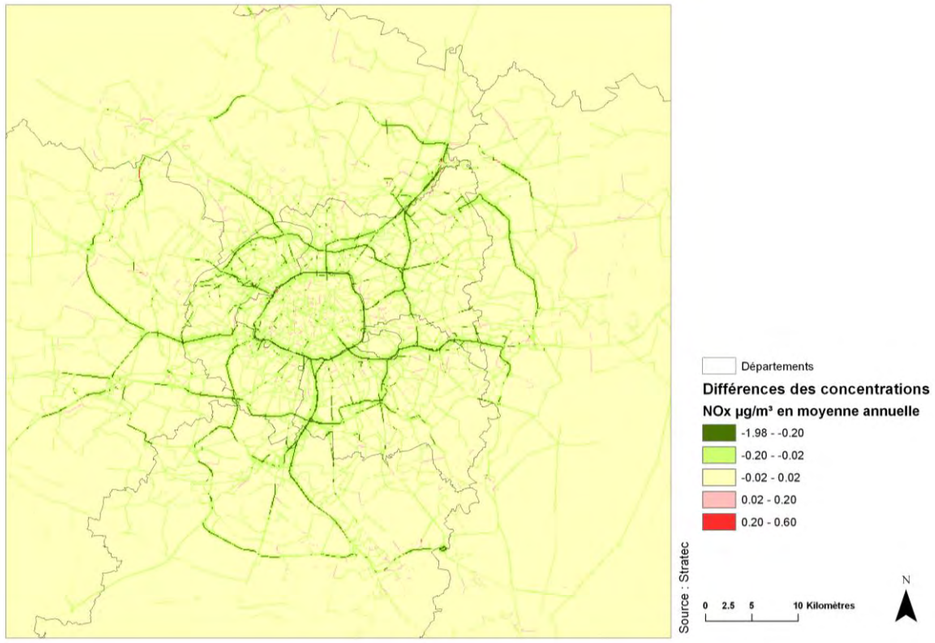
Ces variations sont non négligeables, mais relativement faibles par rapport aux diminutions qui devraient être réalisées grâce au renouvellement du parc automobile.

Le Grand Paris Express permettra néanmoins une réduction des émissions de particules fines issues du trafic routier et d'oxydes d'azote.

La diminution des émissions et des concentrations en polluants sera directement liée au trafic routier et donc localisée sur la plupart des axes routiers subissant une réduction des flux de trafic suite à l'arrivée du projet. Les figures suivantes représentent les différences de concentrations de PM_{10} et NO_2 entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030.



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour les PM_{10}



Différences des concentrations entre la situation de référence et la situation avec Grand Paris Express à l'horizon 2030 pour le NO_2

Comme illustré, l'impact du réseau Grand Paris Express sur les concentrations de particules fines est généralement positif avec une réduction des concentrations le long de nombreux axes routiers. Les concentrations d'oxydes d'azote subissent également une diminution le long de la plupart des axes routiers.

La qualité de l'air dans les espaces intérieurs du métro représente également un enjeu important, car plusieurs études ont montré que les concentrations en particules fines dans les enceintes ferroviaires souterraines sont souvent supérieures qu'à l'extérieur. L'analyse des risques révèle cependant que ceux-ci sont modérés. Des mesures de réduction seront néanmoins mises en place pour limiter au maximum les concentrations en particules fines et les concentrations seront suivies au cours du temps afin d'éviter tout risque pour la santé des utilisateurs.

6.2.18.2 Mesures d'accompagnement concernant la qualité de l'air

Les mesures pouvant être mises en œuvre à l'échelle du réseau Grand Paris Express concernent :

- L'incitation au report modal vers les transports en commun :

  L'impact du Grand Paris Express sur la qualité de l'air étant directement lié au report modal qu'il induit de la voiture particulière vers les transports en commun, toutes les mesures incitant à l'utilisation des transports en commun au détriment des véhicules particuliers devraient donc entraîner une augmentation du report modal et par conséquent provoquer une amélioration supplémentaire de la qualité de l'air.

- La limitation des concentrations de particules fines dans les gares et les rames :

  Les concentrations en particules fines dans l'environnement confiné des gares et des tunnels peuvent être élevées et présenter un risque potentiel pour la santé des usagers. Dans le but

d'atténuer les concentrations de particules fines présentes dans ces espaces confinés, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France recommande :

- De réduire les émissions à la source par des actions portant à la fois sur les matériaux de roulage, de freinage et d'aménagement des voies ;
- D'optimiser les dispositifs de ventilation et de filtration, de les dimensionner en fonction de la fréquentation et de l'intensité du trafic et de veiller à ce que toutes les stations souterraines soient ainsi équipées ;
- D'encourager l'équipement de rames avec ventilation réfrigérée qui a prouvé son efficacité sur les lignes SNCF franciliennes ;
- De poursuivre la surveillance de la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines de toutes les agglomérations françaises, afin d'apprécier les évolutions de la contamination particulaire ainsi que l'impact des actions correctives entreprises.

6.2.18.3 Impacts concernant la sécurité routière

L'impact de l'infrastructure sur les accidents de la route étant directement lié aux diminutions de trafic, la mise en service de l'ensemble du Grand Paris Express devrait permettre de réduire sensiblement les accidents de la route. Il faut rappeler cependant que les moyens de transport, qu'ils soient collectifs ou individuels, ne sont pas à l'abri d'accidents. Les accidents sur un réseau de métro automatique existent, mais sont très rares : la présence de portes palières sur les quais empêche les individus d'accéder aux rails, où la plupart des accidents graves de voyageurs se produisent. Le nombre d'accidents sera donc très faible. Les accidents de la route sont, par contre, beaucoup plus fréquents.

Sur base de la même méthodologie que celle appliquée à la Ligne 15 Sud, les impacts de l'ensemble du Réseau de Transport du Grand Paris à l'horizon 2030 ont été évalués.

Nombre d'accidents, de blessés et de tués évités avec la mise en service de l'ensemble du réseau Grand Paris Express en 2030

Nombre évité avec la mise en service de l'ensemble du réseau à l'horizon 2030	Nombre d'accidents évités	185
	Nombre de blessés légers évités	172
	Nombre de blessés graves évités	65
	Tués évités	4

A l'horizon 2030, la mise en service du Grand Paris Express permettrait d'éviter 185 accidents, 172 blessés légers, 65 blessés graves et 4 tués.

Bien que relativement théorique, la diminution des accidents de la route reflète une amélioration significative des conditions de trafic en Ile-de-France suite à l'arrivée des lignes constituant le réseau du Grand Paris Express.

7. Synthèse des impacts et des mesures d'accompagnement mises en œuvre

7.1 Synthèse des impacts et mesures

Ce chapitre synthétise les impacts induits par le projet et les mesures mises en œuvre pour l'ensemble des thématiques traitées dans l'étude d'impact.

En ce qui concerne **la phase chantier**, cette synthèse est organisée en deux temps :

- Synthèse des impacts et des mesures génériques concernant l'ensemble des émergences liées au projet (ouvrages annexes, gares, SMR et SMI). Ces éléments sont présentés sous forme de tableau ci-dessous et n'ont pas vocation à être exhaustif.

- Synthèse des impacts et mesures spécifiques à certaines émergences : ces éléments sont localisées sur les cartes présentées ci-après. Ces cartes de synthèses ont ainsi pour vocation de localiser, pour chaque émergence du projet, **les principaux impacts et mesures associées** à chaque thématique. Chaque thématique est représentée par un symbole qui précise **la localisation de principe des impacts et mesures** autour des émergences.

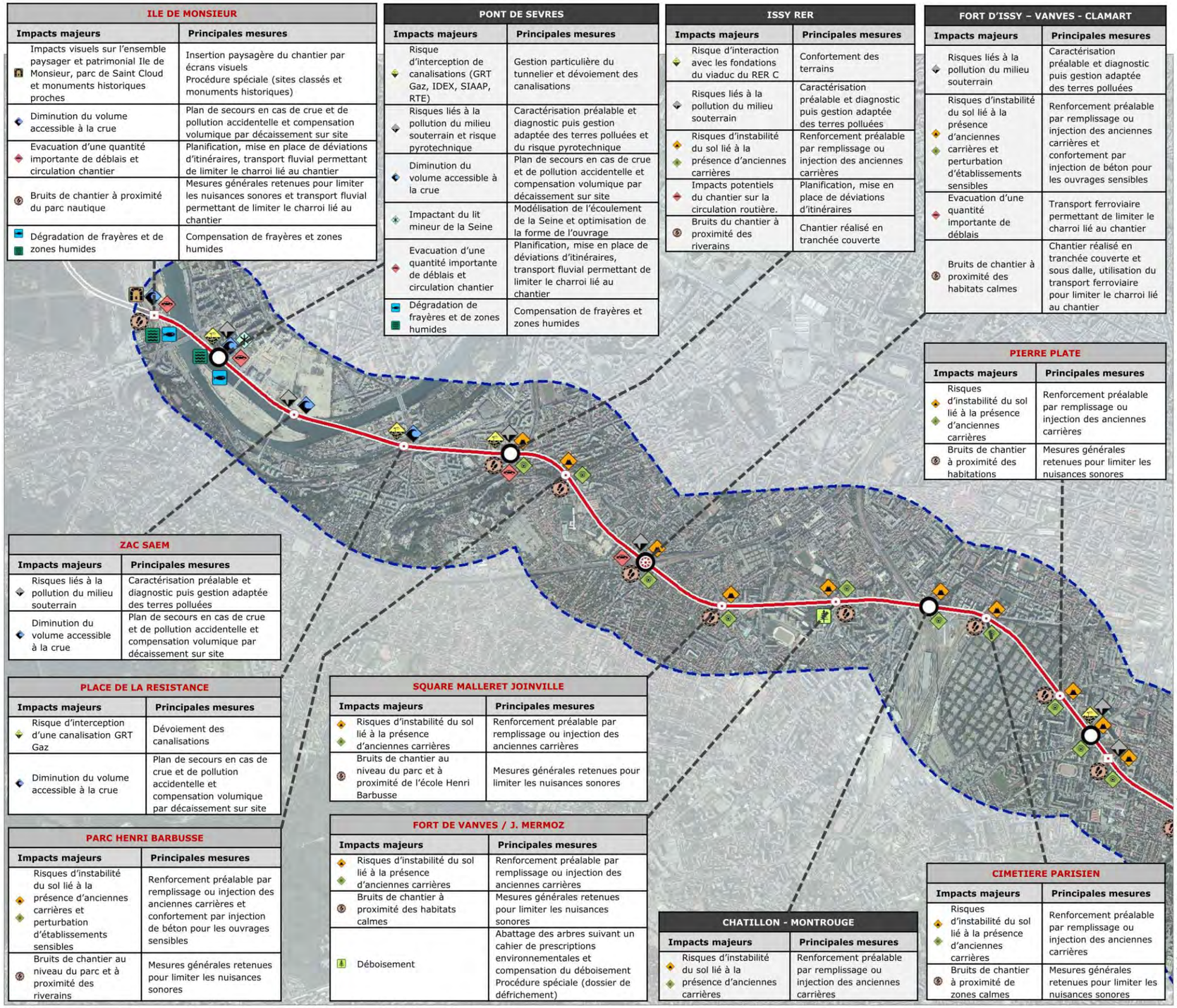
En ce qui concerne **la phase d'exploitation**, les impacts induits par le projet ne peuvent être localisés ponctuellement à l'échelle des émergences. Une synthèse des impacts et mesures associées est proposée suite aux cartes.

Synthèse des principaux impacts et mesures génériques du projet de la Ligne 15 Sud - Phase chantier

Thématique	Impacts génériques	Mesures génériques
Vibrations	Risque d'instabilité des sols et perturbation d'établissements sensibles	Poursuite des modélisations prédictives pour évaluer les sensibilités
		Mise en place d'un système de mesure pour suivi au droit des ouvrages et bâtiments sensibles
		Modification du tracé en plan et/ou du profil en long
		Confortement par injection de béton pour ouvrages très sensibles
Risques technologiques	Interception de 33 ICPE et 2 Sites Seveso par le fuseau d'étude	Information, formation du personnel
		Suivi dans le temps, entretien des engins de chantier
Occupation du sous-sol	Interaction avec de nombreux réseaux, infrastructures de transport, et fondations de bâtiments	Ajustement du profil en long
		Gestion particulière du tunnelier (guidage, vitesse, etc.)
		Confortement des terrains
		Dévoiement
		Indemnisation liée aux travaux nécessaires et/ou relogement
Hydrogéologie	Impacts sur la piézométrie	Construction du tunnel au tunnelier
		Mise en œuvre de parois moulées presque systématiquement
		Période de pompage de vidange des excavations la plus courte possible
		Suivi piézométrique depuis le début du chantier
	Impact sur la qualité des eaux souterraines	Forages et travaux souterrains selon normes en vigueur
Géologie	Risques liés à la géologie – survenue des évènements à risques	Investigations sur les anciennes carrières
		Etude de la vulnérabilité du bâti aux risques identifiés
		Installation d'un système de mesure adapté et suivi depuis le début du chantier jusqu'à la mise en service
		Adaptation des techniques constructives
Ouvrages en zone inondable / Eaux pluviales	Volumes pris à la crue par la présence d'un ouvrage en zone inondable	Respect des préconisations des PPRI
		Restitution des volumes pris à la crue
	Augmentation du coefficient de ruissellement et pollution des eaux superficielles	Collecte et régulation des eaux pluviales
		Traitement des eaux pluviales
		Suivi des débits et de la qualité des eaux pluviales rejetées

Thématique	Impacts génériques	Mesures génériques
Déblais	Impacts local lié aux circulations des camions	Développement du transport fluvial et ferroviaire
	Surcharge des centres de stockage	Limitation du stockage définitif des terres
	Mobilisation de terres potentiellement polluées	Caractérisation de la qualité chimique des sols avant travaux
Mobilité	Charroi généré par les chantiers	Suivi du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED)
	Entrave des itinéraires routiers, piétons ou cyclistes	Déviation des itinéraires et information adéquate des usagers
Population, emplois et occupation du sol	Consommation temporaire d'espaces pour la mise en œuvre des chantiers	Limitation de l'emprise des chantiers et suivi. Remise en état à la fin du chantier des espaces occupés temporairement
Santé	Emissions de polluants atmosphériques par le chantier (charroi, manutention des matériaux pulvérulents, etc.)	Suivi du Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) et bonnes pratiques de chantiers
Bruit	Bruit des chantiers sur les riverains, zones calmes, établissements scolaires ou de santé	Méthodes constructives : mise en œuvre de parois moulées
		Restriction des horaires de chantier et respect des plannings de travaux
		Adaptation de l'organisation des zones de chantier
		Communication privilégiée auprès des riverains
		Pour les chantiers les plus sensibles, mise en place de panneaux antibruits autour des chantiers ou des sources les plus bruyantes
Faune, flore et continuités	Dérangement des populations Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces	Adaptation du calendrier de travaux (défrichement hors période de reproduction)
Toutes thématiques	-	Mesures de suivi en phase chantier (suivi par un écologue, monitoring du bruit, etc.)

Synthèse des principaux impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Ile de Monsieur – OA Pierre Plate



ILE DE MONSIEUR

Impacts majeurs	Principales mesures
Impacts visuels sur l'ensemble paysager et patrimonial Ile de Monsieur, parc de Saint Cloud et monuments historiques proches	Insertion paysagère du chantier par écrans visuels Procédure spéciale (sites classés et monuments historiques)
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Evacuation d'une quantité importante de déblais et circulation chantier	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires, transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Bruits de chantier à proximité du parc nautique	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores et transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation de frayères et de zones humides	Compensation de frayères et zones humides

PONT DE SEVRES

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception de canalisations (GRT Gaz, IDEX, SIAAP, RTE)	Gestion particulière du tunnelier et dévoiement des canalisations
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Impactant du lit mineur de la Seine	Modélisation de l'écoulement de la Seine et optimisation de la forme de l'ouvrage
Evacuation d'une quantité importante de déblais et circulation chantier	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires, transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation de frayères et de zones humides	Compensation de frayères et zones humides

ISSY RER

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interaction avec les fondations du viaduc du RER C	Confortement des terrains
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Impacts potentiels du chantier sur la circulation routière.	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires
Bruits du chantier à proximité des riverains	Chantier réalisé en tranchée couverte

FORT D'ISSY – VANVES - CLAMART

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières et perturbation d'établissements sensibles	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières et confortement par injection de béton pour les ouvrages sensibles
Evacuation d'une quantité importante de déblais	Transport ferroviaire permettant de limiter le charroi lié au chantier
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Chantier réalisé en tranchée couverte et sous dalle, utilisation du transport ferroviaire pour limiter le charroi lié au chantier

PIERRE PLATE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

ZAC SAEM

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

PLACE DE LA RESISTANCE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception d'une canalisation GRT Gaz	Dévoiement des canalisations
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

PARC HENRI BARBUSSE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières et perturbation d'établissements sensibles	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières et confortement par injection de béton pour les ouvrages sensibles
Bruits de chantier au niveau du parc et à proximité des riverains	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

SQUARE MALLERET JOINVILLE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier au niveau du parc et à proximité de l'école Henri Barbusse	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

FORT DE VANVES / J. MERMOZ

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores
Déboisement	Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement)

CHATILLON - MONTROUGE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières

CIMETIERE PARISIEN

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité de zones calmes	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

Grand Paris Express

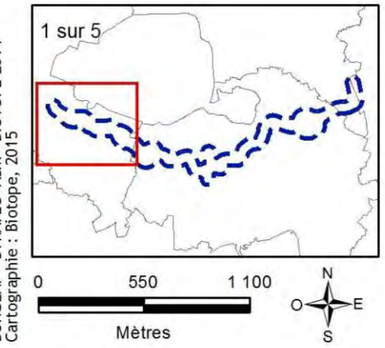
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 15 Ouest (mise en service en 2025)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Fuseau d'étude

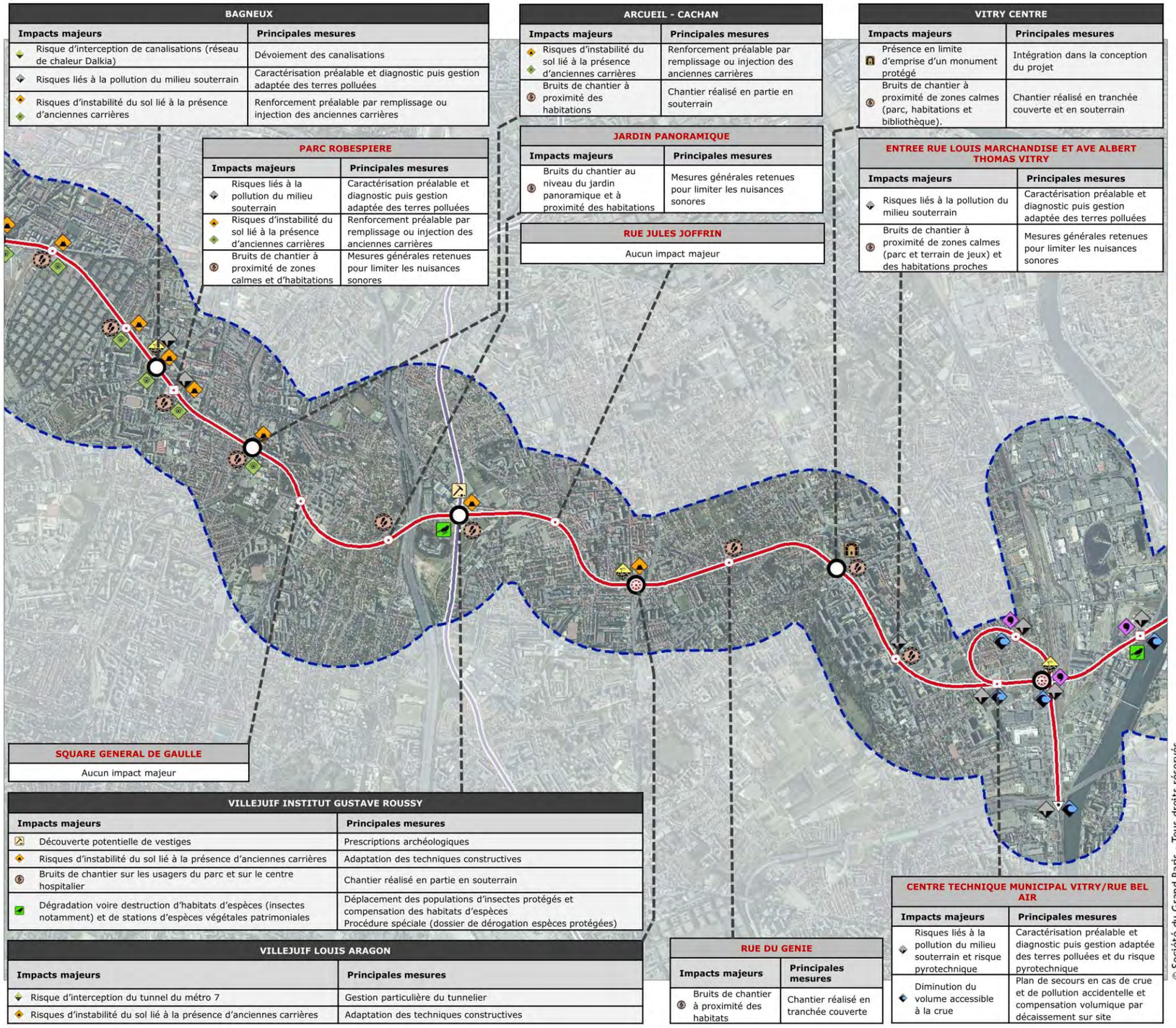
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015



Synthèse des principaux impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section Gare de Bagneux – OA Centre Technique Municipal



BAGNEUX

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception de canalisations (réseau de chaleur Dalkia)	Dévoiement des canalisations
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières

PARC ROBESPIERE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité de zones calmes et d'habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

ARCUEIL - CACHAN

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Renforcement préalable par remplissage ou injection des anciennes carrières
Bruits de chantier à proximité des habitations	Chantier réalisé en partie en souterrain

JARDIN PANORAMIQUE

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits du chantier au niveau du jardin panoramique et à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

RUE JULES JOFFRIN

Aucun impact majeur

VITRY CENTRE

Impacts majeurs	Principales mesures
Présence en limite d'emprise d'un monument protégé	Intégration dans la conception du projet
Bruits de chantier à proximité de zones calmes (parc, habitations et bibliothèque).	Chantier réalisé en tranchée couverte et en souterrain

ENTREE RUE LOUIS MARCHANDISE ET AVE ALBERT THOMAS VITRY

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Bruits de chantier à proximité de zones calmes (parc et terrain de jeux) et des habitations proches	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

SQUARE GENERAL DE GAULLE

Aucun impact majeur

VILLEJUIF INSTITUT GUSTAVE ROUSSY

Impacts majeurs	Principales mesures
Découverte potentielle de vestiges	Prescriptions archéologiques
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Adaptation des techniques constructives
Bruits de chantier sur les usagers du parc et sur le centre hospitalier	Chantier réalisé en partie en souterrain
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales	Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)

VILLEJUIF LOUIS ARAGON

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception du tunnel du métro 7	Gestion particulière du tunnelier
Risques d'instabilité du sol lié à la présence d'anciennes carrières	Adaptation des techniques constructives

RUE DU GENIE

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitats	Chantier réalisé en tranchée couverte

CENTRE TECHNIQUE MUNICIPAL VITRY/RUE BEL AIR

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

Grand Paris Express

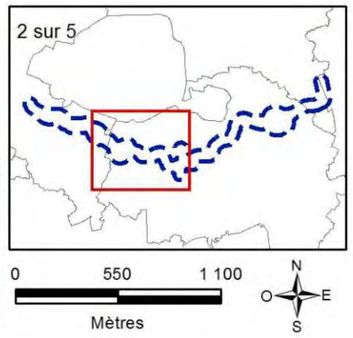
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 14 Sud (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

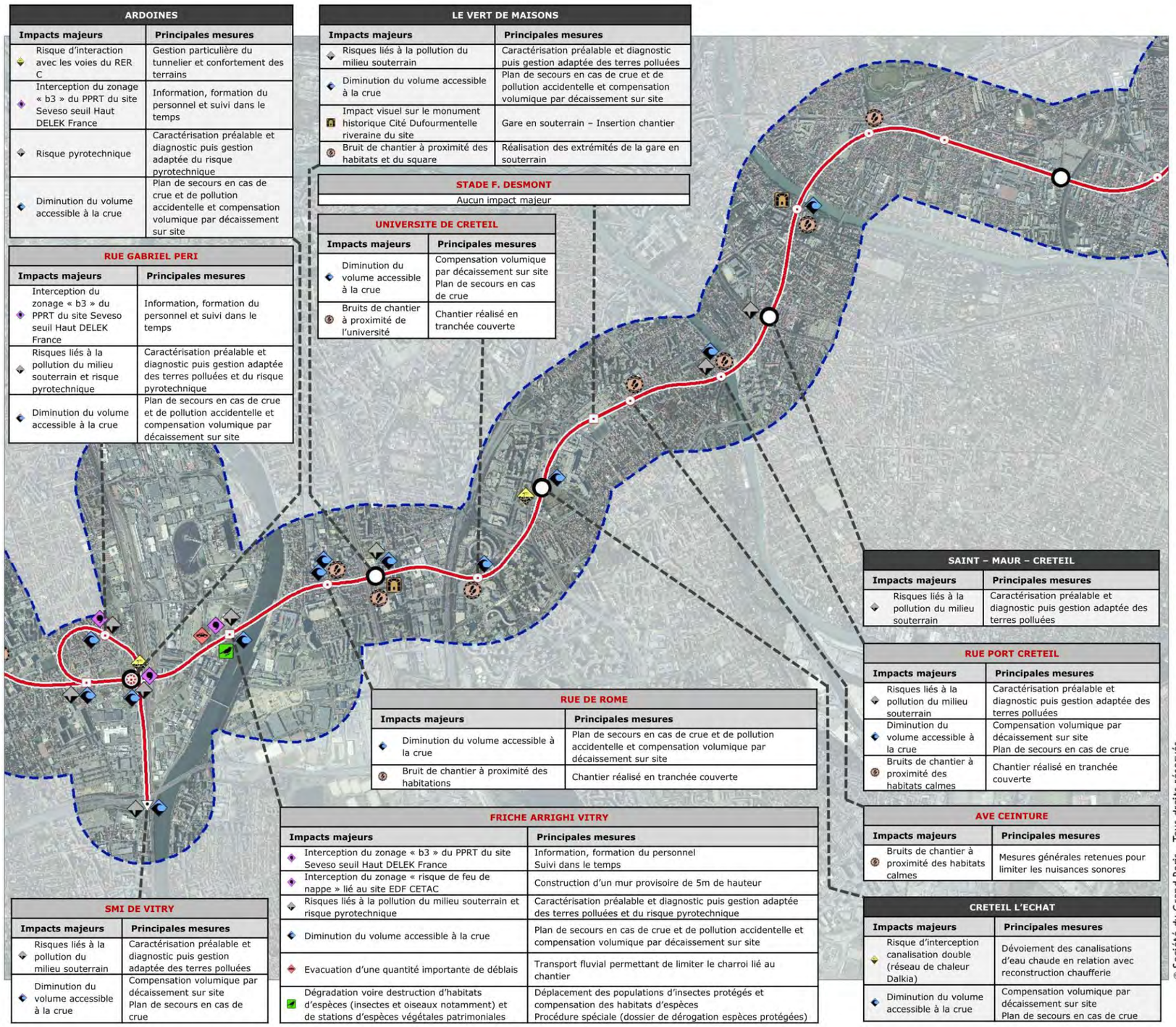
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015



Synthèse des principaux impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Gare des Ardoines – Gare Saint-Maur Créteil



ARDOINES

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interaction avec les voies du RER C	Gestion particulière du tunnelier et confortement des terrains
Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France	Information, formation du personnel et suivi dans le temps
Risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

RUE GABRIEL PERI

Impacts majeurs	Principales mesures
Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France	Information, formation du personnel et suivi dans le temps
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site

LE VERT DE MAISONS

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Impact visuel sur le monument historique Cité Dufourmentelle riveraine du site	Gare en souterrain – Insertion chantier
Bruit de chantier à proximité des habitats et du square	Réalisation des extrémités de la gare en souterrain

STADE F. DESMONT

Aucun impact majeur

UNIVERSITE DE CRETEIL

Impacts majeurs	Principales mesures
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue
Bruits de chantier à proximité de l'université	Chantier réalisé en tranchée couverte

RUE DE ROME

Impacts majeurs	Principales mesures
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Bruit de chantier à proximité des habitations	Chantier réalisé en tranchée couverte

FRICHE ARRIGHI VITRY

Impacts majeurs	Principales mesures
Interception du zonage « b3 » du PPRT du site Seveso seuil Haut DELEK France	Information, formation du personnel Suivi dans le temps
Interception du zonage « risque de feu de nappe » lié au site EDF CETAC	Construction d'un mur provisoire de 5m de hauteur
Risques liés à la pollution du milieu souterrain et risque pyrotechnique	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées et du risque pyrotechnique
Diminution du volume accessible à la crue	Plan de secours en cas de crue et de pollution accidentelle et compensation volumique par décaissement sur site
Evacuation d'une quantité importante de déblais	Transport fluvial permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales	Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)

SMI DE VITRY

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue

SAINT – MAUR – CRETEIL

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées

RUE PORT CRETEIL

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Chantier réalisé en tranchée couverte

AVE CEINTURE

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitats calmes	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

CRETEIL L'ECHAT

Impacts majeurs	Principales mesures
Risque d'interception canalisation double (réseau de chaleur Dalkia)	Dévoiement des canalisations d'eau chaude en relation avec reconstruction chaufferie
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue

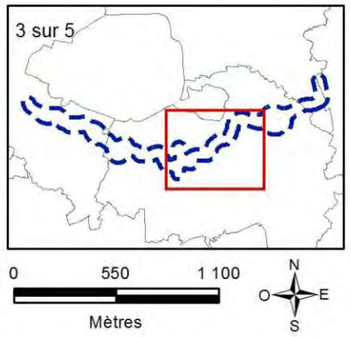
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry
- Fuseau d'étude

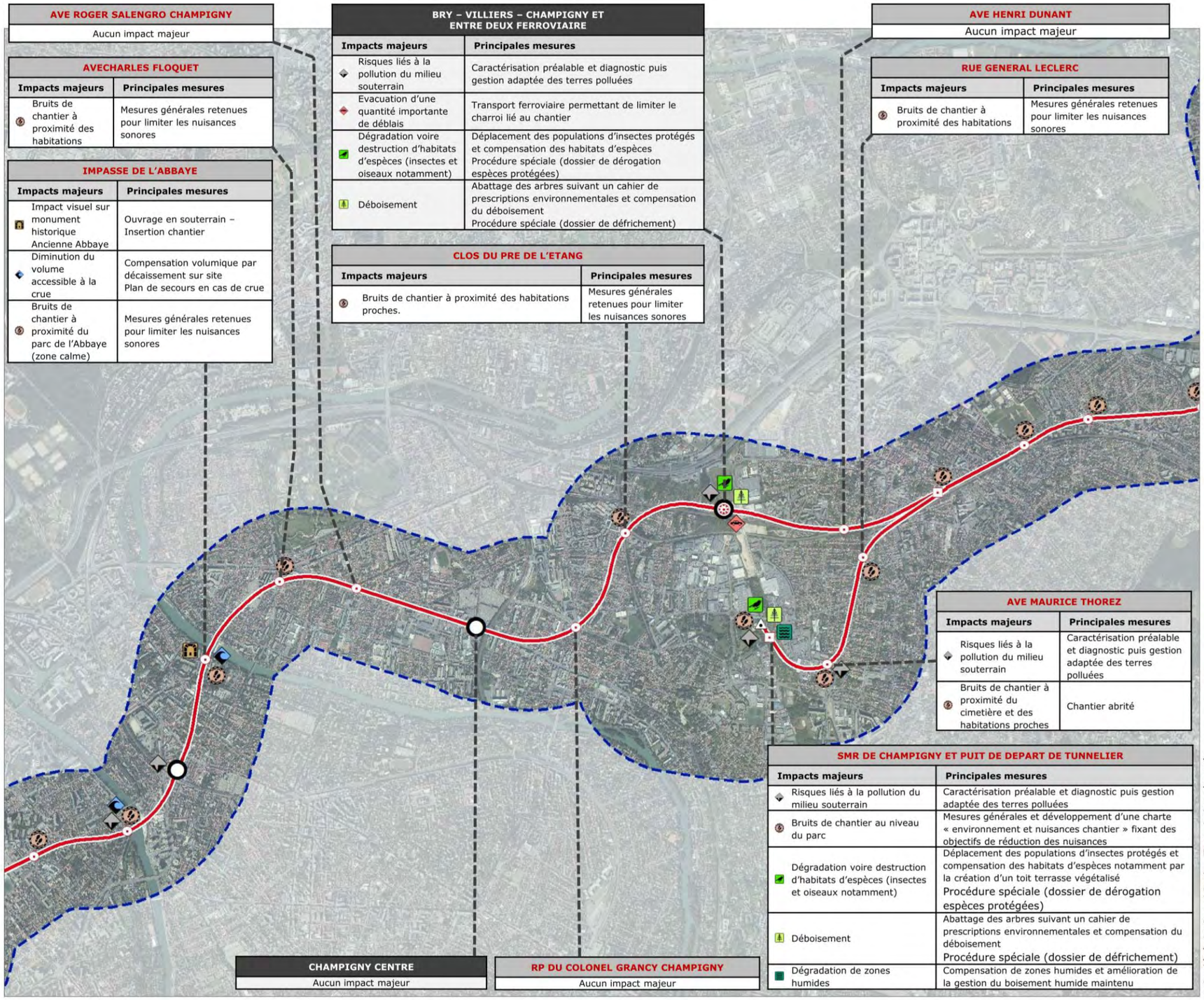
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des principaux impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Impasse de l'Abbaye – OA Avenue Henri Dunant



AVE ROGER SALENGRO CHAMPIGNY

Aucun impact majeur

AVECHARLES FLOQUET

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

IMPASSE DE L'ABBAYE

Impacts majeurs	Principales mesures
Impact visuel sur monument historique Ancienne Abbaye	Ouvrage en souterrain – Insertion chantier
Diminution du volume accessible à la crue	Compensation volumique par décaissement sur site Plan de secours en cas de crue
Bruits de chantier à proximité du parc de l'Abbaye (zone calme)	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

BRY – VILLIERS – CHAMPIGNY ET ENTRE DEUX FERROVIAIRE

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Evacuation d'une quantité importante de déblais	Transport ferroviaire permettant de limiter le charroi lié au chantier
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment)	Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)
Déboisement	Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement)

CLOS DU PRE DE L'ETANG

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations proches.	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

AVE HENRI DUNANT

Aucun impact majeur

RUE GENERAL LECLERC

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

AVE MAURICE THOREZ

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Bruits de chantier à proximité du cimetière et des habitations proches	Chantier abrité

SMR DE CHAMPIGNY ET PUIT DE DEPART DE TUNNELIER

Impacts majeurs	Principales mesures
Risques liés à la pollution du milieu souterrain	Caractérisation préalable et diagnostic puis gestion adaptée des terres polluées
Bruits de chantier au niveau du parc	Mesures générales et développement d'une charte « environnement et nuisances chantier » fixant des objectifs de réduction des nuisances
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (insectes et oiseaux notamment)	Déplacement des populations d'insectes protégés et compensation des habitats d'espèces notamment par la création d'un toit terrasse végétalisé Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)
Déboisement	Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement)
Dégradation de zones humides	Compensation de zones humides et amélioration de la gestion du boisement humide maintenu

CHAMPIGNY CENTRE

Aucun impact majeur

RP DU COLONEL GRANCY CHAMPIGNY

Aucun impact majeur

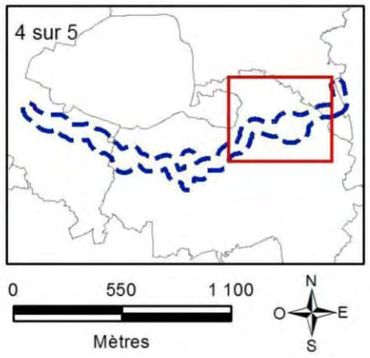
Grand Paris Express

Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier
- Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de Champigny
- Fuseau d'étude

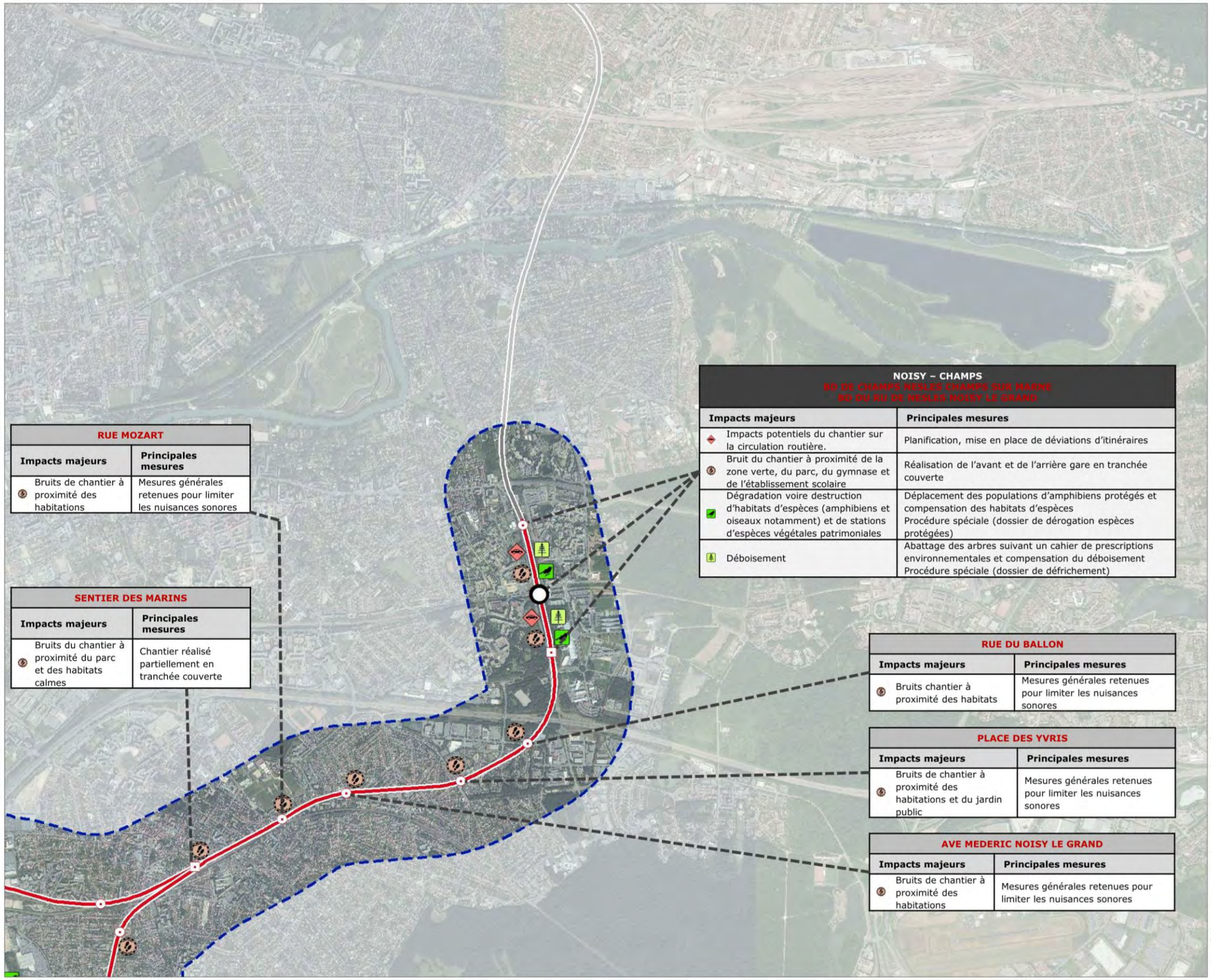
Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC- ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015

Synthèse des principaux impacts et mesures par ouvrage en phase chantier – Section OA Sentier des marins – Gare de Noisy-Champs



RUE MOZART

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

SENTIER DES MARINS

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits du chantier à proximité du parc et des habitats calmes	Chantier réalisé partiellement en tranchée couverte

NOISY – CHAMPS
BO DE CHAMPS NESLES CHAMPS SUR MARNE
BO DU BU DE NESLES NOISY LE GRAND

Impacts majeurs	Principales mesures
Impacts potentiels du chantier sur la circulation routière.	Planification, mise en place de déviations d'itinéraires
Bruit du chantier à proximité de la zone verte, du parc, du gymnase et de l'établissement scolaire	Réalisation de l'avant et de l'arrière gare en tranchée couverte
Dégradation voire destruction d'habitats d'espèces (amphibiens et oiseaux notamment) et de stations d'espèces végétales patrimoniales	Déplacement des populations d'amphibiens protégés et compensation des habitats d'espèces Procédure spéciale (dossier de dérogation espèces protégées)
Déboisement	Abattage des arbres suivant un cahier de prescriptions environnementales et compensation du déboisement Procédure spéciale (dossier de défrichement)

RUE DU BALLON

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits chantier à proximité des habitats	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

PLACE DES YVRIS

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations et du jardin public	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

AVE MEDERIC NOISY LE GRAND

Impacts majeurs	Principales mesures
Bruits de chantier à proximité des habitations	Mesures générales retenues pour limiter les nuisances sonores

Grand Paris Express

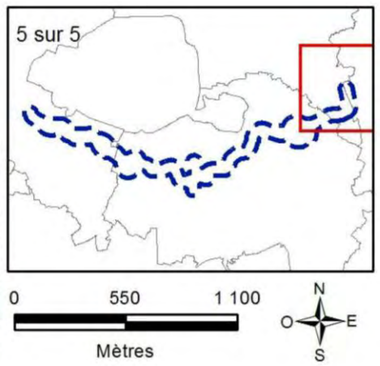
Ligne 15 Sud entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs

- Ligne 15 Sud (rouge)
- Ligne 16 (mise en service en 2023-2024)
- Gare du Grand Paris Express
- Ouvrages Annexes (OA)
- Puits d'entrée et/ou de sortie de tunnelier et ouvrage annexe après travaux
- Fuseau d'étude

Thématique

- Vibrations
- Risques technologiques
- Patrimoine culturel
- Patrimoine archéologique
- Occupation du sous-sol
- Hydrogéologie
- Gestion des terres et milieux pollués
- Géologie - Risques géologiques
- Risque d'inondation
- Mobilité
- Santé
- Bruit
- Boisements
- Faune, flore et continuités
- Frayères
- Zones humides

© Société du Grand Paris - Tous droits réservés
Sources : ©SGP - ©IGN, Ortho® - AVPB 2014
BURGEAP - STRATEC - ASM - BIOTOPE 2014
Cartographie : Biotope, 2015



Synthèse des principaux impacts et mesures du projet de la Ligne 15 Sud - Phase exploitation

Thématique	Impacts génériques	Mesures
Vibrations	Vibrations émises par la circulation du métro	Pose de systèmes amortisseurs au niveau de la voie selon nécessité
		Suivi des vibrations émises
		Entretien du matériel roulant et de la voie
Risques technologiques	Atteinte à la sécurité des voyageurs	Transcription des procédures d'alerte et de sécurité du PPRT et production de procédures spécifiques au Grand Paris Express
		Application des procédures d'alerte et de sécurité du PPRT
Occupation du sous-sol	Pas d'impact	Pas de mesure
Hydrogéologie	Effet barrage faible	Pas de mesure spécifique
		Suivi piézométrique
Géologie	Pas d'impact	Pas de mesure
Ouvrages en zone inondable / Eaux pluviales	Inondation des ouvrages en cas de crue	Mise hors d'eau à la cote de crue centennale + 20 cm
		Plan de secours en cas de crue
		Suivi des niveaux de la Seine et de la Marne
	Volume pris à l'expansion de la crue	Compensation des volumes dans la conception du projet
	Rejet des eaux pluviales au réseau	Régulation des débits de toiture et de parvis
Déblais	Pas d'impact	Pas de mesure
Mobilité	Augmentation du besoin de stationnement près des gares	Augmenter la desserte par transport en commun
		Augmenter la capacité de stationnement
Population, emplois et occupation du sol	Pas d'impact	Pas de mesure
Santé	Emission de poussières et de particules	Lutte contre les émissions à la source : freinage, usure de matériels
		Améliorer la ventilation
Bruit	Emission de bruit liée au fonctionnement des équipements techniques et de ventilation	Confinement des bruits dans l'infrastructure
		Dimensionnement adapté des dispositifs anti-bruit
Faune, flore et continuités	Dérangement des espèces très limitée et sans impact notable au regard de la fréquentation et des milieux Dégradation des milieux par piétinement très limitée au regard de l'organisation spatiale prévue autour des gares	Aucune mesure spécifique n'est donc proposée.

7.2 Plan de Management Environnemental

La Société du Grand Paris, Maître d'Ouvrage du projet, a mis en œuvre un plan de management environnemental (PME) et une démarche d'écoconception de l'ensemble du projet pour les thématiques suivantes, en lien avec sa politique « Qualité-Sécurité-Environnement » (présentée en annexe) :

- Energie, Gaz à effet de serre,
- Déchets,
- Matériaux et équipements,
- Eau,
- Air et Santé,
- Acoustique, Vibrations, Electromagnétisme,
- Biodiversité,
- Insertion territoriale.

En phase étude, ce plan et cette démarche se présentent sous la forme des documents suivants :

- **un rapport d'écoconception** : ce document a pour objectif de mettre en lumière les opportunités étudiées, les impacts évités ou réduits afin d'améliorer la performance environnementale des ouvrages,

- **une charte environnement des chantiers** : ce document à pour objectif de définir des mesures génériques applicables à tous les chantiers SGP,
  Ce document est joint en annexe de la présente Etude d'impact.

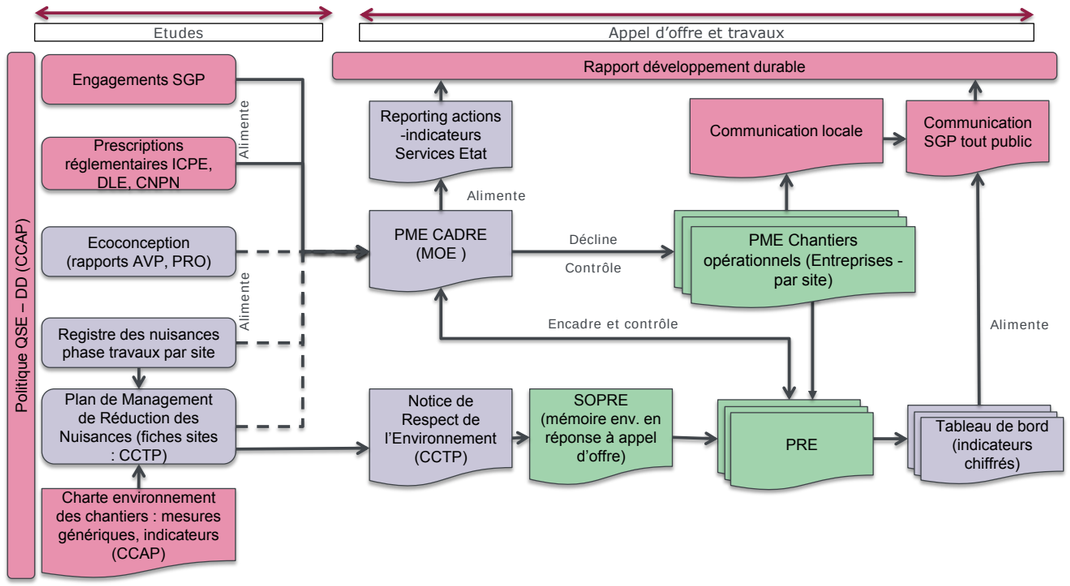
- **un registre des nuisances** : ce document permet de prendre en compte la sensibilité environnementale des différents sites de travaux pour compléter, par des mesures particulières au site, les mesures génériques de la charte environnement des chantiers et les prescriptions réglementaires. Il est utilisé en phase étude pour anticiper les impacts travaux.

Lors des appels d'offre puis de la réalisation des travaux, les étapes ou outils suivants sont mis en œuvre successivement :

- **une Notice de Respect de l'Environnement (NRE)** : ce document rédigé par le MOE (sur la base de la charte environnement des chantiers, du registre des nuisances et des prescriptions réglementaires) est une pièce constitutive des dossiers de consultation des entreprises (DCE) pour les marchés de travaux;
- **le Plan de Respect de l'Environnement (PRE)** : ce document rédigé par les entreprises assure la prise en compte des exigences du MOA,
- **un Plan de Management de l'Environnement (Cadre):** ce document recense l'ensemble des engagements à considérer, qu'ils soient **génériques ou spécifiques, réglementaires ou volontaires**. Il permet notamment au MOE d'assurer le suivi de la mise en œuvre des engagements du PRE par les entreprises.
- **un Plan de Management de l'Environnement Chantier opérationnel :** ce document est la déclinaison détaillée du PME cadre du Maître d'œuvre, décliné par site de travaux

- **un tableau de bord « environnement des chantiers »** : ce document assure le suivi de la performance environnementale des travaux.

Le schéma ci-après présente l'articulation de ces différents documents :



7.3 Bilan environnemental

Ce bilan est formalisé par le rapport d'écoconception (quatrième document de la liste ci-dessus).

Ce document est également annexé à la présente étude d'impact.

Au stade actuel, un premier bilan peut être tiré et repose principalement sur les points suivants :

- Optimisation générale du projet, en particulier des structures et des volumes souterrains :
    - Un réel travail d'optimisation de la structure du tunnel et des ouvrages a été réalisé, une phase d'études préliminaires approfondies a même été organisée dans ce seul but.
    - Ce travail a conduit à diminuer les quantités de certains paramètres de façon significative, en particulier en termes de déblais produits et de consommation de matériaux de construction.
- Minimisation des impacts de chantier par choix des méthodes constructives et phasage :
    - Le choix de creuser le tunnel au tunnelier permet de réduire significativement certains impacts par rapport à l'emploi de méthodes traditionnelles car le tunnel est posé à l'avancement : vibrations, piézométrie souterraine,
    - Le choix de privilégier la technique avec parois moulées pour les ouvrages reliant le tunnel à la surface du sol (gares, ouvrages annexes) permet de confiner de nombreux impacts à l'intérieur de la boite constituée par les parois moulées, ou d'atténuer significativement les impacts à l'extérieur de la boite : baisse de piézométrie, vibrations, certaines nuisances sonores.
    - Le raccourcissement maximal de la période entre le début de l'excavation de la gare et la fin de la mise en œuvre de la structure externe (boite définitive) est également une action de réduction des impacts : volume d'eau pompé donc rejeté pour vidanger les excavations, nuisances sonores des travaux dans les fouilles.
- Conception des gares comme des lieux de vie en soignant la conception architecturale :
    - La conception des gares prend en compte à la fois les flux de voyageurs utilisant le nouveau métro et le développement d'activités au sein des gares pour en faire des lieux de vie,
    - Pour certaines gares, de réels choix architecturaux ont été effectué de manière à rendre le bâtiment visible et à en faire un élément central local. Ces gares bénéficient d'espaces extérieurs aménagés qualitativement.

L'étape de l'avant-projet n'est qu'une étape du processus de conception du projet. Aux étapes ultérieures les outils précédemment cités permettront un suivi et la réalisation de bilans.

<u>En particulier :</u>

- les rapports d'éco-conception permettent de tirer un bilan de la phase étude,
- le PME permet de tracer la réalisation des actions de la phase travaux et d'identifier et tracer les actions perdurant dans la phase de fonctionnement (ex. suivi des mesures compensatoires),
- les indicateurs environnementaux (à l'échelle du RTPGP, local en fonction de la sensibilité des enjeux ou demandés par les prescriptions réglementaires) permettront de tirer un bilan chiffré de certains thèmes,
- le rapport de Développement Durable de la SGP réalisé régulièrement permettra également de dresser un bilan complémentaire à l'échelle du RTPGP.

In fine, l'ensemble de ces documents permettra à la Société du Grand Paris de consolider un bilan/suivi environnemental et réglementaire en lien avec le présent dossier « Etude d'impact-Loi sur l'Eau » relatif à la Ligne 15 Sud.

8. Appréciation de la compatibilité du projet avec l'affectation des sols

8.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

8.1.1 Introduction

Le SDAGE du Bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est organisés autour de 8 défis qui fixent les grands objectifs à atteindre en termes de gestion des eaux à l'échelle du bassin de la Seine. Les actions du SDAGE sont définies par des orientations et des dispositions.

8.1.2 Analyse de la compatibilité

8.1.2.1 Défi n°1 : Diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques »

Eléments pertinents du SDAGE

Le défi n°1 a pour but de « diminuer les pollutions ponctuelles des milieux par les polluants « classiques » ».

Orientation 2 – Maîtriser les rejets par temps de pluie en milieu urbain par des voies préventives (règles d'urbanisme notamment pour les constructions nouvelles) et palliatives (maîtrise de la collecte et des rejets).

- Disposition 7 : Réduire les volumes collectés et déversés sans traitement par temps de pluie.
- Disposition 8 : Privilégier les mesures alternatives et le recyclage des eaux pluviales.

  Il est recommandé que les nouvelles zones d'aménagement et celles faisant l'objet d'un réaménagement urbain, n'augmentent pas le débit de ruissellement généré par le terrain naturel. […]

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

Afin de répondre aux dispositions du SDAGE concernant cette thématique, la gestion des eaux pluviales, principal élément visé, prévoit la collecte et le traitement adapté (principalement par décantation) de ces eaux avant rejet au réseau ou au milieu naturel.

Cette gestion permet également de récupérer les eaux issues de pollutions accidentelles.

Phase exploitation

La construction d'un réseau de transport en commun permettra une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et de ruissellement des hydrocarbures et des MES.

D'autre part, les dispositifs d'assainissement permanents autour des nouvelles émergences (gares notamment) permettront une gestion maitrisée des ruissellements induits par le projet, au vu des nouvelles surfaces imperméabilisées générées.

Les débits ruisselés sont régulés lorsque les surfaces imperméabilisées augmentent et selon les prescriptions des gestionnaires de réseau.

8.1.2.2 Défi n°3 : Réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses

Eléments pertinents du SDAGE

Le défi n°3 consiste à « réduire les pollutions des milieux aquatiques par les substances dangereuses ».

Orientation 6 – Identifier les sources et parts respectives des émetteurs, et améliorer la connaissance des substances dangereuses.

- Disposition 21 : identifier les principaux émetteurs de substances dangereuses concernés.

Orientation 8 - Promouvoir les actions à la source de réduction ou de suppression des rejets de substances dangereuses.

- Disposition 25 : Intégrer dans les documents professionnels les objectifs de réduction des substances dangereuses ainsi que les objectifs spécifiques des aires d'alimentation de captage (AAC) et du littoral *[exemple du cahier des charges d'entretien des infrastructures de transports]*.
- Disposition 26 : Responsabiliser les utilisateurs de substances dangereuses (activités économiques, agriculture, collectivités, associations, groupements et particuliers, …).
- Disposition 27 : Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de substances dangereuses par les acteurs économiques.

  Les diagnostics des sources d'émission et la recherche des moyens de réduction de ces rejets, conduits par les maîtres d'ouvrages, privilégient les réductions à la source (technologies propres, substitution de produit, changement de procédé,…) ou les rejets zéro (recyclage,…).

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

Des mesures préventives et curatives sont prescrites pour permettre d'éviter et de réduire les éventuels effets d'une pollution accidentelle en phase chantier (stockage de produits polluants, aires d'entretien des engins, kits d'intervention d'urgence, …).

Phase exploitation

De même que pour le défi n°1, la construction d'un réseau de transport en commun permet une réduction localisée de la circulation automobile, et ainsi une diminution des apports de pollution liés aux eaux pluviales et ruissellement des hydrocarbures et des MES.

Pour ce, un entretien adapté de infrastructure sera nécessaire, notamment vis-à-vis des produits utilisés (substances dangereuses).

8.1.2.3 Défis n°5 : Protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ;

Éléments pertinents du SDAGE

Le défi n°5 consiste à « protéger les captages d'eau pour l'alimentation en eau potable actuelle et future ».

Orientation 14 - Protéger les aires d'alimentation de captage d'eau de surface destinées à la consommation humaine contre les pollutions

- Disposition 44 : Réglementer les rejets dans les périmètres rapprochés de captages

Analyse de la compatibilité

Phase travaux et phase d'exploitation

Les captages concernés (prises d'eau de Suresnes et d'Ivry sur Seine) présentent des périmètres de protection disposant de prescriptions à respecter.

Le projet respecte les prescriptions imposées par ces périmètres en phase chantier et en phase d'exploitation.

8.1.2.4 Défi n°6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques humides

Eléments pertinents du SDAGE

Le défi n°6 consiste à « protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides ».

Orientation 15 – Préserver et restaurer la fonctionnalité des milieux aquatiques continentaux et littoraux ainsi que la biodiversité.

« La préservation des profils et formes naturels des cours d'eau doit être recherchée de façon à ce qu'ils assurent le bon fonctionnement de l'hydrosystème. […] Les très petits cours d'eau (rang 1 et 2) sont notamment concernés par l'ensemble des dispositions suivantes. »

- Disposition 46 : Limiter l'impact des travaux et aménagements sur les milieux aquatiques continentaux et les zones humides.

  Afin d'assurer l'atteinte du bon état écologique, tout projet soumis à autorisation ou à déclaration prend en compte ses impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et humides et/ou sur le lit mineur, les berges et le fuseau de mobilité, pendant et après travaux. […]

- Disposition 56 : Préserver les espaces à haute valeur patrimoniale et environnementale.

Orientation 17 - Concilier lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et le bon état

- Disposition 69 : Concilier le transport par voie d'eau, la production hydroélectrique et le bon état

Orientation 19 – Mettre fin à la disparition, la dégradation des zones humides et préserver, maintenir et protéger leur fonctionnalité.

- Disposition 78 : Dans le cadre d'un examen des projets soumis à autorisation ou déclaration entraînant la disparition de zones humides, les mesures compensatoires prévoient la création de zones humides équivalentes sur le plan fonctionnel et de la biodiversité à hauteur de 150 % de la surface perdue sur la masse d'eau.

- Disposition 84 : Préserver la fonctionnalité des zones humides.

  Les zones humides qui ne font pas l'objet d'une protection réglementaire mais dont la fonctionnalité est reconnue par une étude doivent être préservées.

- Disposition 85 : Limiter et justifier les prélèvements dans les nappes sous-jacentes à une zone humide.

Analyse de la compatibilité

Le projet détruit environ 1 ha de zones humides localisées sur le site du SMR de Champigny, de la gare de Noisy-Champs et des ouvrages annexes de l'Ile de Monsieur et de la Friche Arrighi.

Des mesures de compensation sont prévues en regard de cette destruction.

Phase travaux

Le projet et les choix de conception s'accordent avec la disposition 46 ; cette dernière préconise de prendre en compte les impacts sur la fonctionnalité des milieux aquatiques et notamment sur les caractéristiques de zones humides présentes, pendant et après travaux. Elle implique la prise en compte de l'ensemble des effets du projet et l'évaluation des effets cumulés, ce qui a été réalisé.

De manière à être en accord avec l'orientation 19, les prélèvements prévus dans les nappes sous-jacentes aux zones humides reconnues doivent être limités. Ce cas n'existe pas pour la Ligne 15 Sud : les études hydrogéologiques ont montré que les nappes faisant l'objet de pompages ne sont pas en relation avec les zones humides.

Enfin, l'évacuation des déchets par voie fluviale sera préconisée et nécessitera une gestion adaptée pour le maintien de l'état écologique du cours d'eau, et éventuellement sont amélioration au vu des objectifs fixés par le SGADE 2010-2015.

Phase exploitation

Les impacts sur la fonctionnalité des milieux et les caractéristiques des cours d'eau ont été étudiés ; ils s'avèrent être nuls en phase travaux ainsi qu'en phase exploitation.

8.1.2.5 Défi n°7 : Gérer la rareté de la ressource en eau

Eléments pertinents du SDAGE

Le défi n°7 a pour objectif la gestion de la rareté en eau. Cette gestion vise à assurer l'atteinte de niveaux suffisants dans les nappes ou de débits dans les rivières afin de garantir la survie des espèces aquatiques et le maintien d'usages prioritaires, notamment l'AEP, ainsi qu'un usage partagé et durable de la ressource.

Orientation 23 - Anticiper et prévenir les surexploitations globales ou locales des ressources en eau souterraine.

L'état quantitatif d'une eau souterraine est considéré comme bon lorsque les prélèvements ne dépassent pas la capacité de renouvellement de la ressource disponible, et lorsque l'alimentation en eau des écosystèmes aquatiques de surface et des zones humides directement dépendantes est assurée.

- Disposition 111 : Adapter les prélèvements en eau souterraine dans le respect de l'alimentation des petits cours d'eau et des milieux aquatiques associés.

Orientation 24 – Assurer une gestion spécifique par masse d'eau ou partie de masses d'eau souterraines.

- Disposition 112 **:** Modalités de gestion pour la masse d'eau souterraine 3218 ALBIEN-NEOCOMIEN CAPTIF,

- Disposition 115 : Modalités de gestion locales pour les masses d'eau souterraines 3001, 3202 et 3211 en Haute-Normandie,

- Disposition 118 : Modalités de gestion de l'Yprésien de la masse d'eau souterraine 3104 EOCENE DU VALOIS.

Orientation 28 - Inciter au bon usage de l'eau.

Il existe un ensemble de techniques permettant de faire un bon usage de l'eau. […]

- Disposition 130 : Maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux.

Tout ouvrage dans le sous-sol, y compris les ouvrages de géothermie, quel que soit sa profondeur et son usage, doit être réalisé, exploité et abandonné dans les règles de l'art et répondre aux contraintes réglementaires existantes, afin de préserver la ressource en eau. […]

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

Les débits résiduels pompés au sein des ouvrages lors des travaux sont indiqués dans le chapitre 5 partie hydrogéologie du présent dossier. Ils ont été établis sur la base d'études hydrogéologiques plus poussées que celles réalisées au stade de la présente étude d'impact DUP. Ils devront être respectés.

En ce qui concerne cette thématique, la disposition 130 vise à maîtriser les impacts des sondages, des forages et des ouvrages géothermiques sur les milieux. Dans le cadre des études complémentaires en relation avec le projet du Grand Paris, de tels ouvrages seront réalisés.

La réalisation des sondages sera encadrée par un Assistant au Maître d'Ouvrage spécialisé et au fait des problématiques sur ce contexte. Ce prestataire aura pour mission de fixer les règles de réalisation des sondages permettant d'éviter les transferts d'eau entre nappes.

La gestion des pompages futurs sera incontournable pour maîtriser les incidences sur le réseau hydrogéologique. Cela passe par la conception la plus fine possible de chaque opération de pompages avec l'objectif de limiter les impacts de toute nature. Il est possible de combiner le nombre de forages et le débit pompé dans chaque forage pour limiter les impacts.

Phase exploitation

En phase d'exploitation, les impacts du projet sur la rareté de la ressource en eau sont nuls, hormis en phase de mise en œuvre de procédés géothermiques destinés à l'approvisionnement énergétique des stations par exemple.

Dans ce cas-là, le procédé fera l'objet d'un suivi dans le temps afin de répondre aux contraintes réglementaires et doctrines locales.

8.1.2.6 Défi n°8 : Limiter et prévenir le risque inondation

Eléments pertinents du SDAGE

Le défi n°8 a pour objectif de limiter et de prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation […], et, d'autre part de ne pas aggraver l'aléa […]. Il faut systématiquement privilégier la prévention plutôt que la protection qui peut aggraver la situation en amont de la zone protégée et pénaliser les milieux aquatiques.

Orientation 30 - Réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation

- Disposition 134 : Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable.

Orientation 33 - Limiter le ruissellement en zones urbaines et en zones rurales pour réduire les risques d'inondation.

- Disposition 146 : Privilégier, dans les projets neufs ou de renouvellement, les techniques de gestion des eaux pluviales à la parcelle limitant le débit de ruissellement.

Analyse de la compatibilité

Phase travaux

La majorité des ouvrages de surface étant localisé dans des zones urbanisées, leur construction n'impliquera pas de gros volumes de ruissellement supplémentaires.

Les ruissellements sont maîtrisés par la régulation des débits issus des bases chantiers.

Quoi qu'il en soit, la gestion des eaux pluviales sera prise en compte dès la phase chantier afin de limiter les rejets non contrôlés, dans le ruissellement.

Concernant le volet inondation, l'ensemble des travaux réalisés au sein d'une zone inondable (soit zone de PHEC, soit zonage réglementaire de PPRI) a fait l'objet d'études spécifiques ayant conduit à évaluer les impacts. Les compensations nécessaires ont été intégrées au projet.

Phase exploitation

La gestion des eaux pluviales de l'infrastructure est prévue selon les modalités indiquées ci-dessus. Les modalités exactes de gestion figurent dans le présent dossier.

L'analyse relative au volet inondation sera traitée simultanément en phase travaux et en phase exploitation est fournie dans le présent dossier.

Le projet intègre les compensations nécessaires en termes de volume et de transparence hydraulique.

8.1.2.7 Conclusion sur la compatibilité du projet avec le SDAGE

Dans sa configuration actuelle, **le projet de Ligne 15 Ouest est compatible avec le SDAGE**.

8.2 Compatibilité du projet avec les plans et programmes relatifs à la gestion des déchets de chantier

8.2.1 Analyse de la compatibilité du projet avec le PREDEC14

8.2.1.1 Eléments pertinents du PREDEC pour évaluer la compatibilité

L'article 202 de la loi Grenelle 2, « portant engagement national pour l'environnement », a rendu obligatoire la mise en application de plans de gestion des déchets de chantiers du bâtiment et des travaux publics. Il en a attribué la compétence au Conseil régional pour l'Île-de-France et aux Conseils départementaux pour le reste du territoire.

Le Plan Régional de prévention et de gestion des Déchets de Chantiers du bâtiment et des travaux publics (PREDEC), poursuit trois objectifs :

- 1) Prévenir la production des déchets de chantier,
- 2) Assurer le rééquilibrage territorial et développer le maillage des installations,
- 3) Réduire l'empreinte écologique de la gestion des déchets de chantiers.

Les données sont issues du projet de PREDEC datant du 5 juillet 2013.

8.2.1.2 Analyse de la compatibilité

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

De fait, ce schéma est compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.

8.2.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne – Déchets du BTP

8.2.2.1 Eléments pertinents du Plan de Gestion pour Paris et la Petite Couronne pour évaluer la compatibilité

Ce plan de gestion a été approuvé en juillet 2004 et comprend les éléments suivants :

- 1) La quantification des déchets de chantiers prenant en compte la catégorie des déchets selon la nomenclature des déchets et les filières matériaux,

---

[14] *PREDEC : Plan Régional de prévention et de gestion des Déchets de Chantier*

- 2) Le recensement des filières de traitement existantes et prévues ainsi que leurs capacités,
- 3) La détermination des installations nouvelles nécessaires dans une logique de proximité.

8.2.2.2 Analyse de compatibilité

La Société du Grand Paris a établi un Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) pour organiser le plus en amont possible cette question cruciale à l'échelle du projet.

Ce schéma, annexé à la présente étude, porte à la fois sur les filières de gestion et sur le transport des lieux d'excavation aux lieux de stockage.

De fait, ce schéma sera compatible avec les plans et programmes en vigueur concernant la gestion des déchets.

8.3 Compatibilité du projet avec le Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE)

La Ligne 15 Sud s'inscrit dans le périmètre du Schéma Régional de Cohérence Ecologique de la région Ile de France.

Approuvé par délibération du Conseil régional du 26 septembre 2013, le schéma régional de cohérence écologique (SRCE) d'Ile-de-France a été adopté par arrêté n°2013294-0001 du préfet de la région d'Ile-de-France et par le préfet de Paris, le 21 octobre 2013.

8.3.1 Les composantes de la Trame verte et bleue régionale

Il convient de rappeler que :

- Les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques sont définis dans le SRCE au 1/100000ème, à une échelle régionale, par définition non « zoomable » à l'échelle d'un projet,
- Le niveau local se doit de mener les investigations nécessaires pour identifier les continuités écologiques adaptées à son échelle territoriale.

Le SRCE, comprend :

- Un volet identifiant les espaces naturels, les corridors écologiques et les éléments de la trame bleue, dans le Tome I « Les composantes de la trame verte et bleue »,
- Un diagnostic et une présentation des enjeux régionaux relatifs à la préservation et à la restauration des continuités écologiques, un plan d'action stratégique, un dispositif de suivi et d'évaluation, réunis dans le Tome II intitulé « Enjeux et plan d'action »,
- Une cartographie de la trame verte et bleue à l'échelle du 1:100 000, une cartographie de la trame verte et bleue des départements de Paris et de la petite couronne au 1:75 000, et des cartes régionales thématiques dans le Tome III intitulé « Atlas cartographique »,
- Un rapport environnemental, dans le Tome IV,
- Un résumé non technique.

Le SRCE IDF comprend quatre sous-trames : arborée, herbacée, de grandes cultures, des milieux aquatiques et des corridors humides.

8.3.2 Analyse de la compatibilité du projet avec le SRCE d'Ile-de-France

Le diagnostic des enjeux établit dans l'état initial a permis de mettre en lumière les composantes de continuités écologiques régionales concernées par le projet de la Ligne 15 Sud.

Cinq réservoirs de biodiversité sont identifiés sur le fuseau d'étude et deux corridors d'intérêt régionaux interceptent le fuseau d'étude.

Un corridor alluvial est identifié dans la sous-trame aquatique dans le sillon de la Seine et de la Marne. Le deuxième corridor souligne la continuité arborée le bois de Vincennes et le bois Saint-Martin

Par ailleurs, le trame verte et bleue de Paris et la petite couronne identifiée par le SRCE présente 9 secteurs d'intérêt en contexte urbain : le parc de Billancourt à Boulogne Billancourt, le boisement avenue de la Glacière à Meudon, le parc de l'île Saint-Germain, le cimetière Parisien

de Bagneux, les ensembles verts de Arcueil Cachan (parc le Vallon, parc Raspail, etc), le parc des Hautes Bruyères à Villejuif, les abords du parc des Lilas, le Golf du parc du Tremblay, le boisement avenue des Graviers à Noisy-le-Grand.

Cinq liaisons d'intérêts en contexte urbain sont également soulignés de la coulée verte d'Issy les Moulineaux, du cimetière parisien, de la coulée Bièvre-Lilas, du Golf de Villiers sur Marne et au niveau de Noisy-le-Grand.

Il est important de rappeler que cette trame régionale sont identifiés à l'échelle régionale et qu'il s'agit d'axes larges indiquant les « principes de connexion » où l'occupation du sol est globalement favorable au déplacement des espèces inféodés aux milieux ouverts et agricoles.

Au regard du projet qui est prévu en totalité en souterrain, les impacts sur les continuités écologiques se limitent aux émergences d'ouvrages ou de gares de la Ligne 15 Sud.

Les continuités de milieux à l'échelle de chaque entité écologique cohérente ont été conservées pour assurer les fonctions de nourrissage, de déplacement et de reproduction pour les groupes présents sur les sites.

Le SRCE préconise plusieurs orientations relatives aux infrastructures linéaires, à savoir :

- Atténuer la fragmentation du territoire régional pour assurer la fonctionnalité des continuités, en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale.

- Assurer la requalification des infrastructures existantes en priorité pour celles pour lesquelles l'IDF porte une responsabilité nationale et interrégionale.

- Améliorer la transparence des infrastructures linéaires ayant un effet de coupures dans les réservoirs de biodiversité et sur les corridors.

- Préserver les continuités dans le cas des nouveaux projets, les restaurer dans le cas des infrastructures existantes.

La prise en compte de ces orientations a permis de proposer une mesure de réduction de perte de fonctionnalité de certains corridors : replantation d'arbres pour recréer un corridor en « pas japonais », non imperméabilisation des sols au niveau des plantations en contexte urbain dense au niveau d'Issy-les-Moulineaux, création d'un toit végétalisé au niveau du SMR, recréation d'une mare forestière sur le parc de la Butte verte. Enfin, la perte de fonctionnalité des corridors au niveau du SMR de Champigny et de Noisy-Champ reste significative par le déboisement et l'imperméabilisation d'une partie des milieux naturels. De ce fait, les compensations d'habitat naturels se fait en intégrant la dimension relatives aux continuités écologiques.

De ce fait, les différentes analyses et propositions du projet de la Ligne 15 Ouest concernant les milieux naturels ont pris en compte le SRCE d'Ile-de-France. Dans le respect strict des mesures de réduction et de compensation proposées, il n'y a pas d'incompatibilité entre le SRCE et ce projet de la Ligne 15 Sud.

Suite à l'entrée en vigueur du décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 portant réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, la présente étude d'impact doit nécessairement présenter les éléments permettant d'apprécier la compatibilité du projet avec l'affectation des sols définie par le document d'urbanisme opposable, ainsi que, si nécessaire, son articulation avec les plans, schémas et programmes soumis à évaluation environnementale, et la prise en compte du schéma de cohérence écologique.

8.4 Compatibilité du projet avec les outils de structuration de l'espace

8.4.1 Contrat de Développement Territorial (CDT)

La loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris précise dans son article 1er que le Métro Grand Paris « s'articule autour de contrats de développement territorial définis et réalisés conjointement par l'Etat, les communes et leurs groupements. Ces contrats participent à l'objectif de construire chaque année 70 000 logements géographiquement et socialement adaptés en Ile-de-France et contribuent à la maîtrise de l'étalement urbain ».

Les Contrats de Développement Territorial sont donc issus de la Loi relative au Grand Paris qui sert aussi de base au projet de Grand Paris Express, notamment le Schéma d'Ensemble.

Ces contrats ont été conçus à l'origine pour organiser l'évolution urbaine engendrée par l'arrivée des gares du Grand Paris Express.

Ils intègrent donc les projets des collectivités concernées en les adaptant à l'arrivée des gares du Grand Paris Express.

Le projet est donc compatible de fait à tous les CDT.

8.4.2 Schéma Directeur de la Région Ile-de-France (SDRIF)

A l'échelle régionale, le SDRIF, approuvé par le décret n° 2013-1241 du 27 décembre 2013, intègre explicitement le schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris. En effet, la réalisation du réseau de transport public du Grand Paris est incluse dans les différentes pièces du SDRIF, dont notamment la « Carte de destination générale des différentes parties du territoire » qui constitue le cœur réglementaire du SDRIF.

Ainsi, le SDRIF 2013 est explicitement compatible avec le projet de réseau de transport public du Grand Paris.

8.4.3 Schémas de Cohérence Territoriale ou Schémas Directeurs (SCoT ou SD)

Le SCoT Coteaux et Val de Seine

Datant initialement de 1996, le SCoT Coteaux et Val de Seine couvre un territoire de 11 communes dans les Hauts de Seine, comptant environ 350 000 habitants.



Territoire du SCoT Coteaux et Val de Seine (Source : Syndicat des coteaux et du Val de Seine)

Sa révision du 26 novembre 2009 a permis de (re)définir six objectifs de développement et d'aménagement durable à l'échelle de son territoire d'intervention. Les six objectifs du SCOT Coteaux et Val de Seine sont :

- Garantir une croissance équilibrée du territoire, visant notamment à la mixité sociale,
- Renforcer l'attractivité des Coteaux et du Val-de-Seine,
- Faciliter les déplacements pour améliorer l'accessibilité,
- Offrir un cadre de vie harmonieux,
- Protéger l'environnement, prévenir les risques naturels et technologiques et lutter contre les nuisances de toute nature,
- Mettre en œuvre les principes du SCOT dans le respect des spécificités locales.

Les gares de la Ligne 15 Sud concernées, Pont de Sèvres et Issy RER, vont contribuer à plusieurs des objectifs de ce SCOT :

- Faciliter les déplacements : cela est évident pour la zone concernée par les gares,
- Renforcer l'attractivité du territoire : l'offre de transports en commun est l'un des critères de l'attractivité d'un territoire,
- Protéger l'environnement : en contribuant à réduire les usages de la voiture dans les zones concernées, les gares contribuent à la protection de l'environnement.

Le projet est donc compatible avec le SCOT.

Le SDL Val Maubuée

L'agglomération de Marne-la-Vallée/Val Maubuée a été créée par décret du 11 août 1972. Le Schéma Directeur Local Val Maubuée date de 1998. Le projet d'élaboration de SCoT, arrêté le 21 septembre 2012 a permis de redéfinir les objectifs d'aménagement et de développement du territoire. Ainsi, les objectifs du SCoT de Val Maubuée sont :

- Développer de manière cohérente, équilibrée, et maîtrisée l'évolution urbaine tout en tenant compte de l'identité et du vécu du territoire,
- Inscrire Val Maubuée dans un rôle de moteur économique de l'Est Francilien,
- Préserver les ressources naturelles et le patrimoine local, valoriser le potentiel du territoire, et gérer de manière écologique le développement, dans une dynamique d'Eco-territoire.

La gare de Noisy-Champs s'inscrit pleinement dans l'objectif de développement cohérent du territoire.

Le projet est donc compatible avec le SDL.

8.5 Compatibilité du projet avec les documents d'urbanisme (POS15/PLU16)

La Déclaration d'Utilité Publique du projet de la Ligne 15 Sud a fait l'objet du décret 2014-1607 du 24 décembre 2012.

La DUP du projet implique la mise en compatibilité des documents d'urbanisme des communes concernées.

Le dossier d'enquête publique préalable à la DUP comporte, outre l'étude d'impact du projet, un fascicule relatif à la Mise En Compatibilité du Document d'Urbanisme (MECDU) par commune.

Le projet de Ligne 15 Sud est donc de fait compatible avec le POS ou le PLU de chaque commune concernée.

8.6 Compatibilité du projet avec le PDUIF17

Le projet de Plan de déplacements urbains d'Ile-de-France, finalisé par le STIF en février 2011 et arrêté par le Conseil régional d'Ile-de-France en février 2012, a finalement été définitivement approuvé par ce dernier en juin 2014.

Ce Plan, qui a pour objectif d'atteindre un équilibre entre la mobilité des personnes et des biens, la qualité de vie et l'impact sur l'environnement, recense neuf défis principaux développés en 34 actions opérationnelles.

Ces défis et actions sont repris dans le tableau suivant, en évaluant la compatibilité correspondante du Grand Paris Express. Seules les actions en lien avec le projet ont été retenues.

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
Défi 1 : Construire une ville plus favorable aux déplacements à pied, à vélo et en transports collectifs	1.1 Agir à l'échelle locale pour une ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture	L'offre apportée par le projet générera du report modal vers les transports publics et une moindre utilisation de la voiture particulière. La densification autour des gares du projet rendra la ville plus favorable à l'usage des modes alternatifs à la voiture.
Défi 2 : Rendre les transports collectifs plus attractifs	2.1 Un réseau ferroviaire renforcé et plus performant	Le projet permettra de désengorger les lignes ferrées radiales et améliorera ainsi leurs performances.
	2.2 Un métro modernisé et étendu	Le projet participera directement à l'extension du réseau de métro.
	2.3 Tramway et T Zen : une offre de transport structurante	Le projet sera connecté aux lignes de tramway et de Bus à Haut Niveau de Service existantes et futures.
	2.4 Un réseau de bus plus attractif et mieux hiérarchisé	Le projet sera déclencheur de la réorganisation des réseaux de surfaces en correspondance avec les nouvelles gares.
	2.5 Aménager des pôles d'échanges multimodaux de qualité	Les gares du projet ont vocation à devenir des pôles multimodaux interconnectés.
	2.6 Améliorer l'information voyageurs dans les transports collectifs	Des informations sur le trajet seront données aux voyageurs tout au long du voyage.

[15] POS : Plan d'Occupation du Sol
[16] PLU : Plan Local d'Urbanisme

[17] PDUIF : Plan des Déplacements Urbain en Ile-de-France

Défi	Action	Compatibilité avec le projet
Défis 3 et 4 : Redonner à la marche de l'importance dans la chaîne de déplacement et donner un nouveau souffle à la pratique du vélo	3/4.1 Pacifier la voirie	L'aménagement des voiries impactées par les travaux et de celles à proximité des gares est compatible avec ces objectifs.
	3/4.2 Résorber les principales coupures urbaines	
	3.1 Aménager la rue pour le piéton	
	4.1 Rendre la voirie cyclable	
	4.2 Favoriser le stationnement des vélos	Les gares du projet seront de véritables pôles multimodaux, où la pratique du vélo sera promue : espaces de stationnement, vélos en libre-service etc.
Défi 5 : Agir sur les conditions d'usage des modes individuels motorisés	5.1 Atteindre un objectif ambitieux de sécurité routière	Les impacts du projet évalués par la présente étude sont positifs du point de vue de la sécurité routière. Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.2 Mettre en œuvre des politiques de stationnement public au service d'une mobilité durable	La Société du Grand Paris réalise des études sur la question du stationnement de rabattement à proximité des futures gares. Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.3 Encadrer le développement du stationnement privé	Les nouveaux bâtiments construits à proximité du projet devront répondre aux exigences du PDU en la matière. Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.5 Encourager et développer la pratique du covoiturage	Des incitations au covoiturage pour se rendre aux gares du projet pourront être mises en œuvre (places dédiées, zone de dépôt…). Le projet est donc compatible avec cette action.
	5.6 Encourager l'autopartage	Les gares du projet offriront de places de stationnement dédiées à l'autopartage. Le projet est donc compatible avec cette action.
Défi 6 : Rendre accessible l'ensemble de la chaîne de déplacement	6.1 Rendre la voirie accessible	Le projet est compatible avec cette action : le réaménagement de la voirie proche des futures gares et de celle impactée par les travaux permettra de la rendre plus accessible.
	6.2 Rendre accessibles les transports en commun	Le projet sera accessible aux personnes à mobilité réduite.
	7.2 Favoriser l'usage de la voie d'eau	Le projet est compatible avec cette action : une partie des déblais engendrés par le chantier sera évacuée par voie d'eau.

9. Analyse des coûts collectifs induits par le projet

9.1 Introduction

L'«analyse des coûts collectifs des pollutions et nuisances et des avantages induits pour la collectivité» est une partie réglementaire des études d'impacts spécifiques aux infrastructures de transport et faisant suite à l'exercice de quantification des impacts du projet. Cette analyse permet de monétariser les externalités du projet pour l'environnement afin de pouvoir les mettre en balance avec les avantages que la collectivité peut en attendre. L'analyse des coûts collectifs représente donc un enjeu important pour le développement d'un système de transport plus durable, en accord avec les engagements du Grenelle de l'environnement.

Dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du réseau de transport du Grand Paris dans son ensemble, il s'agit donc principalement d'évaluer les coûts collectifs liés aux pollutions atmosphériques, aux nuisances sonores, à la sécurité routière, aux émissions de gaz à effet de serre et aux effets sur l'urbanisme.

Les méthodologies à appliquer sont principalement régies par la note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport (DGITM) et son référentiel méthodologique.

9.2 Coûts de la pollution atmosphérique

9.2.1 Méthodologie

Les effets sur la santé de la pollution de l'air étant dépendants de la concentration de polluants et de la densité de population des zones polluées, la méthode proposée se base sur les flux de trafic selon différentes zones de densité de population. Cinq types de zones sont définies comme suit :

- l'urbain très dense avec une densité supérieure à 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain dense avec une densité comprise entre 1 500 et 4 500 habitants/km² ;
- l'urbain avec une densité comprise entre 450 et 1 500 habitants/km² ;
- l'urbain diffus avec une densité comprise entre 37 et 450 habitants/km² ;
- l'interurbain avec une densité inférieure à 37 habitants/km².

Les coûts externes associés au trafic dans ces différentes zones sont repris dans le tableau ci-dessous :

Coûts externes de la pollution atmosphérique, valeurs 2010 (€$_{2010}$/100veh.km)

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Véhicule particulier	15,8	4,3	1,7	1,3	0,9
Poids lourd	186,6	37,0	17,7	9,4	6,4

Ces valeurs peuvent être considérées comme le produit de deux valeurs, l'une proportionnelle aux émissions polluantes et l'autre proportionnelle à la valeur de la vie humaine. Les progrès techniques qui permettent de réduire petit à petit les émissions de polluants atmosphériques sont considérés comme faisant décroître la valeur de 6% par an entre 2010 et 2020. La valeur de la vie humaine augmente, par contre, comme la dépense de consommation par tête[18]. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2020 sont les suivantes :

Coûts externes de la pollution atmosphériques, valeurs 2020 (€$_{2010}$/100veh.km)

	Urbain très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain
Véhicule particulier	10,27	2,80	1,11	0,85	0,59
Poids lourds	121,32	24,06	11,51	6,11	4,16

L'impact du projet sur les véh.km parcourus en Ile-de-France selon les différents types de tissu urbain (Urbain très dense, urbain dense, urbain, urbain diffus et interurbain) a ensuite été calculé sur base des résultats du modèle de transport et de la densité de population projetée pour chaque commune d'Ile-de-France.

9.2.2 Calcul des coûts

Les résultats de l'analyse de l'impact du projet sur les distances parcourues sont repris dans le tableau ci-dessous avec les coûts annuels qui y sont associés :

Impact du projet sur les distances parcourues en Ile-de-France par les véhicules légers à l'horizon 2020 et coûts annuels de la pollution atmosphérique associés (en €$_{2010}$).

	Urbain Très dense	Urbain dense	Urbain	Urbain diffus	Interurbain	Hors IDF
Différence des distances parcourues annuellement (10^6 véh.km)	-218,2	-97,8	-46,5	-34,5	-5,0	-3,2
Coûts annuels associés millions €$_{2010}$ /an	-22,41	-2,73	-0,51	-0,29	-0,03	-0,02
	-25,99					

La diminution des distances parcourues grâce au projet de la Ligne 15 Sud permet ainsi une diminution des coûts de la pollution atmosphérique s'élevant à environ 25,99 millions €$_{2010}$ par an à l'horizon 2020.

[18] selon l'évolution de l'indice de consommation finale des ménages (Insee) +1.9% entre 2010 et 2020.

9.3 Coûts des accidents de la route

9.3.1 Méthodologie

Le calcul des coûts des accidents de la route se base sur les valeurs de la vie humaine et des blessés définies dans la Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transports. Selon cette note, les valeurs sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier pour l'année 2010

	Transport routier
Tué	3 000 000 €$_{2010}$
Blessé grave	375 000 €$_{2010}$
Blessé léger	15 000 €$_{2010}$
Accident	4 600 €$_{2010}$

Ces valeurs sont considérées comme évoluant au même rythme que la dépense de consommation finale des ménages par tête. Ainsi, les valeurs à l'horizon 2020 sont les suivantes :

Valeurs de la vie humaine et des blessés graves et légers du transport routier à l'horizon 2020

	Transport routier
Tué	3 621 288 €$_{2010}$
Blessé grave	452 661 €$_{2010}$
Blessé léger	18 106 €$_{2010}$
Accident	5 553 €$_{2010}$

L'impact du métro sur le nombre d'accidents a, quant à lui, été estimé sur base des distances parcourues par les véhicules routiers. Le nombre d'accidents et leur gravité étant largement dépendant du type de route, un taux a été défini pour trois différents types de routes : les autoroutes, les routes nationales (RN) et départementales (RD), et les routes d'agglomération.

Les taux d'accidents ont été calculés sur base des statistiques issues de l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière[19], et projetés à l'horizon 2020 selon une baisse annuelle du taux d'accidents de 5% jusqu'en 2025. Ils sont repris dans le tableau ci-dessous :

Taux d'accidents/blessés/tués par millions véh.km pour 2020 (source : projections : STRATEC, données 2005-2010 : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011))

Taux d'accidents/blessés/tués par millions de véh.km				
Type de route	Accidents	Blessés légers	Blessés graves	Tués
Autoroutes	0,0398	0,0370	0,0215	0,0014
RN + RD	0,1261	0,1172	0,0703	0,0047
Agglomération	0,2233	0,2076	0,0371	0,0025

9.3.2 Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2020

	Autoroutes	RN + RD	Agglomération
10^6 véh.km	-154,7	-194,9	-55,6

La combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et des taux d'accidents permet ainsi d'évaluer les impacts du projet sur les accidents de la route. Ces impacts permettent alors sur base des valeurs associées à la vie humaine et aux accidents de calculer les résultats suivant à l'horizon 2020 :

Impacts du projet sur les accidents de la route à l'horizon 2020 et coûts externes annuels associés.

	Accidents	blessés légers	blessés graves	tués
Différence du nombre annuel d'accidents corporels	-43	-40	-19	-1
Coûts externes associés Millions €$_{2010}$	- 0,24	-0,73	-8,64	-4,63
	-14,24			

Les résultats montrent que le projet engendre donc une diminution des accidents de la route en Ile-de-France correspondant à des gains annuels de plus de 14 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2020.

[19] Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière, La sécurité routière en France, bilan de l'année 2010, (2011)

9.4 Coûts des émissions de gaz à effet de serre

9.4.1 Méthodologie

Les résultats du groupe de travail présidé par A. Quinet sur la valeur tutélaire du carbone repris dans le rapport du Centre d'analyse stratégique (2013) permettent d'évaluer la valeur de la tonne équivalent CO_2. Il est important de noter que contrairement aux valeurs de pollution de l'air, de bruit ou des accidents, la valeur de la tonne de CO_2 n'a pas été définie selon une démarche coût-avantages en évaluant les dommages causés mais bien sur une démarche coût-efficacité en évaluant le niveau de taxation qui permettrait à la France de satisfaire aux engagements de Kyoto[20].

Les valeurs tutélaires du carbone recommandées par ce rapport et reprises dans le référentiel méthodologique pour l'évaluation des projets de transport sont détaillées dans le tableau suivant :

Valeur tutélaire d'une tonne de CO_2 selon le CAS (Valeur tutélaire du carbone, 2009)

	2010	2030	2050
Valeur en $€_{2010}$	32	100	200 (150-350)

La croissance de la valeur s'élève donc à 5.8% par an entre 2010 et 2030 puis de 4,5% après 2030. En tenant compte de cette évolution, la valeur de la tonne de carbone serait ainsi de 56,2$€_{2010}$ en 2020, 124,6$€_{2010}$ en 2035 et 241,2$€_{2010}$ en 2050.

9.4.2 Calcul des coûts

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en termes d'émissions totales évitées grâce au projet aux horizons, 2020, 2030, 2035 et 2050.

Emissions totales (cumul de toutes les années précédentes) induites ou évitées aux horizons 2020, 2035 et 2050 et coûts associés en millions d'euros$_{2010}$

année	Emissions de gaz à effet de serre induites ou évitées	Coûts associés Millions $€_{2010}$
2020	+ 656 690 $t_{éq}$ CO_2	+ 36,93
2030	-1 005 300 $t_{éq}$ CO_2	-100,53
2035	- 2 684 300 $t_{éq}$ CO_2	- 334,51
2050	- 7 590 300 $t_{éq}$ CO_2	-1 830,56

Les résultats montrent que les émissions de gaz à effet de serre nécessaires à la construction de l'infrastructure engendrent des coûts non négligeables évalués à approximativement 36,9 millions d'euros$_{2010}$ à l'horizon 2020. Cependant, les résultats aux années ultérieures montrent que cet « investissement » est largement et rapidement compensé par les émissions évitées dès sa mise en service. Ainsi, en 2035, ce sont 334 millions d'euros$_{2010}$ épargnés et en 2050, environ 1,8 milliards d'euros$_{2010}$ épargnés.

Les grandes différences entre les valeurs aux horizons 2020 et suivants proviennent essentiellement de l'amortissement plus ou moins étalé de la construction sur les années de fonctionnement.

9.5 Coûts des nuisances sonores

9.5.1 Méthodologie

Selon la méthodologie préconisée la Note technique du 27 juin 2014, la valorisation du bruit est fonction de la densité humaine, du type d'infrastructure et de la densité du trafic routier. Les coûts des nuisances sonores, en $€_{2010}$/1000véh.km, sont repris ci-dessous :

Valorisation du coût des nuisances sonores, en $€_{2010}$/1000véh.km, pour le mode routier

Type de peuplement	Type d'infrastructure	Coût marginal VL trafic peu dense	Coût marginal VL trafic dense
Rural	Autoroute	0,03	0,021
	Nationale ou départementale	0,12	0,108
	Communale	0,63	0,567
Semi-urbain	Autoroute	0,12	0,084
	Nationale ou départementale	0,20	0,18
	Communale	1,01	0,909
Urbain	Autoroute	0,34	0,238
	Nationale ou départementale	0,34	0,306
	Communale	1,89	1,701
Urbain dense	Autoroute	0,50	0,35
	Nationale ou départementale	0,55	0,495
	Communale	2,28	2,052
Urbain très dense	Autoroute	0,84	0,588
	Nationale ou départementale	1,01	0,909
	Communale	2,58	2,322

Ces valeurs évoluent comme le PIB par tête

[20] Instruction cadre relative aux méthodes d'évaluation économique des grands projets d'infrastructures de transport, 25 mars 2004 et mise à jour du 27 mai 2005 puis le 16 juin 2014

9.5.2 Calcul des coûts

L'analyse des impacts du projet sur les distances parcourues par types de route a permis de calculer les résultats suivants :

Différences des distances parcourues par les véhicules légers sur les différents types de routes en Ile-de-France entre le projet et la référence 2020 (véh.km)

	Autoroutes	RN + RD	Agglomération
Hors IDF (rural)	+ 629 963	-3 810 307	-2 705
Interurbain (rural)	-920 389	-4 102 801	-249
Urbain diffus (semi-urbain)	+ 7 434 374	-41 512 659	-423 315
Urbain	-19 762 817	-26 405 554	-323 311
Urbain dense	-43 385 119	-52 924 943	-1 458 599
Urbain très dense	-98 687 766	-66 101 462	-53 389 187

En tenant compte de l'augmentation de la dépense de consommation, la combinaison des différences de distances parcourues par les véhicules particuliers et de la valorisation du coût des nuisances sonores permet ainsi d'évaluer les résultats suivant à l'horizon 2020 :

Coûts externes annuels du bruit associés au projet à l'horizon 2020 en millions d'€$_{2010}$

	Agglomération	Autoroute	RN RD
Coûts externes associés 10^6 €$_{2010}$	-0,15	-0,09	-0,12
	-0,36		

Comme l'a montré l'analyse des impacts du projet sur le bruit sonores, les variations des flux de véhicules routiers ne sont pas susceptibles d'influencer de manière significative les niveaux de bruit. Les coûts externes associés sont donc logiquement faibles et représentent pour le projet un gain annuel de l'ordre de 360 000 euros.

9.6 Coûts de périurbanisation éludables

La croissance prévisible de la population et de l'emploi en Ile-de-France, accentuée par la mise en œuvre du projet, générera des besoins importants en surfaces de plancher. Afin d'être en mesure d'accueillir ces besoins, le parc bâti francilien devra nécessairement évoluer pour accroître l'offre en surfaces de plancher disponibles. Or, le taux de croissance du parc est aujourd'hui relativement faible dans les centres d'agglomérations où l'espace disponible est rare. C'est pourquoi, en l'absence de mesures restrictives d'usage du sol, il est attendu un report naturel des besoins de nouvelles constructions vers les franges urbaines périphériques et à une consommation progressive des espaces ruraux de seconde couronne et des régions limitrophes au profit d'un paysage d'habitat pavillonnaire.

Pour qu'un tel accroissement de populations puisse se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il est nécessaire que l'urbanisation future soit structurée par des opérations planifiées plus denses. Celles-ci devraient s'appuyer sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet. En effet, la mise en place d'une infrastructure de transport d'une telle envergure, en améliorant significativement l'accessibilité d'une partie du territoire, crée la polarisation requise et rend possible et attractive la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords.

Dans l'exercice d'évaluation des impacts du projet sur l'occupation du sol, il a été souligné, que, sous réserve des conditions nécessaires à une concentration des surfaces nouvelles à proximité du réseau de transport en commun, la mise en œuvre du projet aurait un impact très positif en matière de limitation de l'étalement urbain et, ce, à grande échelle. Il se traduirait notamment par la préservation de 1 470 ha d'espaces ouverts de l'urbanisation nouvelle.

L'objet de l'exercice proposé ici est de valoriser en termes financiers la participation du projet à la limitation de l'étalement urbain. Sont estimés ici les bénéfices potentiels imputables au Métro du Grand Paris et dus à ce que sa réalisation rend possible une urbanisation plus dense que celle qui se produirait sans projet. « Potentiels » car ces bénéfices ne seront visibles que si des mesures d'accompagnement visant à la densification aux abords des arrêts de transport en commun et au renouvellement du parc bâti ne sont mises en œuvre en parallèle du projet.

Les coûts externes liés à l'étalement urbain sont les coûts marginaux de la construction d'un nouveau bâtiment en termes de consommation d'espace, d'équipements, d'infrastructures et de services publics. Les coûts résultant de l'étalement urbain seront donc plus élevés dans un contexte urbain à faible densité que dans un environnement urbain dense. Ces coûts ne sont généralement pas couverts par les ménages ou l'activité qui les créent mais par la collectivité toute entière ; il s'agit ainsi de « coûts externes ».

Les coûts externes pris en compte dans ce bilan économique sont :

- Les coûts liés à la consommation des espaces ruraux situés en périphérie en lien avec la valeur monétaire que leur accordent les citoyens ;
- Les investissements d'extensions des voiries et réseaux divers (VRD) nécessaires à l'extension des zones d'habitat et d'activité ;
- Les suppléments de coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD causés par la dispersion des habitations dans les zones peu denses.

9.6.1 Consommations des espaces ruraux par l'urbanisation nouvelle

La valorisation de la préservation des espaces ruraux de l'urbanisation nouvelle s'inspire des valeurs monétaires estimées selon les recommandations du rapport « Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK » réalisé pour le Department for Environment, Food and rural Affairs du Royaume-Uni. Ce rapport analyse les évaluations de la disposition à payer pour la proximité d'espaces ouverts obtenues dans différents contextes et avec différentes méthodes et en tire des estimations à utiliser pour comparer des programmes de développement urbain dans les différentes villes du pays. Les valeurs par hectare ont été obtenues principalement par deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport.

La première méthode d'évaluation contingente (MEC) consiste à reconstituer un marché fictif (contingent) pour inciter les individus à révéler leurs préférences, c'est-à-dire la valeur qu'ils accordent à un milieu naturel, à son amélioration ou aux dommages qui lui ont été causés. De manière générale, il s'agit de « consentement à payer » (CAP). Sa mise en œuvre repose sur la réalisation d'enquêtes, auprès d'un échantillon représentatif de la population, au cours desquelles sont soumis aux personnes des scénarii fictifs destinés à les aider à formuler cette valeur. Le CAP reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

La seconde méthode d'évaluation par le coût de transport considère, quant à elle, que cette valeur est implicitement révélée par le temps consacré par les individus pour se rendre en visite à un site particulier (sa valeur monétaire est le plus souvent calculée en référence au salaire), auquel s'ajoutent les dépenses consenties (essence, etc.). L'évaluation donne lieu à des enquêtes auprès des personnes pratiquant les loisirs, qui peuvent être réalisées sur site ou hors contexte.

Selon cette étude, les surfaces économisées peuvent être classées en quatre catégories : milieu naturel et semi-naturel, agricole intensif, agricole extensif et forêts. Cette même étude a analysé les évaluations de la disposition à payer des habitants pour la proximité d'espaces ruraux dans différents contextes et avec deux méthodes : l'évaluation contingente (ou préférences déclarées) et l'évaluation par le coût de transport. Les valeurs par hectare obtenues sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ces estimations sont le prix que les citoyens seraient prêt à payer collectivement chaque année pour préserver l'usage existant de ces espaces périphériques.

Consentement à payer annuellement par hectare de frange urbaine par les citoyens selon la frange urbaine considérée (Source : Study into the environmental impacts of increasing the supply of housing in the UK, Department for environment food and rural affairs, Appendix K, April 2004)

Type de frange urbaine	Consentement à payer annuel par hectare ($€_{2010}$)	Etude de référence[21]	Méthode d'évaluation utilisée
Milieu naturel et semi-naturel	2 409	Hanley & Spash (1993)	MEC - MECT
Agricole intensif	149	Bowker & Diychuck (1994)	MEC
Agricole extensif	1 172	Willis et al (1995)	MEC
Forêts	3 766	Bishop (1992)	MEC

MEC : méthode d'évaluation contingente – MECT : méthode d'évaluation par le coût de transport

Nota : le « consentement à payer » issu de la méthode d'évaluation contingente reste une donnée soumise à discussion qui doit alimenter le débat. En effet, les résultats de la MEC peuvent être biaisés par le caractère fictif du questionnaire mais aussi par le niveau de connaissance et d'informations des personnes interrogées. Toutefois, cette méthode reste actuellement, avec l'analyse conjointe, la seule qui puisse estimer, en termes monétaires, la plupart des valeurs de non-usage.

Pour exploiter ces estimations dans le cadre du projet, il est fait l'hypothèse que l'extension de l'urbanisation à la périphérie de Paris consommera les espaces naturels agricoles et forestiers dans les mêmes proportions que celles observées en Ile-de-France entre 1996 et 2007[22], soit 84,9 % de terres agricoles[23], 14,5 % d'espaces naturalisés et 0,6% de boisements. A partir de cette hypothèse, une valeur annuelle moyenne pondérée de l'hectare préservé de 522$€_{2010}$/ha/an est retenue.

Ainsi, à l'horizon de la mise en service complète du projet (2020), l'économie d'espaces ruraux urbanisés réalisée grâce au projet évaluée à -1 470 ha, correspond à une valeur de 767 340 euros$_{2010}$ par an en faveur du projet. Ces gains continueront à croître avec le temps et devraient s'élever à - 1 833 264 euros annuellement à l'horizon 2030.

Remarque : ces estimations monétaires ont été obtenues à partir d'une évaluation basée sur le transfert de données issues d'une méthode d'évaluation contingente et d'une évaluation par le coût de transport réalisées durant les années 90 dans un contexte anglo-saxon, différent de celui de l'Ile-de-France.

9.6.2 Investissement de voiries et réseaux divers économisés pour l'urbanisation nouvelle

La consommation des espaces non bâtis nécessaires à la construction des surfaces de plancher pour l'accueil des populations et des emplois nouveaux va nécessiter des coûts de viabilisation qui dépendront du parcellaire construit. Il a en effet été souligné dans l'analyse des impacts sur la population, l'emploi et l'occupation des sols que le coefficient d'occupation du sol utilisé lors de la construction du bâti influençait la longueur des Voiries et Réseaux Divers (VRD) à mettre en œuvre pour le viabiliser : égouts, éclairage, voirie, réseaux d'assainissement, etc. De manière générale, la diffusion périurbaine a pour conséquence de dédensifier les formes d'habitats et d'activités et de disperser les bâtis sur de très vastes étendues territoriales.

En raison de ces processus, il est donc nécessaire, pour desservir un même nombre de ménages et d'activités, que les longueurs des infrastructures et des réseaux augmentent. Suite à cet allongement, des surcoûts de viabilisation à la construction apparaissent donc.

Le tableau suivant montre des estimations de coûts primaires moyens d'équipements pour trois types de parcelles dans un lotissement (avec création de voirie) en fonction de leur largeur à front de voirie : respectivement 7, 20 et 30 mètres. D'après ces chiffres, les coûts de viabilisation s'élèvent à approximativement 180 000$€_{2010}$ par hectare.

[21] Voir détails de ces références dans la partie « Bibliographie »

[22] Source : Direction régionale et interdépartementale de l'équipement et de l'aménagement Ile-de-France. Observation de la consommation des espaces agricoles et naturels en Ile-de-France et en Essonne entre 2004 et 2007.

[23] Par défaut : 90% d'intensif, 10% d'extensif

Estimation du coût primaire moyen d'équipement (en € 2008) de trois types de parcelles dans un lotissement avec création de voirie (largeurs à front de voirie de 7, 20 et 30 m) (Source : Etalement urbain et services collectifs : les surcoûts d'infrastructures liés à l'eau, J.M. Halleux, J.M. Lambotte, 2008, p.28)

	Coût unitaire	Part	*7 m*	*20 m*	*30 m*
Coûts « variables »					
Électricité (2 côtés)	35 € m	1	245 €	700 €	1 050 €
Éclairage public (1 côté)	62 € m	½	217 €	620 €	930 €
Eau (2 côtés)	100 € m	1	700 €	2 000 €	3 000 €
Incendie (1 côté)	10 € m	½	35 €	100 €	150 €
Gaz (2 côtés)	37 € m	1	259 €	740 €	1 110 €
Voirie (6 m de large) (commune aux 2 côtés) avec égout complet sans égout	 495 € m 320 € m	 ½ ½	 1 733 € 1 120 €	 4 950 € 3 200 €	 7 425 € 4 800 €
Total coûts variables (maisons des deux côtés de la voirie)			**3 190 €**	**9 110 €**	**13 660 €**
Coûts « fixes » (y compris raccordements)					
Électricité	185 € parcelle (cabine de transformation)				
Eau	1 100 € parcelle (raccordement)				
Gaz	40 € parcelle (poste de transformation) 745 €/parcelle (raccordement)				
Total (coûts variables et coûts fixes)			**5 260 €**	**11 180 €**	**15 730 €**

Le projet devrait induire une réduction des VRD nouvellement construits qui représente un coût d'approximativement 265 millions d'euros à l'horizon 2020, croissant jusqu'à environ 632 millions d'euros à l'horizon 2030. En posant l'hypothèse qu'en moyenne 60% des coûts d'investissements ne sont pas supportés par l'occupant mais par la collectivité, il est alors possible d'en déduire les coûts externes de l'étalement urbain en termes de viabilisation de l'urbanisation nouvelle. Ceux-ci s'élèvent respectivement à 159 millions d'euros à l'horizon 2020 et 379 millions d'euros à l'horizon 2030.

9.6.3 Coûts d'exploitation des services publics et de rénovation des VRD

Aux gains de viabilisation précédemment calculés s'ajoutent les gains annuels en termes de services publics collectifs. Plus précisément, la mise en œuvre du projet va permettre d'épargner annuellement des surcoûts créés :

- D'une part, par la **maintenance et le renouvellement des VRD**. Si les ménages occupants peuvent être sollicités pour couvrir une partie des coûts de viabilisation, ils ne sont pas tenus de couvrir les coûts liés à l'entretien ou à la réparation des réseaux. Dès lors, ce sont soit les distributeurs (qui répercutent ces frais via la facturation auprès des usagers) soit les autorités communales (qui se servent de l'argent des contribuables) qui couvrent le financement de ces charges récurrentes ;

- Et, d'autre part, par l'**exploitation des services publics** qui desservent les zones d'habitat et d'activité (distribution du courrier, ramassage des ordures, transports en commun, etc.). En effet, *« à chaque service collectif correspond un surcoût influence par son coût social global, c'est-à-dire le coût réel supporté par l'ensemble de la collectivité. En effet, toutes choses étant égales par ailleurs, les surcoûts générés seront évidemment d'autant plus importants que le secteur considéré est important »*[24]. Le type d'urbanisation (dense ou diffuse) influence la longueur des déplacements, mais aussi le choix du mode de transport utilisé, la fréquence des trajets ou encore la nature et la quantité des biens transportés par les services publics collectifs, ce qui joue aussi sur les coûts d'exploitation de ces services.

Par hypothèse, ces coûts récurrents ont été fixés à 10% du montant total initial des coûts de viabilisation. Cela représente donc des coûts externes de l'étalement urbain en termes d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD préservés grâce au projet de l'ordre de 26 millions d'euros annuellement à l'horizon 2020 et 63 millions d'euros à l'horizon 2030.

9.7 Synthèse des coûts collectifs

Les résultats des différents coûts collectifs sont résumés dans le tableau suivant. Ces résultats montrent que les gains liés aux émissions de gaz à effet de serre et à la périurbanisation éludables dominent largement. Les gains liés aux pollutions atmosphériques et aux accidents de la route sont proportionnellement beaucoup plus faibles tandis que les coûts liés aux nuisances sonores sont pratiquement négligeables.

Synthèse des coûts collectifs

	Pollution atmosphérique (2020)	Accidents de la route (2020)	Nuisances sonores (2020)	Gaz à effet de serre	Coûts de périurbanisation éludable (2020)	
Coûts externes	-25,99 M€/an	-14,2 M€/an	-0,36 M€/an	2020 + 36,9 M€	Consommation des espaces ruraux	0,77 M€/an
				2035 -334,5 M€	Coûts de viabilisation	159 M€
				2050 -1 830,6 M€	Coûts d'exploitation des services publics et d'entretien des VRD	26 M€/an

Ceci illustre, à nouveau, l'importance d'intégrer la construction d'une telle infrastructure de transport en commun dans une stratégie politique complète de développement territorial et de mettre en place des mesures d'accompagnement adéquates pour favoriser le développement d'une structure urbaine plus durable.

[24] *Les surcoûts des services publics collectifs liés à la périurbanisation : les réseaux d'infrastructures et les services de desserte. S.E.G.E.F.A, Université de Liège, mars 2000*

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION (CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

PIÈCE **B.5**

Étude d'impact de la ligne 15 Sud (rouge)

Annexes

Sommaire

1 Annexe 1 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Marne du pont de l'A4 à l'Ile d'Amour et du Port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort 7

1.1 Contexte et objet de l'étude 9

1.1.1 Contexte général 9

1.1.2 Contexte réglementaire 11

1.1.3 Code de l'environnement et Loi sur l'eau 14

1.1.4 Doctrine DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux » 16

1.1.5 Objet de l'étude 16

1.2 Contexte hydrologique et hydraulique 16

1.2.1 Hydrologie de la Marne 16

1.2.2 Fonctionnement hydraulique 19

1.2.3 Définition des classes d'impact 19

1.3 Modélisation hydraulique 20

1.3.1 Généralités 20

1.3.2 Construction du modèle hydraulique – Etat de référence 21

1.3.3 Régime de simulation 27

1.3.4 Calage du modèle hydraulique – Etat de référence 27

1.3.5 Test de sensibilité 29

1.4 Incidences hydrauliques du projet – Marne amont 30

1.4.1 Etat de référence 30

1.4.2 Phase chantier 36

1.4.3 Phase exploitation 39

1.4.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques – Marne amont 42

1.5 Incidences hydrauliques du projet – Marne aval 42

1.5.1 Etat de référence 42

1.5.2 Phase chantier 50

1.5.3 Phase exploitation 53

1.5.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques – Marne amont 57

1.6 Mise en œuvre de mesures de réduction et/ou de compensation 57

1.6.1 Mesures générales de limitation des impacts 57

1.6.2 Compensation des volumes prélevés à la crue 57

1.6.3 Conformité et compatibilité des aménagements sur le secteur de la boucle de la Marne à Saint-Maur-des-Fossés 59

2 Annexe 2 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais 63

2.1 Contexte et objet de l'étude 65

2.1.1 Contexte général 65

2.1.2 Contexte réglementaire 67

2.1.3 Objet de l'étude 72

2.2 Contexte hydrologique et hydraulique 72

2.2.1 Hydrologie de la Seine 72

2.2.2 Fonctionnement hydraulique 75

2.2.3 Définition des classes d'impact 75

2.3 Modélisation hydraulique 76

2.3.1 Généralités 76

2.3.2 Construction du modèle hydraulique – Etat de référence 77

2.3.3 Régime de simulation 80

2.3.4 Calage du modèle – Etat de référence 80

2.3.5 Test de sensibilité 81

2.4 Incidences hydrauliques du projet 82

2.4.1 Etat de référence 82

2.4.2 Phase chantier 90

2.4.3 Phase exploitation 107

2.4.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques 124

2.5 Mise en œuvre de mesures de réduction et/ou de compensation 124

2.5.1 Mesures générales de limitation des impacts 124

2.5.2 Compensation des volumes prélevés à la crue 125

2.5.3 Conformité et compatibilité des aménagements de la Ligne 15 sud sur le secteur de Vitry-sur-Seine 130

3 Annexe 3 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont du Garigliano à la passerelle de l'Avre 133

3.1 Contexte et objet de l'étude 135

3.1.1 Contexte général 135

3.1.2 Contexte réglementaire 137

3.1.3 Objet de l'étude 141
3.2 Contexte hydrologique et hydraulique 141
3.2.1 Hydrologie de la Seine 141
3.2.2 Fonctionnement Hydraulique 144
3.2.3 Définition des classes d'impact 144
3.3 Modélisation Hydraulique 145
3.3.1 Généralités 145
3.3.2 Construction du modèle hydraulique – Etat de référence 146
3.3.3 Régime de simulation 150
3.3.4 Calage du modèle hydraulique – Etat de référence 150
3.3.5 Test de sensibilité 152
3.4 Incidences hydrauliques du projet 153
3.4.1 Etat de référence 153
3.4.2 Phase Chantier 163
3.4.3 Phase Exploitation 178
3.4.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques 191
3.5 Mise en œuvre de mesures de réduction des incidences sur les lignes d'eau en phase chantier 191
3.5.1 Définition et modélisation de la phase chantier modifiée 191
3.5.2 Incidences de la phase chantier modifiée 192
3.5.3 Conclusion concernant la mesure de réduction des impacts en phase travaux 195
3.6 Mise en œuvre de mesures de réduction et/ou de compensation 195
3.6.1 Mesures générales de limitation des impacts 195
3.6.2 Compensation des volumes prélevés à la crue 196
3.6.3 Conformité et compatibilité des aménagements de la ligne 15 Sud sur le secteur de Pont de Sèvres 207
3.7 Crues exceptionnelles 211
3.7.1 Descriptifs des zones inondées en fonction de la crue exceptionnelle simulée 211
3.7.2 Présentation des résultats 211

4 Annexe 4 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique de la boucle de Boulogne-Billancourt (92) 221
4.1 Résumé et auteurs de l'étude 223
4.1.1 Résumé 223
4.1.2 Auteurs de l'étude 223
4.2 Description de la zone d'étude et du projet 224
4.2.1 Hydrographie 224
4.2.2 Géologie 224
4.2.3 Hydrogéologie 229
4.2.4 Description du projet de métro et de ses impacts potentiels 236
4.3 Modèle hydrogéologique de la boucle de Boulogne 239
4.3.1 Modèle conceptuel et limites du domaine 239
4.3.2 Modèle géologique 240
4.3.3 Maillage du modèle hydrogéologique 240
4.3.4 Calage en régime permanent 244
4.3.5 Calage en régime transitoire 246
4.3.6 Sensibilité du modèle 247
4.3.7 Simulation de l'impact du projet en phase chantier 248
4.3.8 Simulation de l'impact du projet en phase définitive 254
4.4 Conclusions 261
4.4.1 Impacts du projet de métro sur la piézométrie et les écoulements de la nappe du complexe alluvions-craie 261
4.4.2 Incertitudes et recommandations 261
4.5 Bibliographie 262

5 Annexe 5 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique du territoire traversé par ligne 15 sud entre les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre 263
5.1 Résumé et auteurs des études 265
5.1.1 Résumé 265
5.1.2 Auteurs de l'étude 266
5.2 Introduction 266
5.3 Description de la zone d'étude et du projet 267
5.3.1 Hydrographie 267
5.3.2 Géologie 267
5.3.3 Hydrogéologie 275
5.3.4 Description du projet de métro et de ses impacts potentiels 287
5.4 Modèle hydrogéologique 290
5.4.1 Modèle conceptuel et limites du domaine 290
5.4.2 Modèle géologique 293

5.4.3 Maillage du modèle hydrogéologique 294
5.4.4 Calage en régime permanent 298
5.4.5 Calage en régime transitoire 314
5.5 Simulations 317
5.5.1 Principe et méthodologie 317
5.5.2 Simulation de l'effet barrage (phase définitive) 333
5.6 Conclusions 336
5.7 Bibliographie 337

6 Annexe 6 : Fiches de résultats détaillés des campagnes de mesures des niveaux de bruit réalisées au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud 339

7 Annexe 7 : Charte environnement des chantiers 361

8 Annexe 8 : Politique Qualité Sécurité Environnement 373

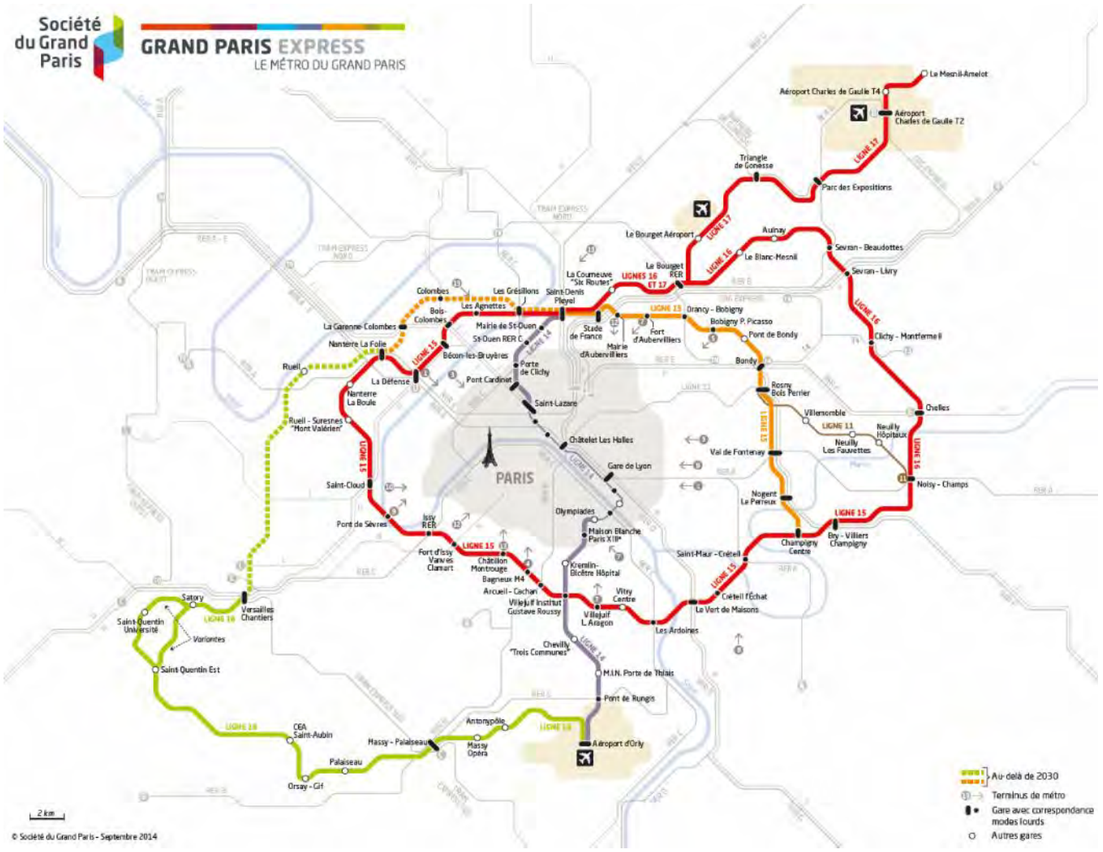
9 Annexe 9 : Fiches sondages zones humides 383

1 Annexe 1 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Marne du pont de l'A4 à l'Ile d'Amour et du Port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort

1.1 Contexte et objet de l'étude

1.1.1 Contexte général

Le Grand Paris est un projet d'aménagement à l'échelle de la métropole francilienne ayant pour objectif d'améliorer le cadre de vie des habitants, de corriger les inégalités territoriales et de construire une ville durable. Ce projet prévoit la création d'un nouveau réseau de métro : le Grand Paris Express. Ce nouveau réseau porte sur l'extension du réseau existant et sur la création de 4 nouvelles lignes de métro automatique (cf. illustration ci-dessous).



Carte 1 : Projet du Grand Paris Express (Source : Société du Grand Paris, Septembre 2014)

La ligne 15 est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une rocade proche de Paris d'une longueur d'environ 75 km. Il s'agit d'un métro totalement souterrain qui reliera 36 nouvelles gares. Cette rocade est composée de trois tronçons dont la mise en service s'échelonne dans le temps :

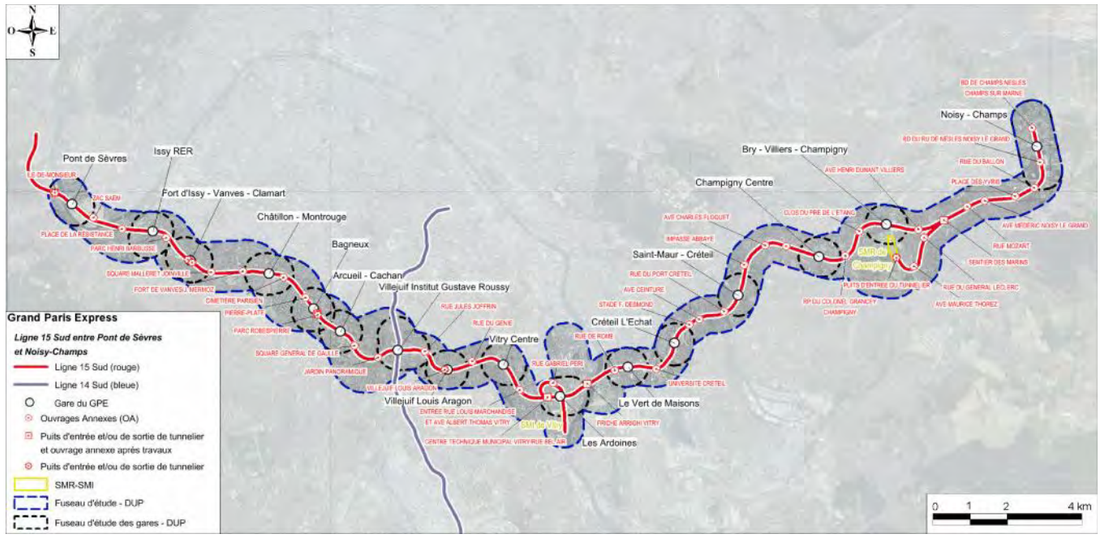
- La Ligne 15 Sud (environ 33 km), sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris (SGP), qui relie la gare de Pont de Sèvres et celle de Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022),

- La Ligne 15 Ouest (environ 21 km), sous maîtrise d'ouvrage SGP, qui relie la gare de Pont de Sèvres à celle de Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027),

- La ligne 15 Est (environ 24 km), sous maîtrise d'ouvrage Stif, qui relie la gare de Saint-Denis Pleyel à celle de Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030).

Ainsi, à l'horizon 2022, le tronçon Sud de la Ligne 15 reliera les gares de Noisy-Champs et Pont de Sèvres sur un linéaire de 33 km en 35 minutes. La totalité des 16 gares de la Ligne 15 Sud seront en correspondance avec les lignes de RER, de métro, de tramway et/ou de transport en commun en site propre.

Cette ligne sera dotée d'un Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) situé au sud du secteur des Ardoines sur la commune de Vitry-sur-Seine et d'un Site de Maintenance et Remisage (SMR) sur la commune de Champigny-sur-Marne.

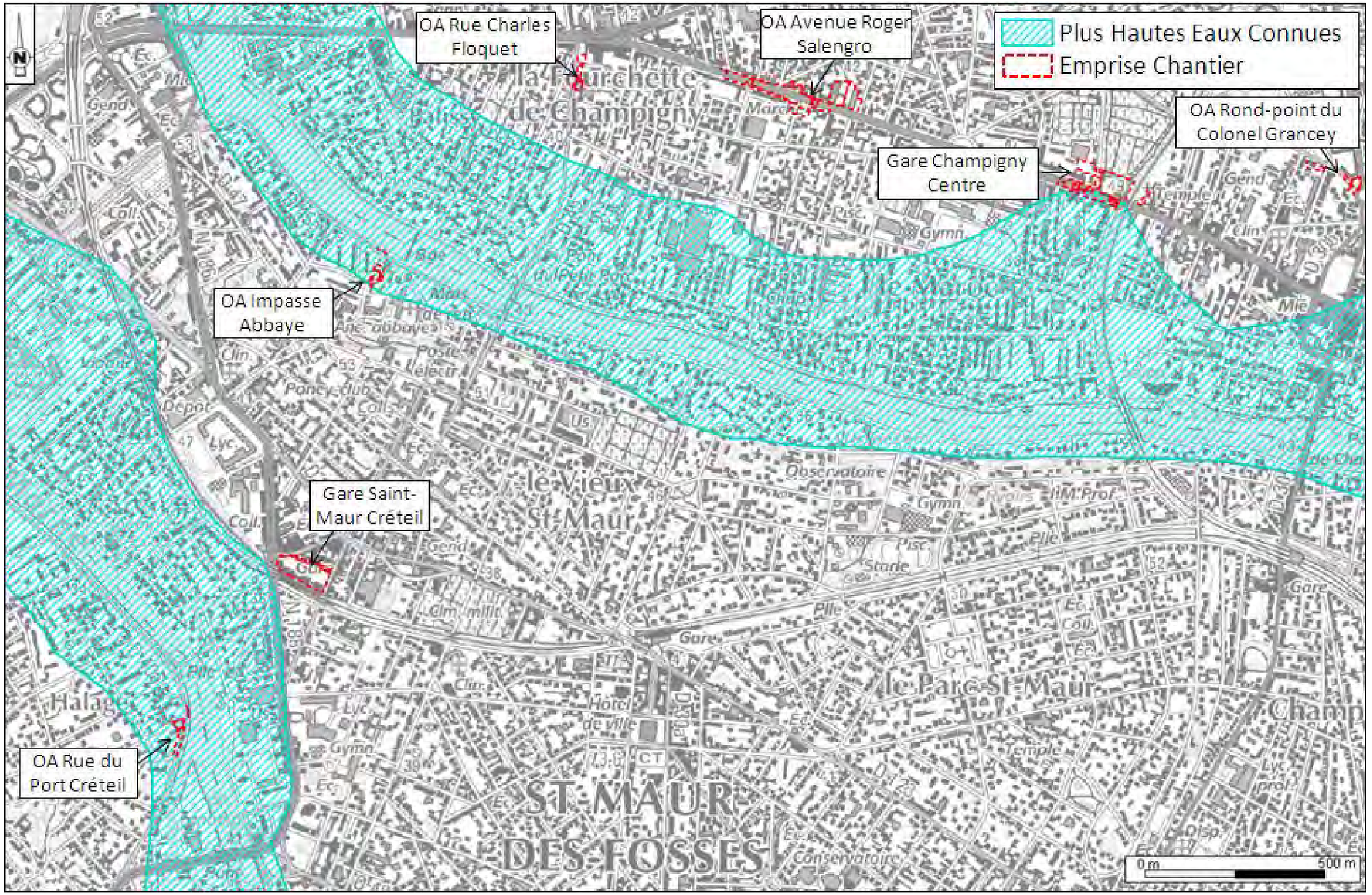


Carte 2 : Ligne 15 Sud du Grand Paris Express (Source : BURGEAP/BIOTOPE, 2014)

Le tracé de la ligne 15 Sud traverse trois cours d'eau :

- la Seine sur le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville et le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt,
- la Marne sur le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés,
- la Bièvre pour le secteur Arcueil-Cachan.

La présente étude porte sur le secteur de la boucle de la Marne à Saint-Maur-des-Fossés au droit duquel 2 ouvrages annexes et une gare sont présents en zone inondable d'après la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) (cf. cartographie suivante).



Carte 3 : Extrait de la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues (Source : CARMEN)

1.1.2 Contexte réglementaire

1.1.2.1 Le Plan de Prévention des Risques Inondation du Val-de-Marne (PPRI 94)

Sur le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés, le projet est concerné par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du Val de Marne.

Ce PPRI concerne 24 communes du Val-de-Marne. Il a été prescrit par arrêté préfectoral du 20 avril 1998, approuvé par arrêté préfectoral du 28 juillet 2000, puis modifié par arrêté préfectoral du 12 novembre 2007.

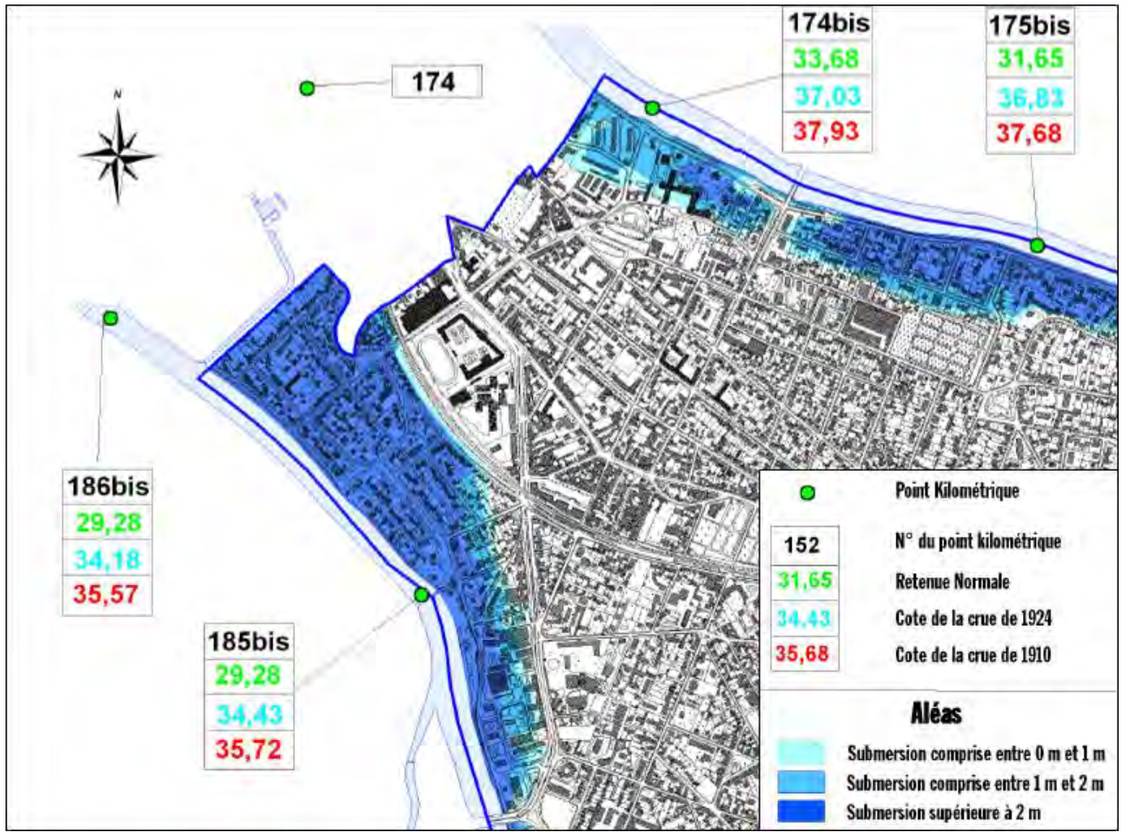
Compte tenu de l'importance des contraintes imposées par celui-ci, les acteurs locaux ont souhaité que l'aléa hydraulique sur les terrains situés en zone inondable soit approfondi, afin de déterminer avec plus de précision les vitesses d'écoulement pour justifier et affiner la délimitation des zones inondables. Une étude de grand écoulement a donc été engagée en février 2002 et confiée au bureau d'études SAFEGE. Les résultats de cette étude hydraulique ont conduit le Préfet du Val-de-Marne à prescrire, par arrêté préfectoral n° 2003-1208 du 4 avril 2003, la révision du PPRI.

Trois niveaux d'aléas ont été retenus :

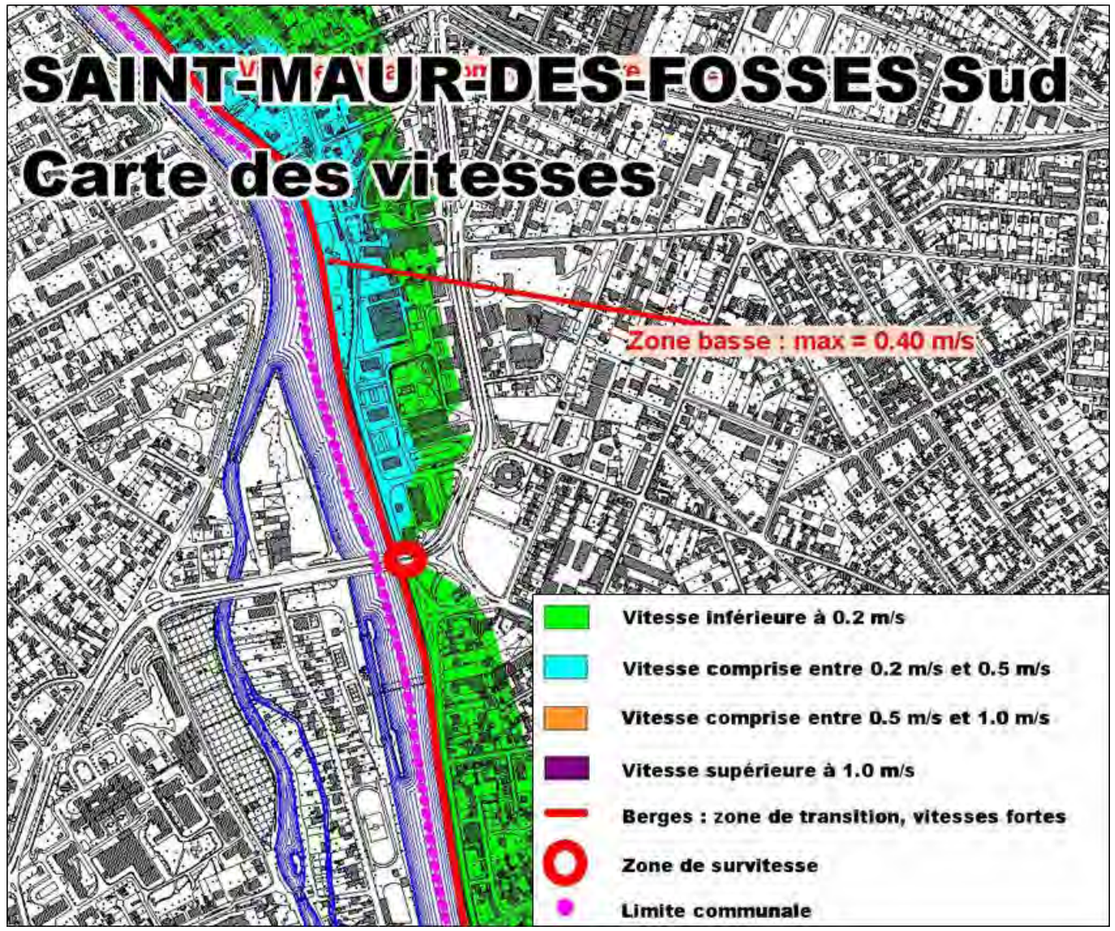
- aléas très forts correspondant à des hauteurs de submersion de plus de deux mètres ;
- aléas forts correspondant à des hauteurs de submersion comprises entre 1 et 2 mètres ;
- autres aléas correspondant à des hauteurs de submersion inférieures à 1 mètre.

Le PPRI définit également des zones de grand écoulement exposées à la fois à des hauteurs d'eau importantes (supérieures à un mètre) et à des vitesses supérieures à 0,5 m par seconde.

Les cartes 4 et 5 présentent des extraits des cartes d'aléas « hauteur d'eau » et « vitesse » de la commune de Saint-Maur-des-Fossés dans le Val-de-Marne.



Carte 4 : Extrait de la carte de l'aléa « hauteur d'eau » sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés du Val-de-Marne (source : PPRI 94)



Carte 5 : Extrait de la carte de l'aléa « vitesse » sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés du Val-de-Marne (source : PPRI 94)

Le zonage réglementaire issu de cette confrontation comprend au total sept zones :

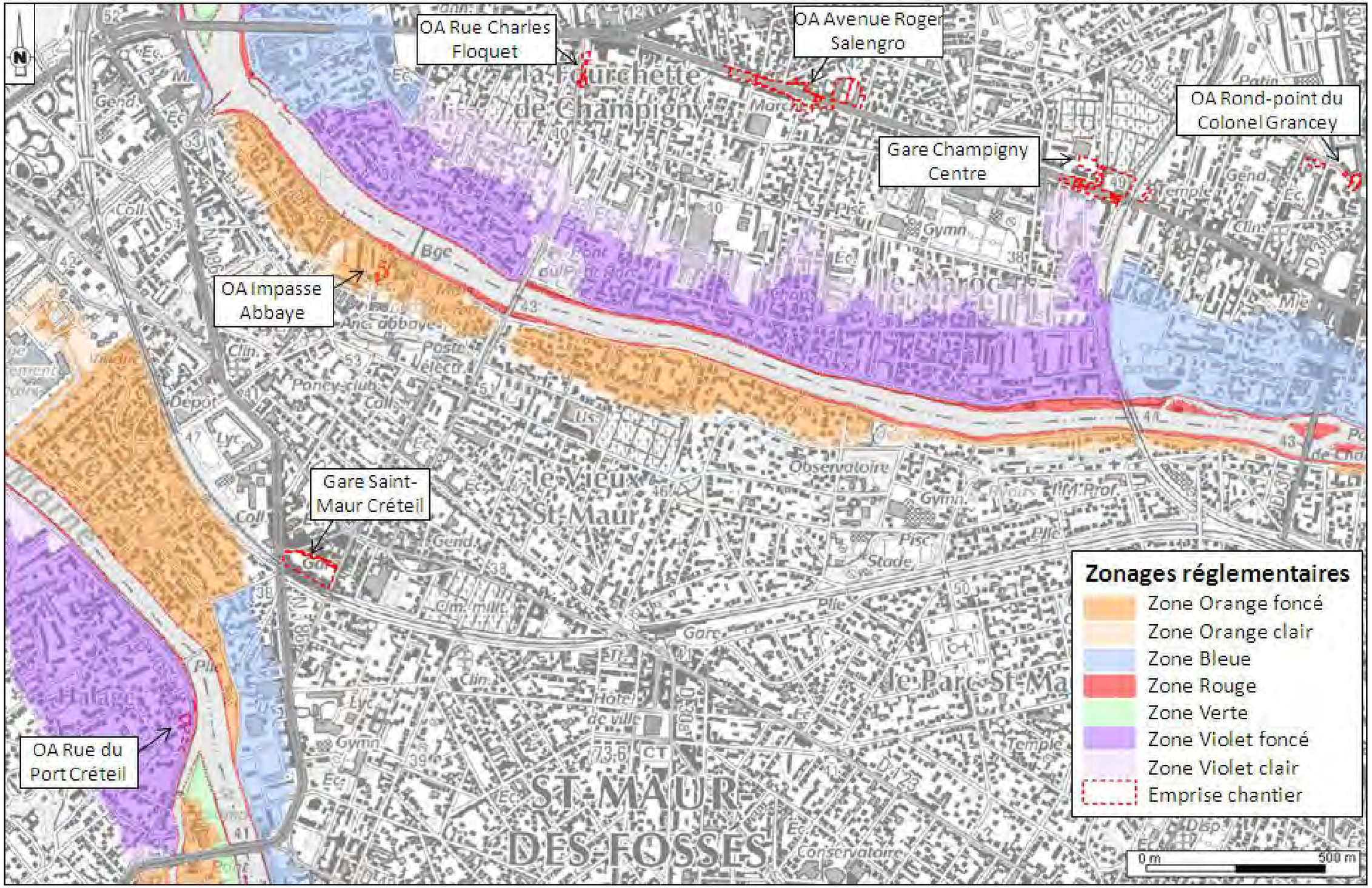
- les zones rouges, qui correspondent aux zones de grand écoulement ;
- les zones vertes, qui correspondent :
  - o d'une part, aux zones naturelles d'espaces verts, de terrains de sports, de loisirs ou de camping ayant vocation à servir de zone d'expansion des crues,
  - o d'autre part, aux zones définies dans les documents d'urbanisme comme zones à préserver pour la qualité du site et du paysage existant ;
- les zones orange foncé, qui correspondent aux autres espaces urbanisés (hors zone de grand écoulement), en aléas forts ou très forts ;
- les zones orange clair, qui correspondent aux autres espaces urbanisés, en autres aléas ;
- les zones violet foncé, qui correspondent aux zones urbaines denses (hors zone de grand écoulement), en aléas forts ou très forts ;
- les zones violet clair, qui correspondent aux zones urbaines denses, en autres aléas ;
- les zones bleues, qui correspondent aux centres urbains.

Au droit du secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés, 2 sites sont concernés par le zonage réglementaire du PPRI 94 :

- l'ouvrage annexe OA[1] Rue du Port Créteil est situé en zone violet foncé,
- l'ouvrage annexe OA Impasse Abbaye est situé en zone orange foncé.

La carte suivante présente les positions des emprises du projet en phase chantier au droit du secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés par rapport au zonage réglementaire du PPRI 94.

[1] Ouvrage Annexe



Carte 6 : Extrait de la carte des zonages réglementaires du PPRI du Val-de-Marne (Source : PPRI 94)

1.1.2.2 Le Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) de la métropole francilienne

Le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés est concerné par le Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) « Métropole francilienne ».

Les TRI découlent de l'application de la directive « inondation », qui fixe une méthode de travail permettant aux territoires exposés au risque d'inondation de travailler à réduire ses conséquences négatives.

Sur le bassin Seine-Normandie, comme sur les autres bassins, cette méthode s'articule autour de trois grands objectifs, auxquels sont associés des délais de réalisation :

- l'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) constituant un diagnostic global à l'échelle du bassin Seine-Normandie ;
- l'établissement de cartes des zones inondables et des risques d'inondation pour les crues de faible, moyenne et forte probabilité à l'échelle des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) (arrêté d'approbation du 20 décembre 2013). Le choix des TRI a été arrêté le 27 novembre 2012 pour le bassin Seine-Normandie ;
- l'élaboration d'un Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) à l'échelle du bassin Seine-Normandie présentant les objectifs de gestion du risque inondation fixés et les mesures retenues pour les atteindre (échéance décembre 2015).

La directive introduit donc une nouvelle obligation en droit français : réduire les conséquences négatives de tous les types d'inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.

1.1.2.3 Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

La ligne 15 Sud est concernée dans sa totalité par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Il s'agit d'un document de planification de la ressource en eau.

Il permet, à la suite d'un état des lieux, de fixer pour six années les orientations et actions pour atteindre les objectifs de qualité et de quantité pour chaque masse d'eau.

Le SDAGE a valeur réglementaire et est opposable aux documents d'urbanisme et aux décisions administratives dans le domaine de l'eau. Il est complété par un plan d'actions, dit « programme de mesures » (PDM), élaboré par l'Etat.

Approuvé fin 2009, le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2010-2015 comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau.

Le défi n°8 a pour objectif de limiter et de prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation […], et, d'autre part de ne pas aggraver l'aléa […]. Il faut systématiquement privilégier la prévention plutôt que la protection qui peut aggraver la situation en amont de la zone protégée et pénaliser les milieux aquatiques.

Les principales orientations de ce défi liées au risque d'inondation sont :

- l'orientation 30 : « Réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ». Elle contient, notamment, la disposition 134 : « Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable » ;
- l'orientation 31 : « Préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues », avec, notamment, la disposition 139 : « Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues ».

Une révision du SDAGE pour la période 2016-2021 est en cours pour une adoption prévue en décembre 2015. L'état des lieux du SDAGE a ainsi été validé en décembre 2013.

1.1.2.4 SAGE Marne Confluence

Le fuseau d'étude comprend une partie du territoire couvert par le SAGE Marne Confluence sur le tiers est de son parcours, de Saint-Maur-des-Fossés à Champs-sur-Marne.

Le SAGE est en cours d'élaboration. Le diagnostic a été validé en mars 2013 et les tendances et scénarios en février 2014. La validation du choix de la stratégie a été adoptée par la Commission Locale de l'Eau (CLE) en novembre 2014.

L'arrêté d'approbation du SAGE est prévu pour le second semestre 2016.

La structure porteuse est le Syndicat Marne Vive, basé à Saint-Maur-des-Fossés.

Les quatre grandes orientations pour le SAGE sont les suivantes :

- l'aménagement durable dans un contexte de développement urbain ;
- la valorisation du patrimoine naturel et paysager de la Marne et de ses affluents ;
- la conciliation des différents usages de l'eau ;
- la qualité des eaux et des milieux aquatiques.

1.1.3 Code de l'environnement et Loi sur l'eau

Ce que l'on appelle couramment Loi sur l'eau est en fait codifié depuis 2009 dans le Code de l'Environnement aux articles L214-1 et suivants.

Une nomenclature des installations, ouvrages, travaux et aménagements (iota) a été élaborée pour définir les seuils et les procédures dont relèvent ces iotas. Elle fait l'objet de l'article R214-1 du Code de l'Environnement.

La rubrique de cette nomenclature relative aux lits mineur et majeur d'un cour d'eau et concernée par le projet au droit de la boucle de Saint-Maur-des Fossés est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Position du projet vis-à-vis du titre 3 de la nomenclature de la loi sur l'eau

Rubrique	Intitulé	Critère	Régime	Projet au droit de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés
Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique				
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m²	Autorisation	Deux zones concernées pour toute la ligne 15 Sud : - Ile Monsieur – Issy RER (exclue) : lit majeur de la Seine - Ardoines – Saint Maur Créteil (exclue) : lit majeur de la Seine et lit majeur de la Marne Pour chaque gare, la surface soustraite à la crue dépasse 400 m². La surface cumulée de tous les ouvrages dépasse 10 000 m². Le SMI Vitry dépasse à lui seul 10 000 m².
		2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m²	Déclaration	

1.1.4 Doctrine DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux »

La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie d'Ile de France (DRIEE IF) a émis une doctrine, mise à jour en octobre 2010, afin de présenter aux pétitionnaires les préconisations concernant les aménagements présentant un impact sur le libre écoulement des eaux.

Cette doctrine présente, entre autre :

- les éléments réglementaires de référence,
- des éléments techniques sur les crues, les impacts potentiels,
- les éléments attendus dans l'étude des impacts,
- les préconisations de la DRIEE en matière de mesures compensatoires.

Par ailleurs, cette doctrine demande à ce que le pétitionnaire produise une étude hydraulique permettant l'évaluation des impacts pour l'établissement des mesures correctives et/ou compensatoire de son projet.

Cette doctrine a servi de ligne directrice à la rédaction du présent rapport.

1.1.5 Objet de l'étude

Compte tenu des caractéristiques du projet, ce dernier nécessite l'élaboration d'un dossier d'autorisation au titre de la Loi sur l'eau. Dans le cadre de ce dossier, une étude hydraulique permettant d'évaluer les incidences du projet sur le fonctionnement hydraulique de la Marne est nécessaire.

Cette étude a donc pour vocation de caractériser les impacts du projet vis-à-vis du risque inondation pour le secteur de la boucle de la Marne à Saint-Maur-des-Fossés. Compte tenu du périmètre du projet (plusieurs ouvrages sont référencés en zone inondable au niveau de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés), deux modélisations hydrauliques ont été réalisées sur la Marne.

Ce rapport présente donc les caractéristiques des modèles numériques réalisés et les incidences des phases travaux et exploitation du projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau lors de différentes crues de la Marne.

1.2 Contexte hydrologique et hydraulique

1.2.1 Hydrologie de la Marne

1.2.1.1 Le bassin versant de la Marne

La Marne est la plus longue rivière française (506 km). Elle prend sa source en Haute-Marne (52), sur le plateau de Langres.

La Marne se jette dans la Seine entre Charenton-le-Pont et Alfortville, toutes deux communes du Val-de-Marne, à moins de 2 km au nord du fuseau d'étude.

La Marne est un cours d'eau de plaine, caractérisé par de nombreux méandres. Ces derniers ont donné naissance aux « boucles de Marne » dans le Val-de-Marne, dont celle de Saint-Maur-des-Fossés.

Le bassin versant de la Marne s'étend sur 12 700 km². Ses principaux affluents sur sa partie aval sont le Petit Morin et le Grand Morin, situés en rive gauche et la rivière l'Ourcq en rive droite.

Au droit du secteur d'étude, la Marne est navigable et aménagée. Toutefois, la Marne n'est pas navigable entre Neuilly-sur-Marne et Vaires-sur-Marne, en amont du barrage de Noisiel. Sur ce tronçon, la navigation passe par le canal de Chelles, parallèle à la rivière et long de 8,5 km.

Plusieurs barrages-écluses existent dans le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés et ses environs, permettant de réguler les niveaux d'eau dans les biefs sur l'ensemble de la Marne dans la zone concernée :

- le barrage-écluse de Saint-Maurice : le plus en aval, proche de la confluence avec la Seine ;
- le barrage-écluse de Créteil ;
- le barrage écluse de Joinville-le-Pont.

La Marne est un cours d'eau domanial. La berge et le lit appartiennent à l'État, les tronçons navigables sont gérés par l'établissement public Voies Navigables de France (VNF).

1.2.1.2 Crues historiques

Au 20ème siècle, la Marne a connu 5 crues majeures : janvier 1910, janvier 1924, janvier 1955, janvier 1982 et avril 1983.

La crue la plus importante est celle de janvier 1910. La durée totale de la crue avait été de 51 jours, dont 13 proches de l'amplitude maximale. Cette crue possède une période de retour d'environ 60 ans d'après le PPRI du Val-de-Marne.

Les caractéristiques de la crue de 1910 servent de référence historique pour les crues exceptionnelles sur la Seine et sur la partie aval de la Marne, en application des circulaires interministérielles du 24 avril 1996 et 5 février 1998 relatives à la prise en compte du risque inondation en région Ile-de-France. Il s'agit de la crue de référence du PPRI du Val-de-Marne.

La crue de 1924 est la seconde crue majeure du 20ème siècle. Cette crue possède une période de retour d'environ 50 ans d'après le PPRI du Val-de-Marne.

La crue de 1982 a eu lieu après la création des grands lacs permettant d'écrêter les crues en amont de Paris et de protéger la capitale. Cette crue est dite décennale.

Le tableau suivant présente les niveaux de crues disponibles sur la cartographie des aléas du PPRI 94 au droit des secteurs d'études (du pont de l'A4 à l'Ile d'Amour et du port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort) pour les crues de 1924 et 1910.

Tableau 2 : Niveaux d'eau disponible sur la cartographie des aléas du PPRI 94 (Source : PRI 94)

PK* 174		PK* 175		PK* 176		PK* 177		PK* 178		PK* 183		PK* 184		PK* 185		PK* 186	
1924	1910	1924	1910	1924	1910	1924	1910	1924	1910	1924	1910	1924	1910	1924	1910	1924	1910
	37.03	37.93	36.83	37.68	36.53	37.48	36.23	37.17	35.98	36.92	34.85	36.14	34.68	35.99	34.43	35.72	34.18	35.57

*PK : Point kilométrique référence du PPRI 94

La carte des aléas sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés, présentée page suivante, localise les points kilométrique précédemment mentionnés.

1.2.1.3 Evénements hydrologiques étudiés

Trois événements hydrologiques historiques sont modélisés afin d'évaluer les éventuels impacts du projet :

- la crue de janvier 1982 (période de retour d'environ 10 ans),
- la crue de janvier 1924 (période de retour d'environ 50 ans),
- la crue de janvier 1910 (période de retour d'environ 60 ans).

Ces crues sont conformes aux demandes de la doctrine DRIEE intitulée « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux ». En effet, celle-ci définie les crues à considérer lors de l'étude des impacts :

- en zone urbaine, la crue de plein bord ou faiblement débordante est à prendre en compte. Ce scénario est étudié à travers les crues de 1982 (faiblement débordante) et 1924 (faiblement débordante) ;
- en zone où les enjeux sont vulnérables au risque inondation, la crue de référence PPRI et crue moyenne (période de retour entre 35 et 60 ans) sont à considérer. L'étude de la crue de 1924 (crue moyenne d'occurrence 50 ans) et de la crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94) permet de répondre à cette demande ;
- en zone impactée par le chantier ou subissant des obstructions temporaires, il faut considérer au minimum la crue décennale ou la crue de période de retour 10 fois la durée du chantier en années. La crue de 1910 (occurrence supérieure à la crue décennale ou à 10 fois la durée des chantiers) a été considérée pour évaluer les impacts.

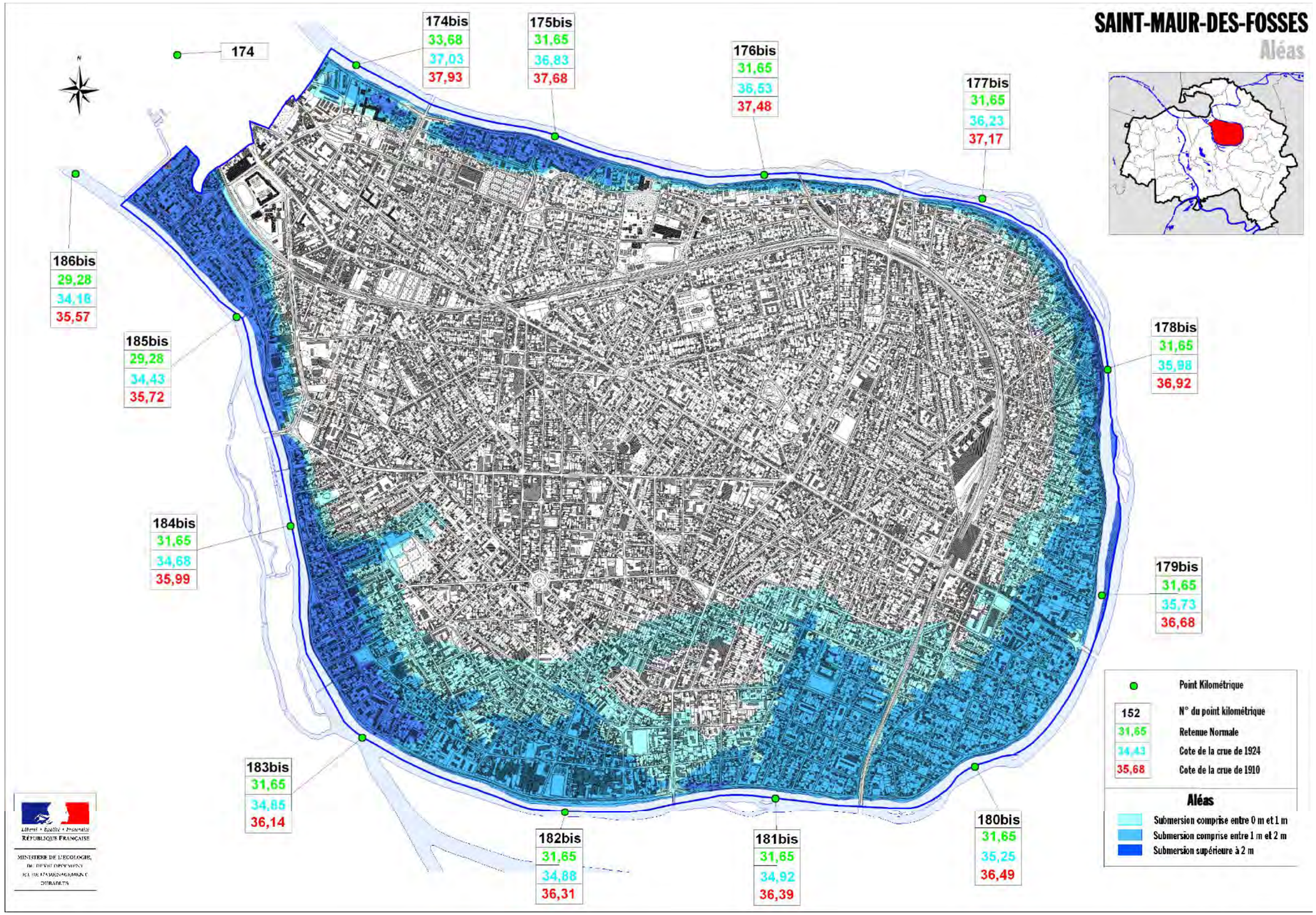
Le tableau suivant présente les débits des différentes crues simulées à l'aide du modèle numérique construit.

Tableau 3 : Récapitulatif des débits de crue de la Marne en amont de la confluence avec la Seine

Crue (période de retour)	Débit (m^3/s)	Source
1982 (environ 10 ans)	550	DRIEE IF, 2013*
1924 (environ 50 ans)	760	PPRI 94**
1910 (environ 100 ans)	850	DRIEE IF, 2013

* Débits extrait du rapport explicatif de la Cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole francilienne, DRIEE-IF, Décembre 2013

** Débits extrait de l'étude SAFEGE réalisée dans le cadre du PPRI 94.



Carte 7 : Carte des aléas – commune de Saint-Maur-des-Fossés (Source : PPRI 94)

1.2.2 Fonctionnement hydraulique

Les crues de la Marne sont des crues lentes : la montée des eaux est en général de l'ordre de 30 à 50 cm par jour. Elles sont la conséquence de plusieurs phénomènes concomitants :

- L'arrivée de fortes pluies sur les massifs amont : plateau de Langres pour la Seine, l'Aube et la Marne, plateau du Morvan pour l'Yonne et ses affluents ;
- L'imperméabilisation naturelle et temporaire (gel ou saturation des sols) ou artificielle des sols.

Les crues majeures surviennent généralement entre novembre et mars. Les crues majeures sont généralement dues à la superposition des crues lentes des affluents de la Marne tels que le Petit et le Grand Morin.

Au droit du secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés, des murettes anti-crues ont été installées afin de protéger les constructions existantes contre les crues de période de retour similaires à la crue de 1924 (période de retour d'environ 50 ans).

Afin d'augmenter la protection de la capitale contre le risque inondation, quatre barrages-réservoirs ont été installés en amont de l'agglomération parisienne sur la Seine, la Marne, l'Aube et l'Yonne. Ces bassins assurent trois fonctions :

- le soutien d'étiage,
- l'alimentation en eau potable,
- l'écrêtement des crues.

Grâce aux barrages, la majeure partie de la région parisienne est protégée de crues identiques à celles de 1924 et 1955. Leur rôle écrêteur a diminué la fréquence d'apparition et a permis de réduire les temps de submersion des crues petites et moyennes. Cependant, les barrages ont un effet limité sur les crues exceptionnelles du fait de l'importance des volumes de ruissellement mis en jeu et de la limitation de leur capacité de stockage. En effet, la fonction de stockage n'est pas assurée efficacement pour des crues tardives (avril-mai) du fait du remplissage des réservoirs pendant la période hivernale.

1.2.3 Définition des classes d'impact

Les incidences des ouvrages sur les écoulements de la Marne en cas de crue sont définies selon deux critères : les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement. Etant donnés les enjeux différents en lit mineur et lit majeur, une distinction des classes d'impacts concernant les vitesses d'écoulement est réalisée.

Les classes d'impact sur les écoulements ont été définies comme suit :

- Classes d'impacts sur les niveaux d'eau :
  - Impact non significatif : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 1 cm. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique ;
  - Impact faible : 1 à 5 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur d'un remous très localisé créé par un petit obstacle dans une zone d'écoulement marqué (véhicule par exemple) ;
  - Impact modéré : 5 à 10 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'amplitude des vagues générées lors des crues ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 10 cm. L'impact de l'ouvrage sur les lignes d'eau est supérieur à l'amplitude des vagues observées lors d'une crue.

- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur :
  - Impact non significatif : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 5 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique ;
  - Impact faible : 5 à 10 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations créé par un petit obstacle (véhicules) ;
  - Impact modéré : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à un risque de changement d'une classe d'aléa ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 20 cm/s. Cette classe correspond à un risque de changement d'une à deux classes d'aléa.

- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur :
  - Impact non significatif : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 10 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle sur la vitesse maximale au sein de la section en travers ;
  - Impact faible : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations naturelles des vitesses au sein d'une section en travers ;
  - Impact modéré : 20 à 30 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'ordre de grandeur des accélérations de vitesses générées par une pile de pont ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 30 cm/s. Cette classe correspond à une forte perturbation de l'écoulement pouvant déstabiliser des embarcations légères.

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Tableau 4 : Définition des classes d'impact par rapports aux écoulements des crues

Classe	Critère sur les différences (ΔN) de niveaux d'eau	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en lit mineur	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en lit majeur
Impact non significatif	ΔN < 1 cm	ΔV < 0.10 m/s	ΔV < 0.05 m/s
Impact faible	1 cm ≤ ΔN < 5 cm	0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s	0.05 m/s ≤ ΔV < 0.10 m/s
Impact modéré	5 cm ≤ ΔN < 10 cm	0.20 m/s ≤ ΔV < 0.30 m/s	0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s
Impact fort	10 cm ≤ ΔN	0.30 m/s ≤ ΔV	0.20 m/s ≤ ΔV

1.3 Modélisation hydraulique

1.3.1 Généralités

1.3.1.1 Système de mesure altimétrique

Dans la suite de l'annexe, les niveaux altimétriques sont exprimés en mètre NGF (Nivellement Général de la France) normal soit IGN 69. Ainsi, tous les niveaux d'eau et altitudes seront exprimés en m NGF.

1.3.1.2 Présentation du logiciel

La modélisation hydraulique a été réalisée grâce au logiciel InfoWorks® RS de la société INOVYZE. Ce logiciel permet de construire des modèles 1D-linéaire à casiers ou 2D et ainsi de réaliser des simulations en régime permanent ou transitoire. Les facteurs qui déterminent la solution sont classés suivant trois types :

- les effets hydrodynamiques : les écoulements à surface libre peuvent être décrits par les équations de Barré de Saint-Venant qui expriment la conservation de la masse et des quantités de mouvement. Elles prennent en compte l'ensemble des forces de diffusion, de gravité, et de friction sans aucune simplification. Elles sont résolues par la méthode du schéma implicite de Preissman ;
- les conditions limites internes : sous ce terme, sont regroupés les ouvrages de contrôle, les pertes de charge singulières ou les confluences/diffluences. Ces structures imposent des relations débit-hauteur aux points considérés et divisent le modèle en biefs ;
- les conditions limites externes : en régime transitoire, des conditions limites sont nécessaires aux deux extrémités amont et aval du système étudié. Elles peuvent être représentées par des relations reliant deux des paramètres débit, hauteur, temps.

Ce logiciel a été développé afin de reproduire les écoulements de la Tamise au Royaume-Uni. Ce fleuve présente des caractéristiques similaires à la Marne (largeur, pente, débits, etc.). Infoworks RS est donc bien adapté à la modélisation de la Marne à Paris.

NB : Pour ce logiciel, le remous en amont d'un ouvrage (de type pont, busage ou seuil) est calculé par la mise en charge des ouvrages, les réductions de sections induites par les culées et les piles. Pour le calcul des pertes de charge d'un ouvrage, il n'utilise pas les fentes de Preissman, principalement utilisées pour modéliser un long linéaire de cours d'eau couvert par un écoulement à surface libre.

1.3.1.3 Emprise des modèles hydrauliques

Deux modèles hydrauliques ont été réalisés sur la Marne :

- le modèle Marne Amont du pont de l'Autoroute A4 à l'Ile d'Amour soit environ 5 700 m ;
- le modèle Marne Aval du port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort soit environ 3 100 m.

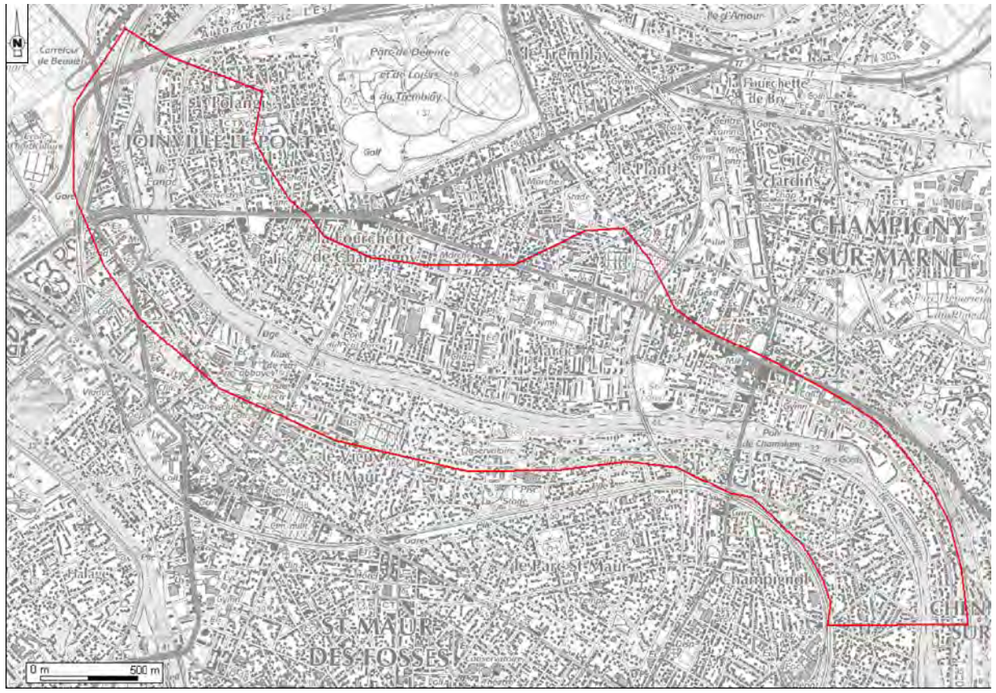
Les emprises des modèles ont été définies de manière à intégrer l'ensemble des gares, ouvrages annexes et emprises travaux situées en zone inondable pour une crue millénale.

Les limites latérales du modèles ont donc été choisies de manière à intégrer la totalité de la zone inondable telle que définie dans la cartographie de l'événement millénale par la DRIEE-IF.

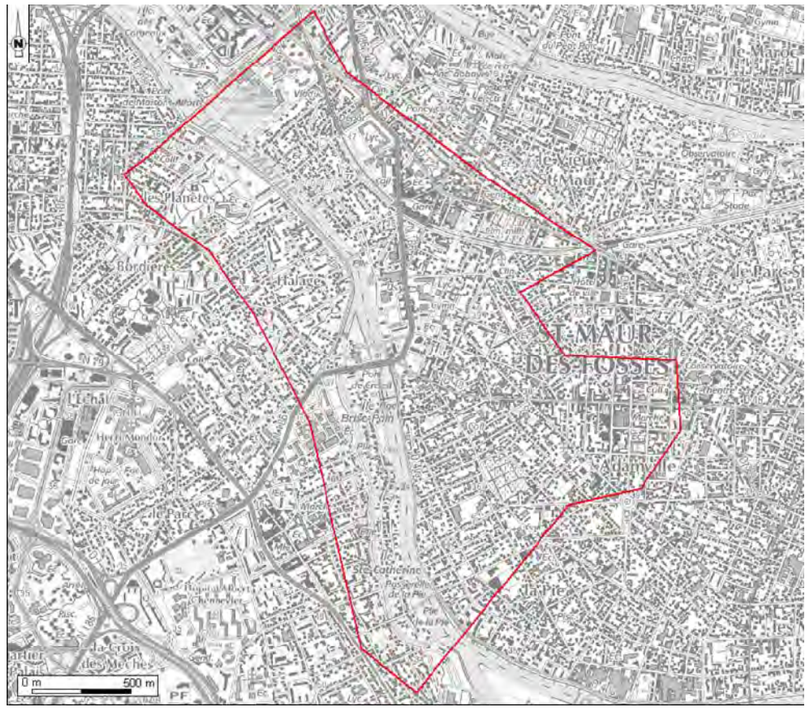
Les conditions limites aval sont prises au droit d'observation historiques et de résultats de modélisations validées obtenus pour la réalisation du PPRI et du TRI ce qui permet des modèles plus court avec une condition aval réaliste. Ainsi, les éventuelles incertitudes sur la condition limite aval sont liées aux incertitudes des observations ou des modèles hydrauliques validés. Pour rappel, l'objectif est de comparer un état aménagé à un état de référence réaliste.

Les conditions limites amont ont été choisies suffisamment loin en amont des principales zones d'études de chaque modèle afin de se placer, le plus possible, en dehors de la zone des éventuelles incidences du projet.

Les emprises des modèles sont présentées sur les cartographies suivantes.



Carte 8 : Emprise du modèle hydraulique Marne Amont



Carte 9 : Emprise du modèle hydraulique Marne Aval

1.3.2 Construction du modèle hydraulique – Etat de référence

1.3.2.1 Données de construction

Les données utilisées pour la construction des modèles hydrauliques sont :

- Les données bathymétriques pour le chenal de navigation, fournies par Voies Navigables de France (2009).
- Le Modèle Numérique de Terrain obtenu par des relevés LIDAR (pas d'espace de 1 m, précision altimétrique de 0.2 m), fourni par l'Institut Géographique National (2014).
- L'implantation des bâtiments (couche de la BDtopo référençant les bâtiments) acquis auprès de l'IGN (2009).
- Les profils en long des murettes anti-crue, fournies par le CG94 (en cours de levé, 2014).
- L'occupation du sol (Corine Land Cover, 2006).
- Le fond de plan cartographique acquis auprès de l'IGN (SCAN 25, 2008).
- Les photos aériennes acquises auprès de l'IGN (BDortho, 2012).
- Le rapport explicatif de la cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole francilienne (DRIEE IF, décembre 2013).
- Les données disponibles auprès de la maîtrise d'œuvre (plans, coupes, topographie, etc.) au droit des futurs aménagements (SYSTRA, novembre 2014).

1.3.2.2 Architecture du modèle

Les modèles construits reposent sur le couplage d'un modèle filaire à une dimension avec un maillage en deux dimensions :

- les écoulements au sein du lit mineur de la Marne étant principalement monodirectionnels, celui –ci est modélisé en une dimension (modèle filaire) ;
- les lits majeurs en rive droite et rive gauche sont modélisées en deux dimensions afin de reproduire de manière fidèle les écoulements complexes des crues (forte urbanisation, présence de remblais jouant le rôle de digue (route, voie ferrée, etc.).

a. Construction des lits mineurs

Marne Amont

Le modèle hydraulique filaire du modèle Marne Amont est composé de 41 profils en travers dont 36 sur le bras principal de la Marne d'un linéaire d'environ 5 700 m, soit environ 1 profil tous les 160 m.

Quatre ouvrages transversaux ont été modélisés afin de reproduire leurs 'influences sur les écoulements.

Marne Aval

Le modèle hydraulique filaire du modèle Marne Aval est composé de 33 profils en travers dont 20 sur le bras principal de la Marne d'un linéaire d'environ 3 100 m (bras droit) soit environ 1 profil tous les 100 m.

Cinq ouvrages transversaux ont été modélisés afin de reproduire leurs influences sur les écoulements.

Profil en travers

Le lit mineur de la Marne est construit sur la base des données bathymétriques de VNF (pour les fonds de lit des cours d'eau) et sur les données LIDAR pour les berges.

La jonction entre les deux types de données est réalisée par interpolation et en considérant une pente des berges plus ou moins verticale (berges quasiment verticale au droit des quais et pente plus douce lorsque la berge est végétalisée).

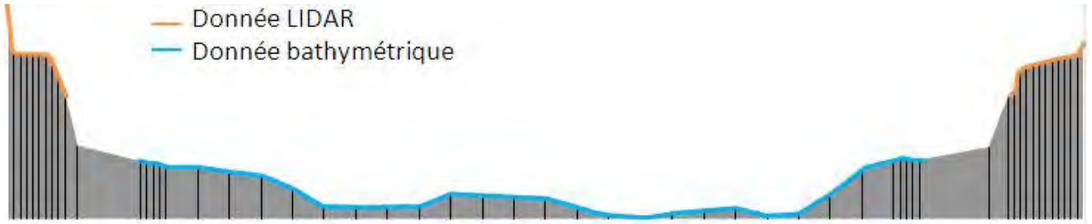


Figure 1 : Exemple d'interpolation entre les données LIDAR et bathymétriques

Pour les linéaires de lit mineur où aucune donnée bathymétrique n'est disponible, des profils types ont été construits. Les profils ont été construits de manière à avoir une pente moyenne entre les profils amont et aval dont la bathymétrie est connue. Leur largeur ont été fixées à partir des données MNT.

La forme des profils construits est basée sur la forme générale des profils amont et aval comme présentée sur la figure suivante. Les pieds de berge et le fond du lit sont déterminés par interpolation entre les profils amont et aval.



Figure 2 : Exemple d'un profil construit sans données bathymétriques

Ouvrages transversaux

Les barrages de Joinville-le-Pont et de Créteil, présents sur les linéaires des modèles Marne Amont et Marne Aval, sont des barrages mobiles à clapets. Les clapets, présents sur ce type de barrage, s'abaissent sous l'effet de la crue jusqu'au niveau du radier. En cas de crue majeur, ils sont donc transparents vis-à-vis de l'écoulement : avec l'augmentation du débit, les pertes de charges observées pour ce type d'ouvrage diminue (pas de mise en charge d'arches, seuil noyé par l'aval). De fait, en l'absence d'embâcle (hypothèse du modèle), on n'observe pas de différence de niveau entre l'amont et l'aval du barrage pour des crues importantes.

Les seuils de ces barrages n'ont pas été modélisés (seuils abaissés lors de crue). Néanmoins, les piles des barrages, ne s'effaçant pas lors d'une crue, sont pris en compte dans la modélisation hydraulique.

Un seuil est également présent sur le bras gauche de la Marne au droit de l'île de Brise-Pain. Ce seuil est en parti amovible : une partie du seuil s'efface lors d'une crue. Ce seuil, d'environ 1.5 m de large et présentant une cote de déversement d'environ 29.5 m NGF, est intégré au modèle hydraulique.

Pour les ponts dont la géométrie (largeur des arches, nombre de piles, niveaux altimétrie de l'arche…) est imprécise, des hypothèses ont été fixées afin de reproduire au mieux les conditions d'écoulement.

Le nombre et les dimensions des piles de ponts ont été fixés à partir des observations de terrains et des données disponibles (photos, schémas des ouvrages, présence des piles sur la bathymétrie…). La longueur des piles est supposée égale à la largeur des tabliers des ponts.

La mise en charge de chaque ouvrage a été appréciée sur la base des données disponibles (MNT, observations in situ, plans disponibles) afin de représenter au mieux l'influence de l'ouvrage sur les écoulements (accélération des vitesses et augmentation des niveaux d'eau).

Les tableaux suivants récapitulent les caractéristiques retenues pour les ouvrages de franchissement afin de les modéliser.

Tableau 5 : Caractéristiques des pont situés entre le pont de l'autoroute A4 et l'Ile d'Amour

Pont	Nombre de pile	Largeur de la pile (m)	Niveau altimétrique du tablier* (m NGF)	Epaisseur estimée du tablier (m)	Niveau sous poutre supposé (m NGF)	Niveau crue 1910 (m NGF)
Joinville (Bras droit)	0	-	42.00	2.5	39.50	<38.21
Joinville (Bras gauche)	0	-	43.50	5	38.50	<38.21
Petit Parc	1	3	42.50	2	40.50	<37.93
SNCF (Champigny-sur-Marne)	1	3	44.50	5	39.50	<37.48
Champigny	1 (Ile de l'Abreuvoir)	20	40.50 à 42.50	2	38.50 à 40.50	<37.48

*Niveau estimé à partir des données LIDAR à proximité immédiate des ponts.

Tableau 6 : Caractéristiques des pont situés entre le port de Bonneuil et le pont de Maisons-Alfort

Pont	Nombre de pile	Largeur de la pile (m)	Niveau altimétrique du tablier* (m NGF)	Epaisseur estimée du tablier (m)	Niveau sous poutre supposé (m NGF)	Niveau crue 1910 (m NGF)
Passerelle de la Pie (Bras droit)	2	1	39.90	1.5	37.40	<36.14
Rue du Moulin Berson (Bras gauche)	3	1	36.80 à 37.80	1.5	35.30 à 36.30	<36.14
Passerelle avenue des Uzelles (Bras gauche)	0	-	36	1	35	<36.14
Allée des Couscous (Bras gauche)	1	3	37.1	1.5	33.60	<35.99
Créteil (Bras droit)	1	2	38.90 à 39.40	2	36.90 à 37.40	<35.99
Créteil (Bras gauche)	0	-	37.2	1.5	35.7	<35.99
Passerelle rue du Port (Bras gauche)	2	3 et 0.5	34.1	1	33.1	<35.99
Passerelle du Halage	0	-	38	1	37	35.72

*Niveau estimé à partir des données LIDAR à proximité immédiate des ponts.

b. Construction des lits majeurs

Les lits majeurs sont construits sur la base des données LIDAR et des données disponibles sur les bâtiments existants (BDtopo IGN). Les données concernant les bâtiments datant de 2009, une mise à jour a été effectuée sur la base de la BDortho (IGN, 2012). Ainsi, des bâtiments non existant en 2009 ont été pris en compte. Les bâtiments sont modélisés en tant qu'obstacles insubmersibles. Les seuls écoulements possibles dans le maillage 2D se situent donc au droit des voiries et des zones libres de tout bâtiment (parc, champs, espace verts, …).

Le maillage est constitué, pour l'état initial, de 105 556 mailles pour le modèle Marne Amont et 89 030 mailles pour le modèle Marne Aval. La surface des mailles varie de 1 m² à 500 m². Le maillage a été densifié au droit des futurs aménagements et travaux afin d'en mesurer plus finement les incidences. Ainsi, la surface des mailles y est au maximum de 50 m².

Dans le cas du modèle de la Marne aval, les bras annexes traversant l'île de Brise Pain sont modélisés dans le maillage 2D, utilisant les données du modèle numérique de terrain.

Le maillage des deux modèles est présenté sur les cartographies figurant pages suivantes.

c. Interface lit mineur / lit majeur

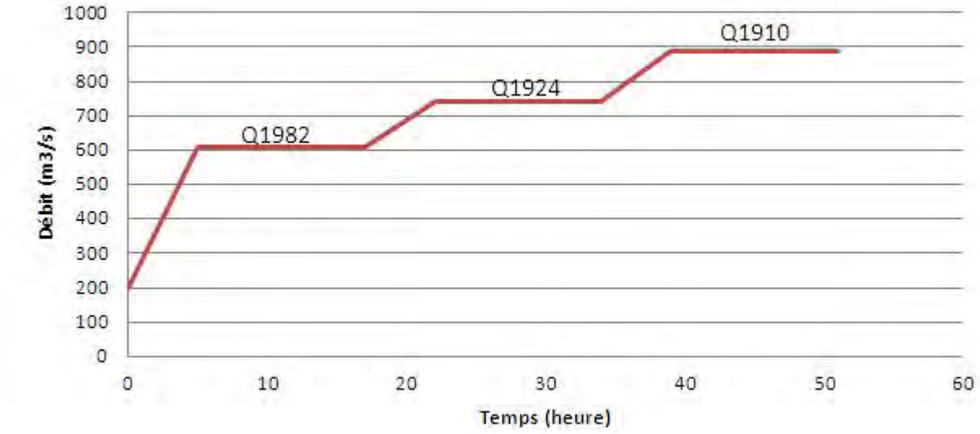
Les connexions entre le lit mineur et le lit majeur sont assurées par des surverses latérales. Ces surverses sont construites :

- sur la base des données altimétriques fournies par le CG94 pour les murettes anti-crue lorsqu'elles existent. De manière générale, les murettes protègent contre les crues de type 1924 ou 1955 ;
- à partir du LIDAR lorsqu'aucune murette n'est existante : le niveau des surverses correspond au niveau du terrain naturel.

Soixante-six surverses latérales ont ainsi été construites afin d'assurer la connexion entre le modèle 1D et le modèle 2D pour le modèle Marne Amont. Le modèle Marne Aval possède, quant à lui, 52 surverses latérales.

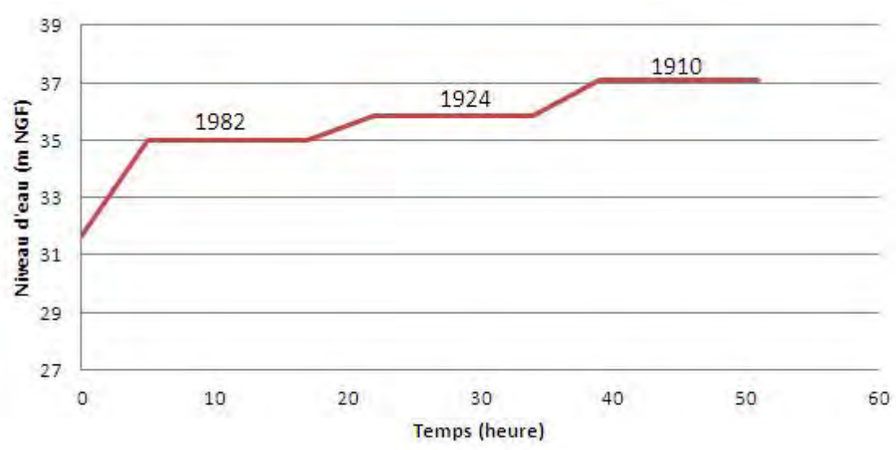
1.3.2.3 Conditions aux limites

Les conditions limites amont des deux modèles hydrauliques sont les débits des différentes crues étudiées (cf. paragraphe 2.1.3). L'évolution de la condition limite amont dans le temps est présentée sur le graphique suivant.

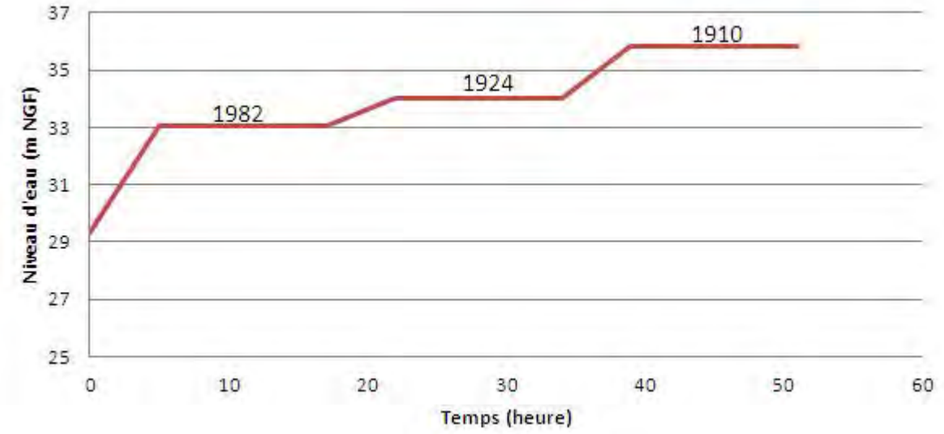


Graphique 1 : Condition limite amont des modèles hydrauliques

La condition limite aval du modèle est une loi niveau-temps construite à partir des repères de crues disponibles. Les graphiques suivants représentent les conditions limites aval du modèle Marne Amont au niveau de l'Ile d'Amour et du modèle Marne Aval au niveau du pont de Maisons-Alfort.



Graphique 2 : Condition limite aval du modèle hydraulique Marne Amont



Graphique 3 : Condition limite aval du modèle hydraulique Marne Aval



Carte 10 : Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Marne Amont



Carte 11 : Présentation du maillage modélisant le lit majeur pour le modèle Marne Aval

1.3.3 Régime de simulation

Les crues de la Marne sont des crues lentes et durent plusieurs jours.

Afin de reproduire les inondations de la Marne, les simulations ont été réalisées en régime pseudo-permanent : le débit de chaque évènement est injecté pendant une durée suffisamment longue afin que la ligne d'eau devienne stable sur l'ensemble de la zone modélisée.

Ainsi, les durées de simulation ont été ajustées de manières à avoir des lignes d'eau stabilisées en lit mineur et en lit majeur pendant au moins deux heures.

1.3.4 Calage du modèle hydraulique – Etat de référence

1.3.4.1 Principe

Le calage consiste à injecter le débit total mesuré lors d'un évènement historique en entrée du modèle et à ajuster les paramètres de modélisation (rugosité des lits mineur et majeur) afin d'obtenir les niveaux d'eau des repères de crues et les emprises de zones inondables observées lors de ce même évènement.

Le calage est effectué sur les résultats du TRI et PPRi. Les études hydrauliques pour les TRI prennent en compte la configuration actuelle et non celle de l'époque. Les murettes anticrues ont été conservées pour le calage. Cependant, il apparaît que les cotes de crues de 1924 et 1910 sont supérieures aux cotes des murettes. L'emprise des zones inondables est donc peu impactée par la prise en compte des murettes.

1.3.4.2 Crues de calage

Le calage des coefficients de rugosité est réalisé à partir des niveaux d'eau des crues de 1924 (crue faiblement débordante), 1910 et des débits correspondants présentés au paragraphe 2. Ainsi :

- Le calage des coefficients de rugosité du lit mineur est effectué pour la crue de 1924 (crue faiblement débordante).
- Le calage des coefficients de rugosité du lit majeur est effectué pour la crue centennale (1910).

Par insuffisance de données, la crue de 1982 n'a pas pu être utilisée pour caler les modèles hydrauliques. Cette crue a néanmoins été modélisée.

1.3.4.3 Résultats du calage

Le calage des coefficients de rugosité du lit mineur est réalisé grâce à la crue historique faiblement débordante de 1924. Cette étape a permis de fixer la rugosité du lit mineur de la Marne. Afin d'obtenir des niveaux d'eaux modélisés similaires aux niveaux d'eau historiques, les coefficients de Manning (n, paramètre de rugosité) ont été fixés entre 0.037 $s.m^{-1/3}$ et 0.040 $s.m^{-1/3}$ pour le modèle Marne Amont et entre 0.045 $s.m^{-1/3}$ et 0.057 $s.m^{-1/3}$ pour le modèle Marne Aval. Ces valeurs sont comprises dans la plage des coefficients de rugosité (n = 0.04 à 0.1 $s.m^{-1/3}$) utilisés pour les grands cours d'eau à section irrégulière et rugueuse (Source : CEMAGREF).

Les résultats du calage des lits mineurs sont présentés dans les tableaux suivant. Les écarts moyens calculés entre les lignes d'eau modélisées et les niveaux d'eau mesurés pour la crue de 1924 sont de 3 cm pour les deux modèles étudiés. Les écarts moyens correspondent à l'ordre de grandeur de la précision absolue du modèle. Les lits mineurs sont donc convenablement calés avec des coefficients de rugosité réalistes.

Tableau 7 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1924 – Marne Amont

Point de comparaison	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau référencé au PPRI 94 (m NGF)	Δ = Nmodélisé – Nréférencé (m)
PK* 174	37.06	37.03	0.03
PK* 175	36.89	36.83	0.06
PK* 176	36.55	36.53	0.02
PK* 177	36.29	36.23	0.06
PK* 178	35.98	35.98	0.00
		Ecart maximal (m)	0.06
		Ecart moyen (m)	0.03

* PK référence du PPRI 94

Tableau 8 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1924 – Marne Aval

Point de comparaison	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau référencé au PPRI 94 (m NGF)	Δ = Nmodélisé – Nréférencé (m)
PK* 183	34.96	34.85	0.11
PK* 184	34.67	34.68	-0.01
PK* 185	34.45	34.43	0.02
PK* 186	34.18	34.18	0.00
		Ecart maximal (m)	0.11
		Ecart moyen (m)	0.03

* PK référence du PPRI 94

Le calage des lits majeurs est réalisé grâce à la crue historique débordante de 1910. Cette étape a permis de fixer la rugosité des lits majeurs de la Marne au droit des deux secteurs étudiés. Afin d'obtenir des niveaux d'eaux modélisés similaires aux niveaux d'eau historiques, les coefficients de Manning (n, paramètre de rugosité) ont été fixé à :

- 0.04 $s.m^{-1/3}$ pour les parcs,
- 0.10 $s.m^{-1/3}$ pour les espaces urbanisés.

Les résultats du calage des lits majeurs (Amont et Aval) sont présentés dans le tableau suivant. Les écarts moyens calculés entre les lignes d'eau modélisées et les niveaux d'eau mesurés pour la crue de 1910 sont d'environ 6 cm pour le modèle Marne Amont et environ 7 cm pour le modèle Marne Aval. Ces écarts correspondent à l'ordre de grandeur de la précision du modèle. Les lits majeurs sont donc convenablement calés avec des coefficients de rugosité réalistes.

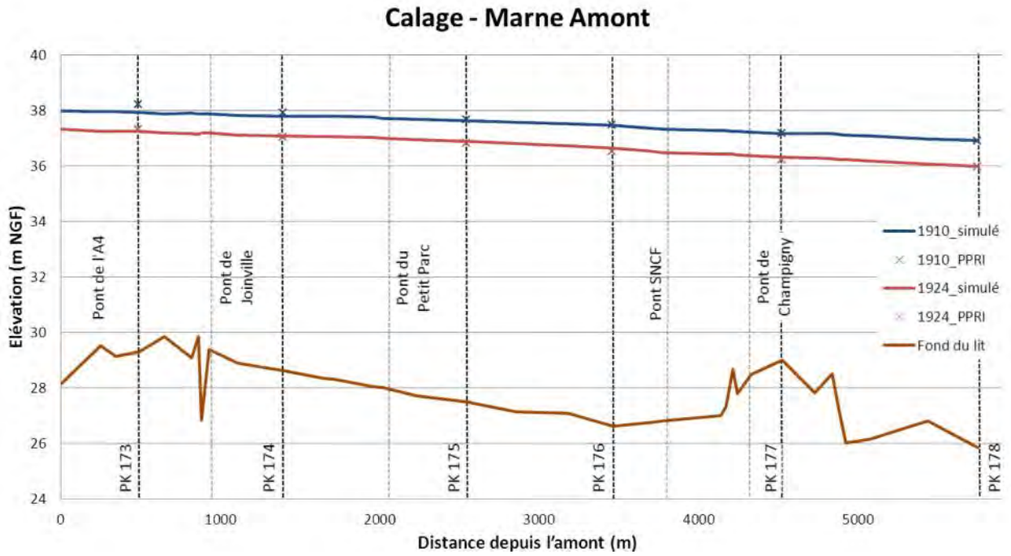
Tableau 9 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1910 –Marne Amont

Point de comparaison	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau référencé au PPRI 94 (m NGF)	Δ = Nmodélisé – Nréférencé (m)
PK* 174	37.80	37.93	- 0.13
PK* 175	37.62	37.68	- 0.06
PK* 176	37.37	37.48	- 0.11
PK* 177	37.15	37.17	- 0.02
PK* 178	36.92	36.92	0.00
		Ecart maximal (m)	
		Ecart moyen (m)	

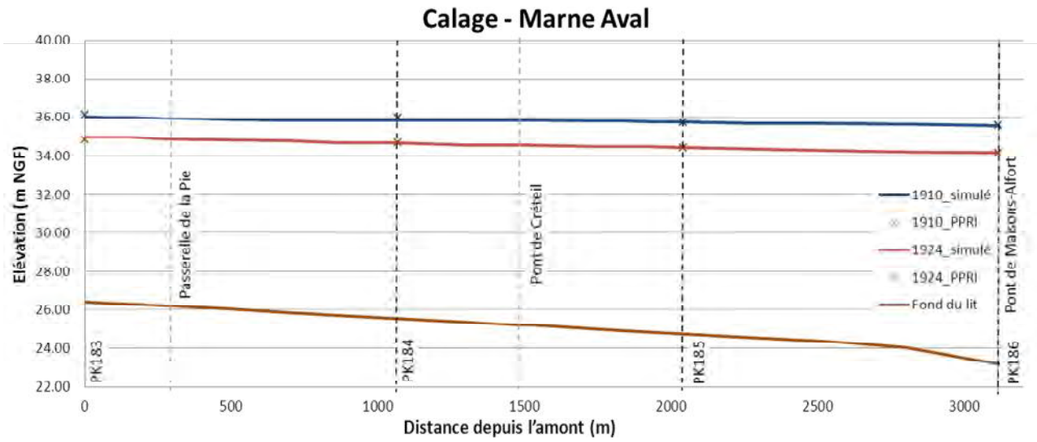
Tableau 10 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1910 –Marne Aval

Point de comparaison	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau référencé au PPRI 94 (m NGF)	Δ = Nmodélisé – Nréférencé (m)
183	36.06	36.14	-0.08
184	35.83	35.99	-0.16
185	35.75	35.72	0.03
186	35.57	35.57	0.00
		Ecart maximal (m)	0.16
		Ecart moyen (m)	0.05

Les graphiques suivant présentent les lignes d'eau calculées comparativement aux niveaux d'eau observés lors des événements hydrologiques de calage (1924 et 1910) pour chacun des modèles réalisés sur la Marne.



Graphique 4 : Comparaison des niveaux d'eau simulés et mesurés pour les crues de 1910 et 1924 – Marne Amont



Graphique 5 : Comparaison des niveaux d'eau simulés et mesurés pour les crues de 1910 et 1924 – Marne Aval

1.3.5 Test de sensibilité

Dans les règles de l'art, la condition limite aval d'un modèle hydraulique peut être soit :

- une cote fiable extraite de repère de crues ou de documents réglementaires découlant d'un modèle hydraulique reconnu, approuvé et validé par les services de l'Etat ;

- une cote incertaine : aucune mesure disponible, cote estimée à partir de souvenir, de calcul hydraulique empirique ou de la hauteur normale (pas d'influence d'éventuel ouvrage aval).

La disponibilité de valeurs fiables permet de créer des modèles hydrauliques courts. En effet, ces valeurs prennent en compte les influences des ouvrages situés en aval du modèle et pouvant influencer les conditions d'écoulement. Ainsi, grâce à une condition limite aval ne présentant pas ou peu d'incertitude, les lignes d'eau simulées par la modélisation sont réalistes (ce qui est confirmé par le calage du modèle).

A l'inverse, si aucune valeur fiable n'est disponible, le modèle hydraulique doit posséder une longueur suffisamment importante afin de s'affranchir des incertitudes liées à la condition limite aval. Dans ce cas un test de sensibilité doit être réalisé afin de quantifier l'impact de cette donnée d'entrée incertaine sur les résultats du modèle et de s'assurer de la validité de la modélisation (modèle suffisamment long pour que la zone étudiée ne soit pas influencée par la condition limite aval).

Dans le cas des modèles hydrauliques de la Marne, les conditions limites aval correspondent aux niveaux d'eau calculés et validés dans le cadre de la modélisation des zones inondables pour l'établissement des carte d'aléa du PPRI du Val-de-Marne. Il s'agit donc de données connues et validées. Les niveaux de crues disponibles dans le PPRI 94 sont rappellés dans le tableau suivant.

Niveaux d'eaux extrait du PPRI 94 pour les conditions limites aval

Localisation	1924	1910
PK* 178 – Amont Ile d'Amour	35.98	36.92
PK* 186 – Pont de Maisons-Alfort	34.18	35.57

*PK : Point kilométrique référence du PPRI 94

Les cotes PPRi sont issues d'un modèle calé et validé, pour la constitution du document réglementaire reconnu et approuvé. Ces cotes sont donc considérées comme fiables.

De plus le modèle est calé convenablement : les lignes d'eau simulées sont cohérentes avec les mesures historiques sur le secteur d'études.

Les niveaux d'eau et les emprises des champs d'inondation au droit des zones impactées par le projet étant réalistes et conformes aux cartes existantes, un test de sensibilité sur la condition limite aval et sur les coefficients de rugosité n'est pas nécessaire.

Toutefois, un test de sensibilité sur la condition limite aval a été réalisé sur les deux modèles Marne. Ce test a consisté à considérer, pour la crue de 1910, une rehausse de cette condition limite de +20 cm sur l'état initial et sur l'état travaux, ce dernier constituant le cas le plus pénalisant pour les impacts. Les résultats obtenus sont les suivants :

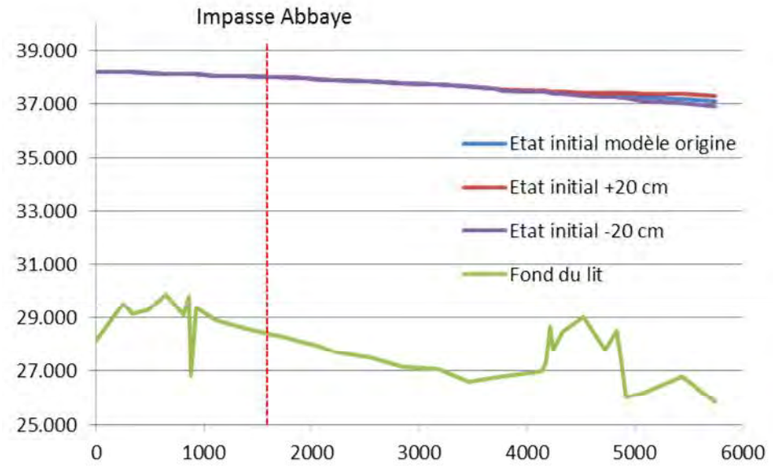
- **Marne amont :**
  - **La variation de la condition limite aval impact le modèle jusqu'au pont de la voie SNCF ;**
  - **L'ouvrage annexe de l'abbaye n'est pas influencé par la variation de la condition limite aval, tant en vitesse qu'en hauteur ;**

OA	Hauteur en m NGF										
	Etat initial modèle origine	Etat initial +20 cm	Etat initial -20 cm	Phase Chantier	Phase Chantier +20 cm	Phase Chantier -20 cm	Impact Modèle base	Impact avec +20 cm	Impact avec -20 cm	Différence impact +20 cm /Origine	Différence impact -20 cm /Origine
Abbaye	37,970	37,972	37,969	37,985	37,986	37,984	0,015	0,014	0,015	-0,001	0,000

Résultats du test de sensibilité pour le niveau d'eau au droit de l'OA Impasse de l'Abbaye

OA	Vitesse en m/s										
	Etat initial modèle origine	Etat initial +20 cm	Etat initial -20 cm	Phase Chantier	Phase Chantier +20 cm	Phase Chantier -20 cm	Impact Modèle base	Impact avec +20 cm	Impact avec -20 cm	Différence impact +20 cm /Origine	Différence impact -20 cm /Origine
Abbaye	1,088	1,086	1,087	1,199	1,198	1,198	0,111	0,112	0,111	0,001	0,000

Résultats du test de sensibilité pour les vitesses au droit de l'OA Impasse de l'Abbaye



Profils en long de l'état initial dans les 3 conditions de limite aval : modèle origine, +20cm et -20cm - OA Impasse de l'Abbaye

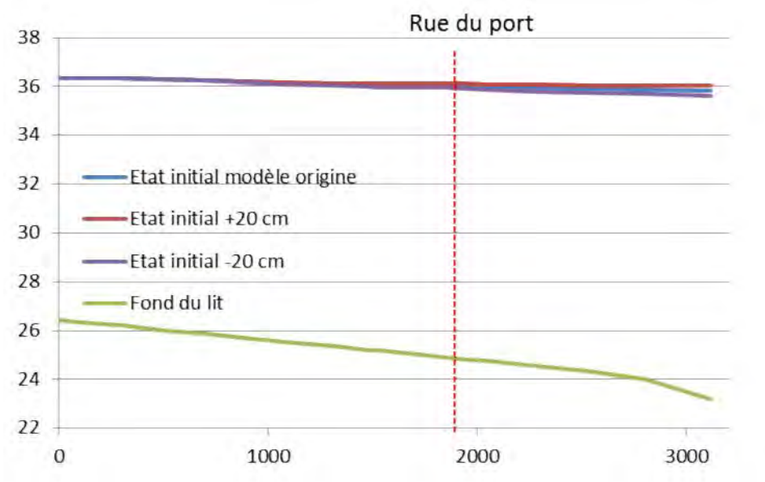
- **Marne aval :**
  - **La quasi-totalité du modèle est influencé par la condition limite aval (fortement conditionné au niveau d'eau de la Seine à la confluence) ;**
  - **Au droit de l'ouvrage annexe du port de Créteil, l'incidence est de la rehausse est de +6.7 cm sur la ligne d'eau ;**
  - **Il en résulte un impact sur les vitesses avec une diminution de -0.031 m/s ;**
  - **L'impact en phase chantier avec la condition limite aval rehaussée est, au maximum, de +0.4cm sur la ligne d'eau et de + 0.171 m/s sur les vitesses, contre +0.6 cm et +0.168 m/s avec la condition limite aval non rehaussée ;**
  - **La comparaison entre les impacts issues des différentes conditions limites aval montre un écart de 0.2 cm sur la ligne d'eau et de 0.003 m/s sur les vitesses ; ces différences étant de l'ordre de grandeur des incertitudes du modèle, elles ne sont pas significatives.**

OA	Hauteur en m NGF										
	Etat initial modèle origine	Etat initial +20 cm	Etat initial -20 cm	Phase Chantier	Phase Chantier +20 cm	Phase Chantier -20 cm	Impact Modèle base	Impact avec +20 cm	Impact avec -20 cm	Différence impact +20 cm /Origine	Différence impact -20 cm /Origine
Port de créteil	36,050	36,117	35,947	36,056	36,121	35,954	0,006	0,004	0,007	-0,002	0,001

Résultats du test de sensibilité pour le niveau d'eau au droit de l'OA Rue du Port Créteil

OA	Vitesse en m/s										
	Etat initial modèle origine	Etat initial +20 cm	Etat initial -20 cm	Phase Chantier	Phase Chantier +20 cm	Phase Chantier -20 cm	Impact Modèle base	Impact avec +20 cm	Impact avec -20 cm	Différence impact +20 cm /Origine	Différence impact -20 cm /Origine
Port de créteil	0,129	0,098	0,151	0,297	0,269	0,315	0,168	0,171	0,164	0,003	-0,004

Résultats du test de sensibilité pour les vitesses au droit de l'OA Rue du Port Créteil



Profils en long de l'état initial dans les 3 conditions de limite aval : modèle origine, +20cm et -20cm - OA Rue du Port Créteil

A la lumière des résultats précédents, il apparait que les modèles présentent une sensibilité liée notamment à l'absence de cotes de références validées en aval (repères de crues physiques de type bornes IGN ou repères de crues gravées sur un pont…). Cette incertitude concerne principalement le modèle Marne Aval et l'OA rue du Port Créteil. Le modèle Marne Amont possède, quant à lui, une longueur suffisante pour s'affranchir de cette incertitude au droit de l'OA Impasse Abbaye.

Néanmoins, les résultats des modèles permettent de fournir une première évaluation des incidences sur la hauteur d'eau et la vitesse d'écoulement sur ces zones d'étude, concernées par les deux ouvrages annexes, l'OA Impasse Abbaye mais également l'OA rue du Port Créteil dans une moindre mesure. En effet, la variation de 20 cm de la condition limite aval a une influence uniquement de quelques millimètres (et millimètre par seconde pour les vitesses) sur les impacts des ouvrages en phase projet comme indiqué dans les deux dernières colonnes des tableaux précédents (résultats des tests de sensibilité pour les hauteurs et vitesses de l'OA Rue du port de Créteil).

1.4 Incidences hydrauliques du projet – Marne amont

1.4.1 Etat de référence

1.4.1.1 Descriptifs des zones inondées en fonction des crues simulées

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982, d'occurrence décennale, est une crue non débordante : aucune inondation du lit majeure n'est observée.

Cette crue étant contenue dans le lit mineur, seuls des ouvrages qui y sont implantés peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, le projet n'aura aucune incidence pour cette crue.

b. Crue de 1924 (crue cinquantennale)

La crue de 1924, d'occurrence d'environ cinquante ans, est une crue faiblement débordante. En effet les seules inondations observées lors de cet évènement se situent au niveau de l'Ile Fanac à Joinville le Pont et en aval du pont de Champigny.

Ainsi, seuls des ouvrages présents au droit de ces zones ou en lit mineur peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur et aucun ouvrage en zone inondable pour la crue de 1924 n'étant prévus, le projet n'aura aucune incidence sur cette crue.

c. Crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94)

La crue de 1910, d'occurrence centennale, est la crue de référence du PPRI 94. Cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Marne.

Ainsi, tout ouvrage présent dans la zone inondable telle que définie au PPRI du Val-de-Marne peut influer sur les caractéristiques des écoulements de la Marne.

Le seul ouvrage présent en zone inondable pour la crue de 1910 et pouvant influencer les caractéristiques de l'écoulement est l'Ouvrage Annexe Impasse Abbaye. La gare de Champigny Centre, située en limite de zone inondable n'aura pas d'influence sur l'écoulement de la Marne.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont majoritairement faibles (inférieures à 0,2 m/s). Des hauteurs de submersion de plus de 2 m sont observables lors de la crue de 1910.

1.4.1.2 Présentation des résultats

Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau calculés pour chacune des crues au droit des ouvrages de la ligne 15 Sud.

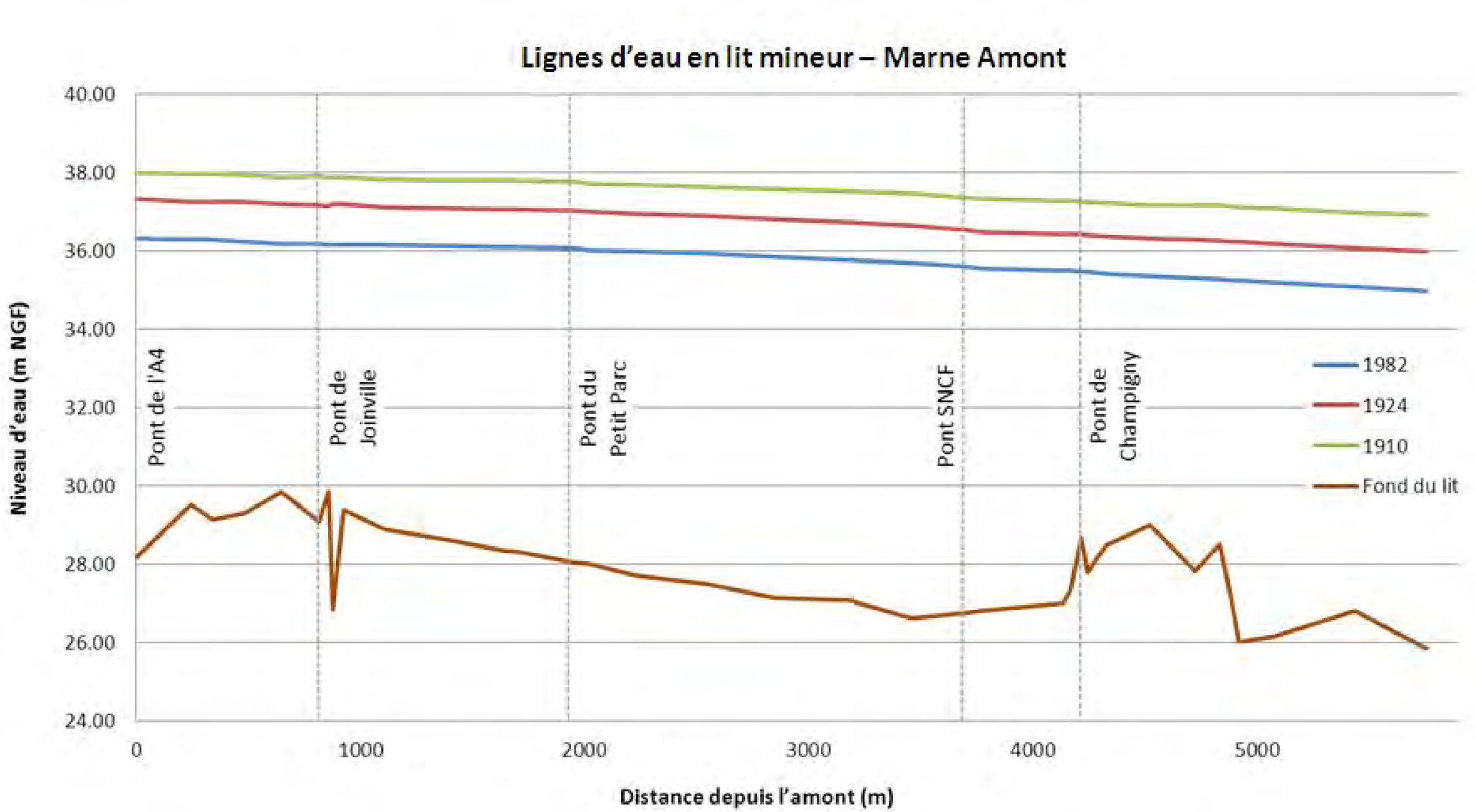
Tableau 11 : Niveaux d'eaux simulés au droit de l'OA Impasse Abbaye et de la gare de Champigny Centre

Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF)		
	1982	1924	1910
OA Impasse Abbaye	36.09*	37.06*	37.97
Gare Champigny Centre	-	-	37.64

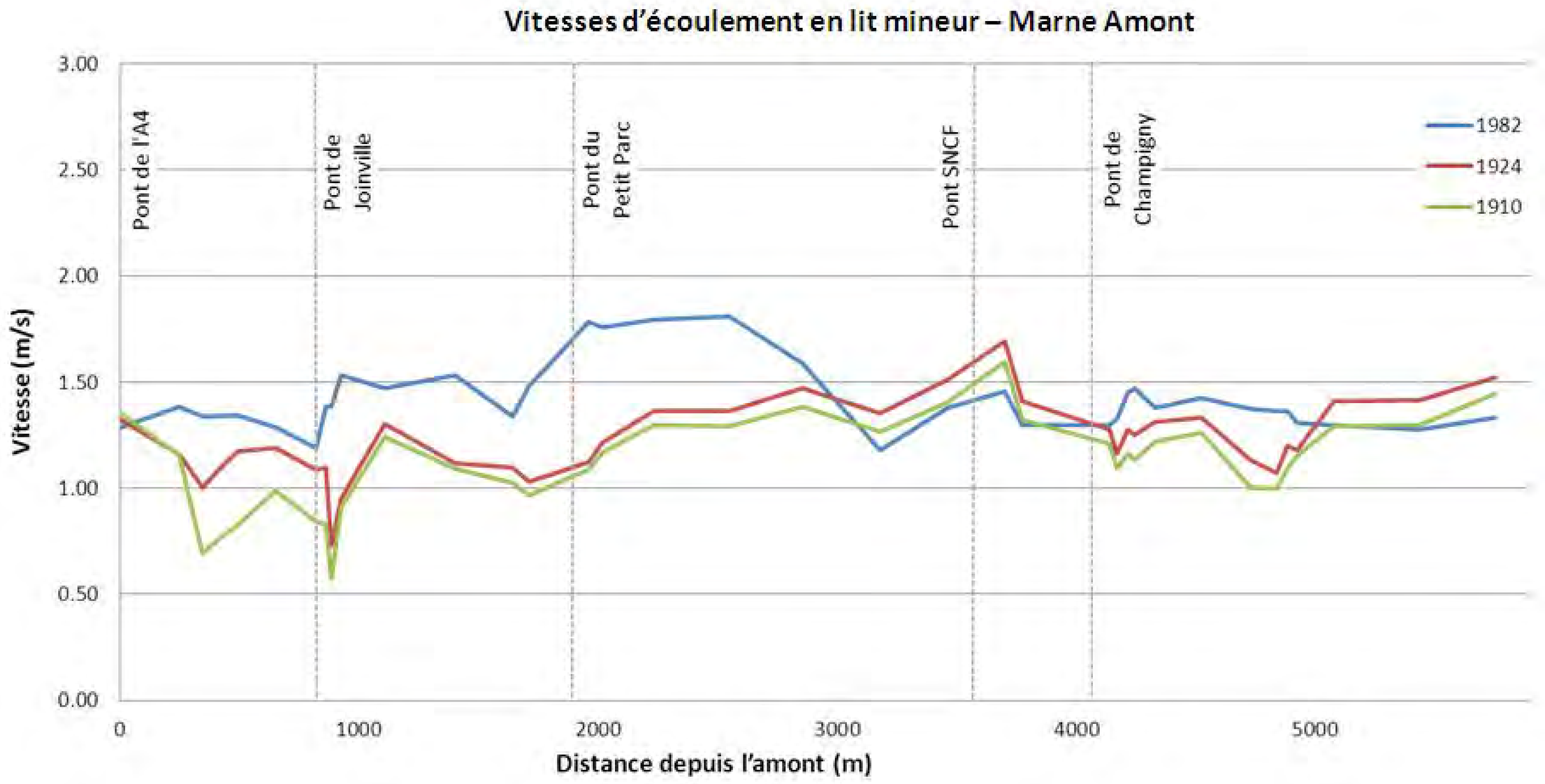
* niveau d'eau simulé dans le lit mineur (ouvrage non inondé lors de la crue)

Les graphiques, figurant pages suivantes, présentent les profils en long des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement du bras principal de la Marne Amont obtenues lors de la simulation des différentes crues.

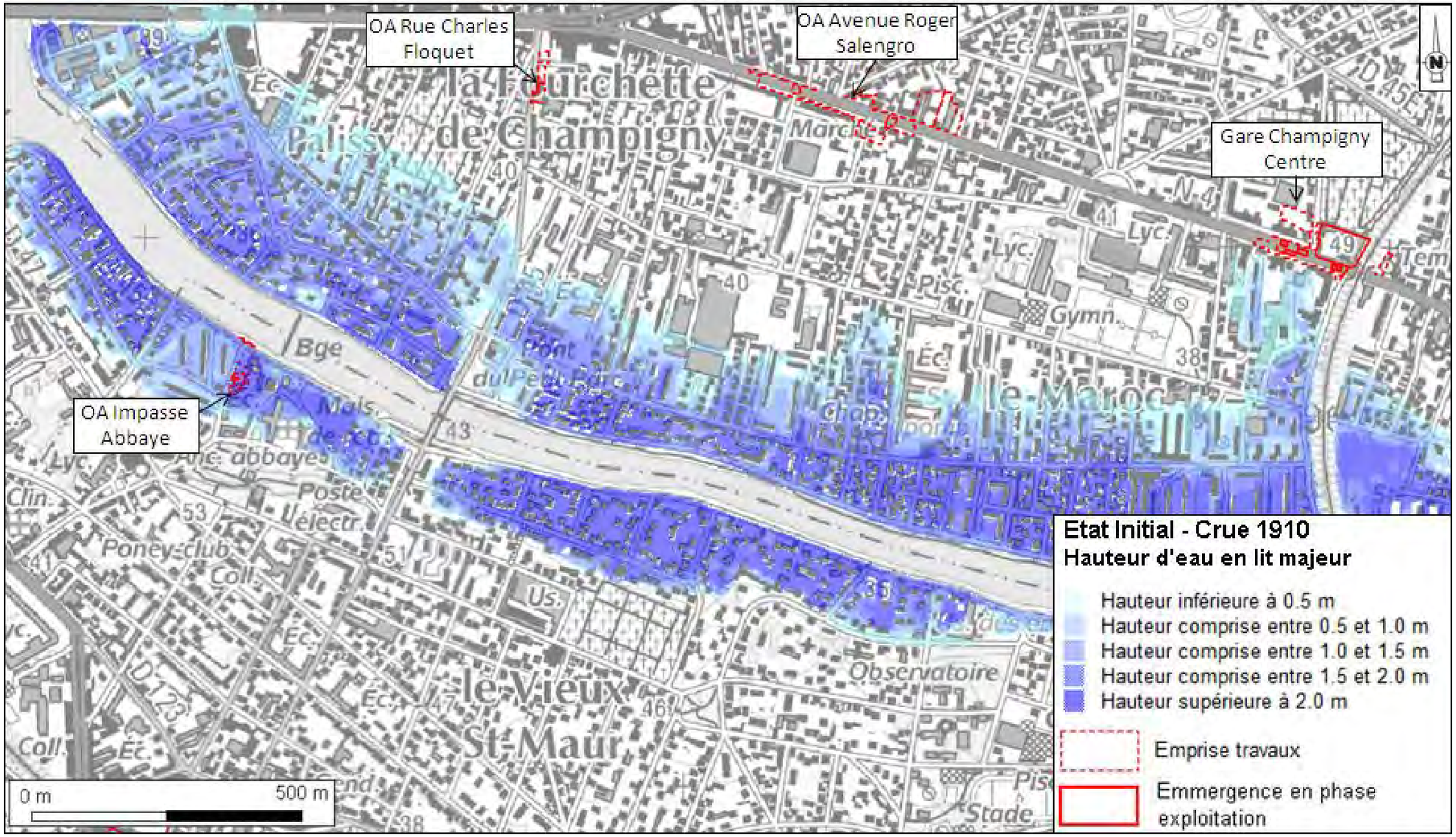
Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement en lit majeur obtenues par la simulation de la crue débordante de 1910 sont présentées à la suite des graphiques présentant les lignes d'eau et les vitesses d'écoulement des différents évènements.



Graphique 6 : Lignes d'eau de la Marne Amont en lit mineur – Bras principal



Graphique 7 : Vitesses d'écoulement de la Marne Amont en lit mineur – Bras principal



Carte 12 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Marne Amont



Carte 13 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Marne Amont

1.4.2 Phase chantier

1.4.2.1 Définition et modélisation de la phase chantier

La phase chantier correspond à la période durant laquelle les travaux du projet du Grand Paris Express auront lieu. Il s'agit d'une phase temporaire durant environ un an pour l'ouvrage annexe.

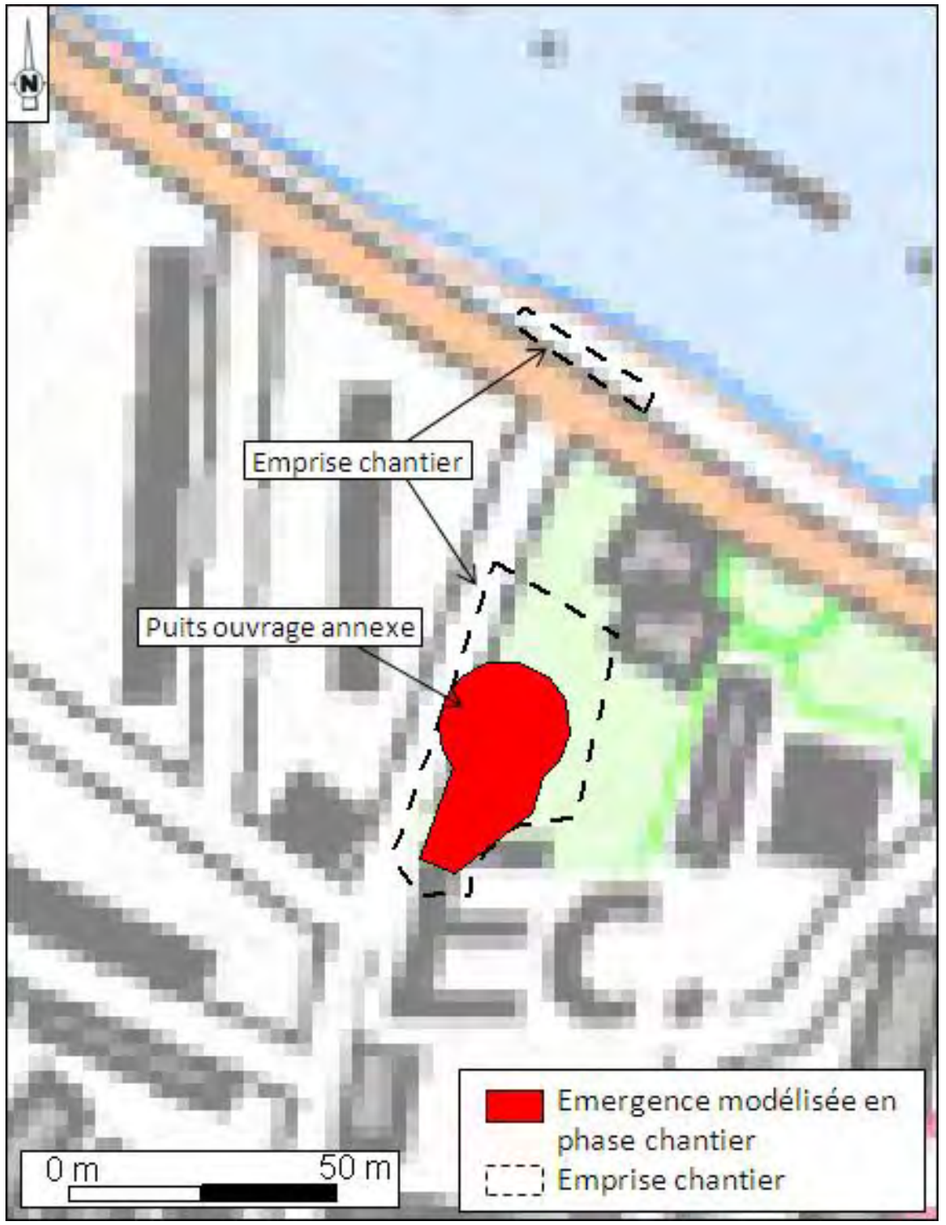
L'ensemble des puits (puits des ouvrages annexes, boîte gare) sera mis hors d'eau afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel pour les crues similaires à la crue de 1910.

a. OA Impasse Abbaye

Pendant toute la durée du chantier, les parois des infrastructures sont rehaussées de 20 cm par rapport à la cote de la crue de 1910 (37.93 m NGF) afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel. La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

La modélisation de la phase travaux a été réalisée en considérant la « boîte » de l'ouvrage annexe comme non submersible.

L'emprise ainsi considérée comme non submersible est présentée sur la carte suivante.



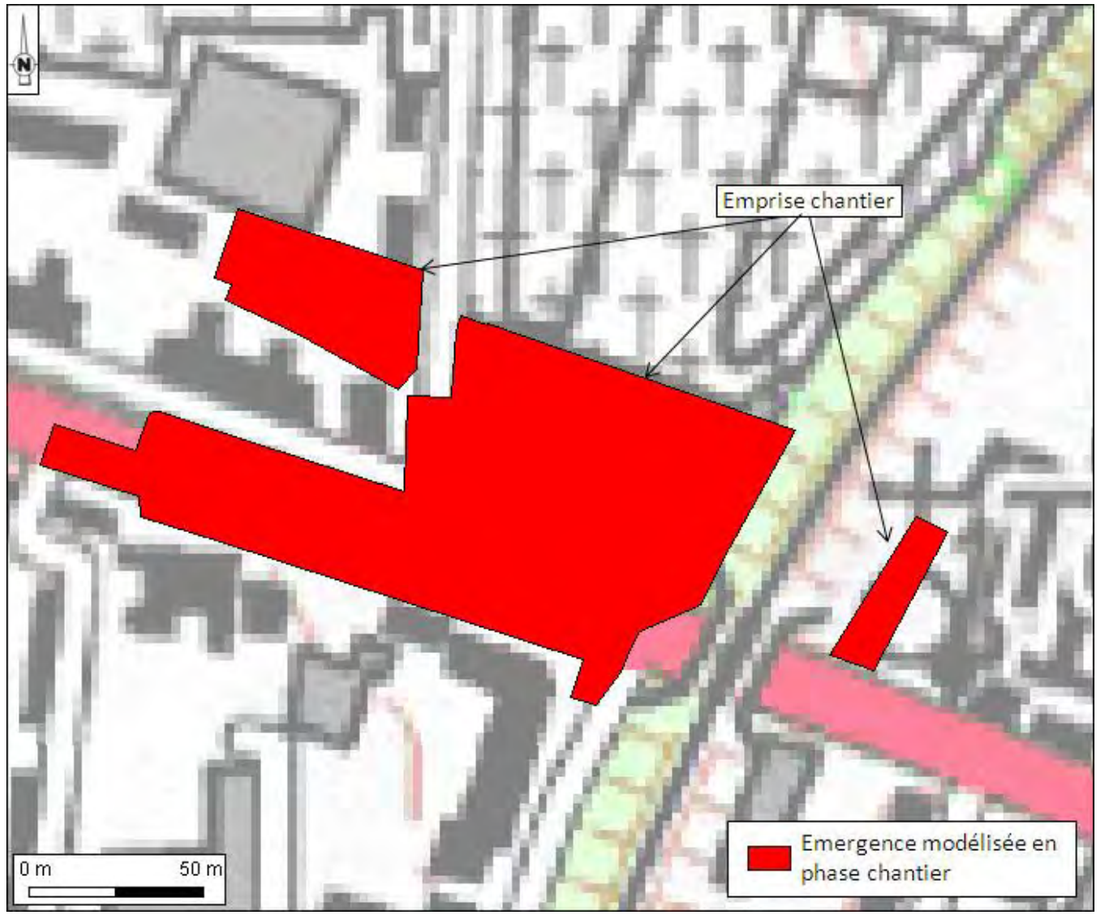
Carte 14 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Impasse Abbaye

b. Gare de Champigny Centre

La gare de Champigny Centre étant située en limite de zone inondable pour la crue de 1910, aucune incidence n'est attendue sur les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau (gare située en zone de stockage des crues).

Cette gare a tout de même été modélisée.

En phase chantier, la totalité de l'emprise travaux est considérée comme insubmersible. Cette emprise est présentée sur la carte suivante.



Carte 15 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de la gare de Champigny Centre

1.4.2.2 Incidences hydrauliques en phase chantier

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante et aucune modification du lit mineur n'étant prévue par le projet du Grand Paris Express, le projet n'a pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement (niveaux d'eau et vitesses d'écoulement).

b. Crue de 1924 (crue cinquantennale)

La crue de 1924 étant non débordante au droit du projet et aucune modification du lit mineur n'étant prévue, le projet n'a pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement (niveaux d'eau et vitesses d'écoulement).

c. Crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI du Val-de-Marne. Seul l'ouvrage annexe Impasse Abbaye est situé dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910. Ainsi, seul cet aménagement peut avoir une influence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, un impact non significatif est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement (respectivement inférieur à 1 cm et 0.1 m/s).

Lors de la phase travaux, l'incidence sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 se traduit par un léger rehaussement très local de la ligne d'eau correspondant à un impact faible (de l'ordre de 1,5 cm) à proximité immédiate de l'ouvrage.

Lors de la phase travaux, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact modéré (jusqu'à 0,12 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.

La phase travaux présente donc un impact faible et très localisé sur les niveaux d'eau (inférieur à 1,5 cm) et un impact modéré et très localisé sur les vitesses d'écoulement en lit majeur (inférieur à 0,12 m/s) pour la crue de 1910. Le projet a un impact non significatif sur les caractéristiques de l'écoulement en lit mineur (impact sur les niveaux inférieur à 1 cm et impact sur les vitesses d'écoulement inférieur à 0,1 m/s).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase chantier) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes ci-après.



Carte 16 : Incidence de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Impasse Abbaye



Carte 17 : Incidence de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Impasse Abbaye

1.4.3 Phase exploitation

1.4.3.1 Définition et modélisation de la phase exploitation

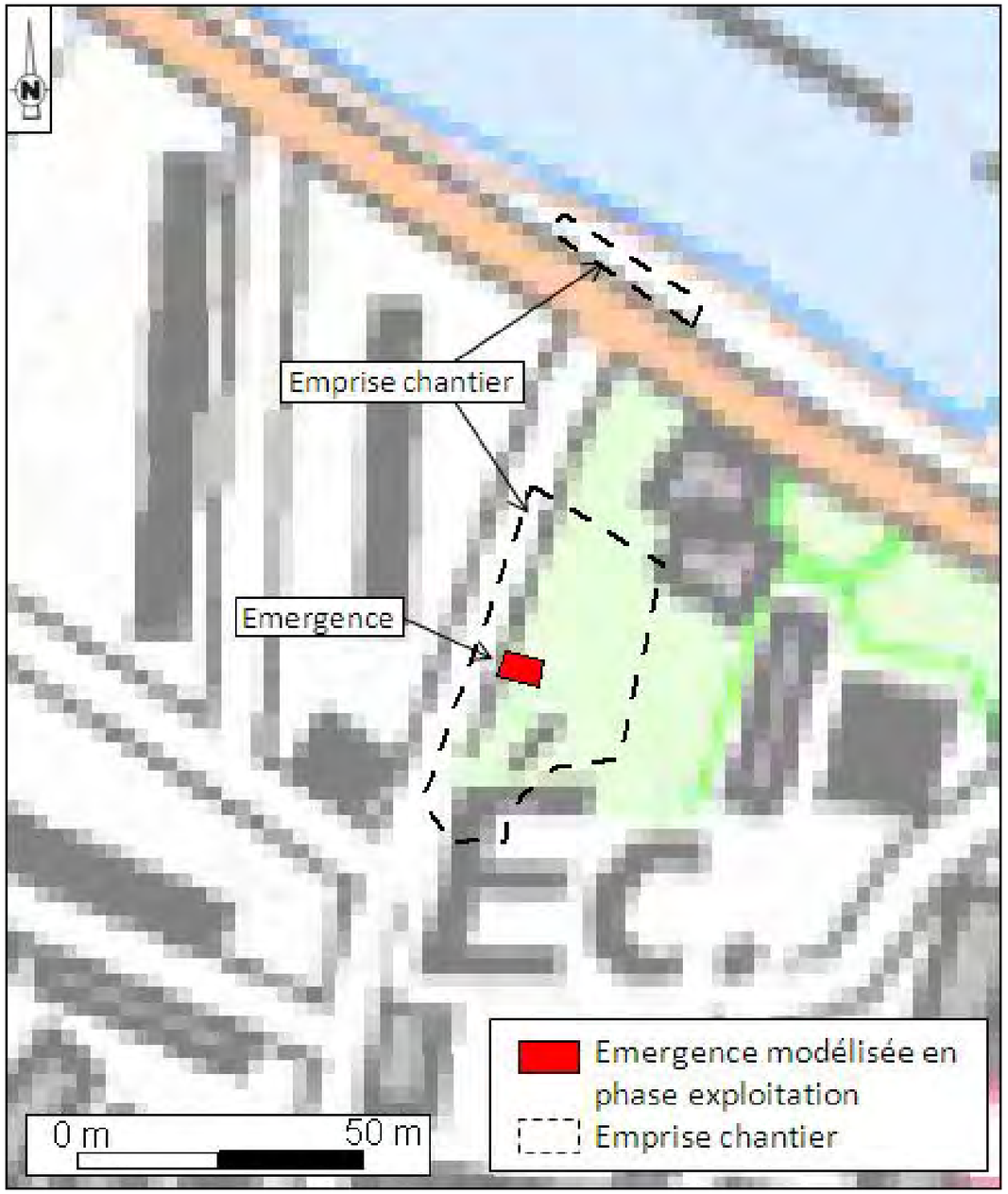
La phase exploitation correspond à la période durant laquelle le métro de la ligne 15 Sud sera en service. Il s'agit de l'état final du projet.

a. OA Impasse Abbaye

En phase définitive, les trappes d'accès matériel, les grilles de ventilation et les accès secours seront rehaussés au-dessus-de la cote de la crue de 1910 pour éviter les entrées d'eau dans le tunnel.

Ainsi, au droit de l'OA Impasse Abbaye, la modélisation de la phase exploitation consiste à considérer : l'émergence de l'ouvrage (grille de ventilation, trappes, accès secours) comme non submersible.

L'émergence ainsi considérée comme non submersible est présentée sur la carte suivante.



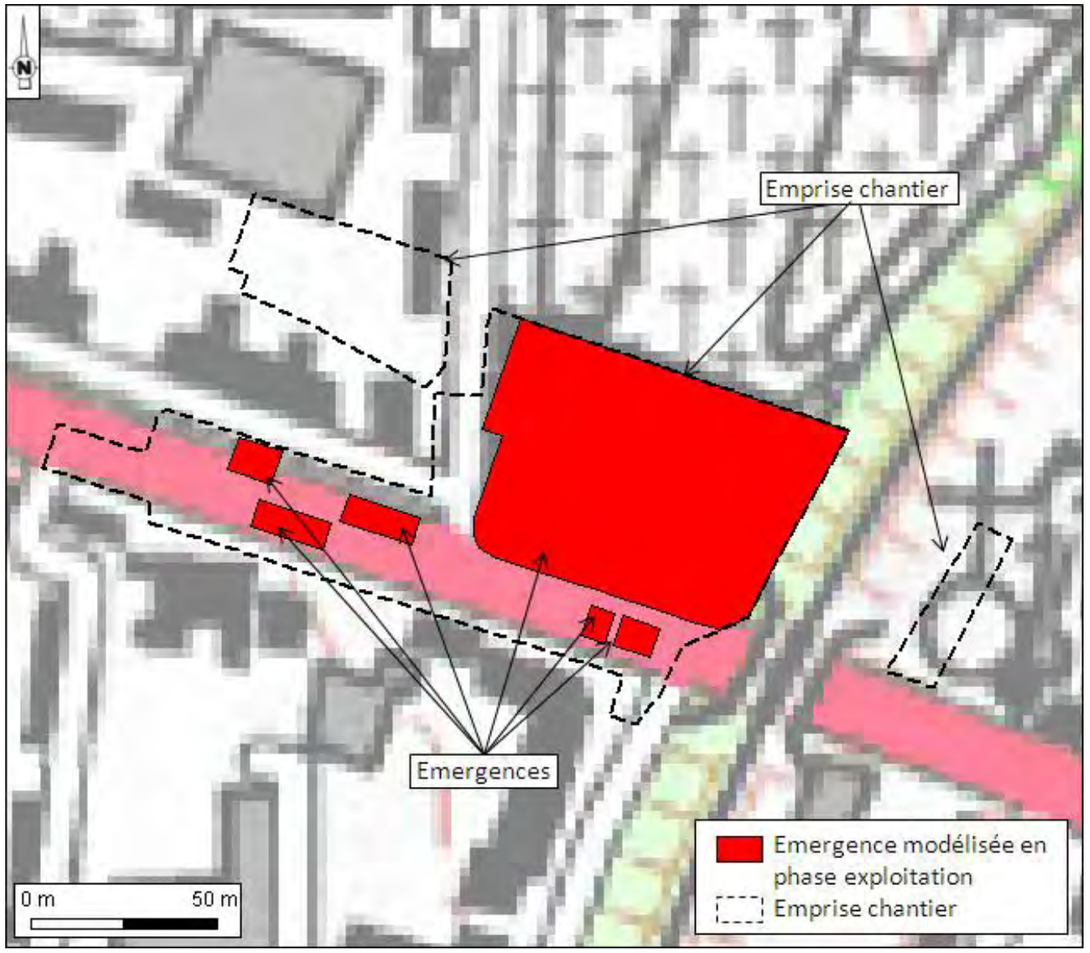
Carte 18 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Impasse Abbaye

b. Gare de Champigny Centre

La gare de Champigny Centre étant située en limite de zone inondable pour la crue de 1910, aucune incidence n'est attendue sur les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau (gare située en zone de stockage des crues).

Cette gare a tout de même été modélisée.

En phase exploitation, la gare, les grilles de ventilation et les accès à la gare sont considérés insubmersible. Les emprises ainsi modélisée comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



Carte 19 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de la gare de Champigny Centre

1.4.3.2 Incidences hydrauliques en phase exploitation

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante et aucune modification du lit mineur n'étant prévue par le projet du Grand Paris Express, le projet n'a pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement (niveaux d'eau et vitesses d'écoulement).

b. Crue de 1924 (crue cinquantennale)

La crue de 1924 étant non débordante au droit du projet et aucune modification du lit mineur n'étant prévue, le projet n'a pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement (niveaux d'eau et vitesses d'écoulement).

c. Crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI du Val-de-Marne. Seul l'ouvrage annexe Impasse Abbaye est situé dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910. Ainsi, seul cet aménagement peut avoir une influence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact significatif n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement (respectivement inférieur à 1 cm et 0.1 m/s).

Lors de la phase exploitation, un impact non significatif est observé en lit majeur (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement).

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur pour la crue de 1910 (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau, inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit mineur et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit majeur).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes ci-après.



Carte 20 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Impasse Abbaye



Carte 21 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Impasse Abbaye

1.4.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques – Marne amont

1.4.4.1 Phase travaux

En phase travaux, le projet du Grand Paris Express a un impact faible et très localisé sur les niveaux d'eau (de l'ordre de 1.5 cm) et un impact modéré et très localisé sur les vitesses d'écoulement (jusqu'à 0.12 m/s) en lit majeur pour la crue de 1910. Les crues d'occurrences inférieures étant non débordantes et aucun aménagement n'étant prévu en lit mineur, aucun impact n'est observé.

1.4.4.2 Phase exploitation

En phase exploitation, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur (impact inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement), quelle que soit la crue étudiée.

1.5 Incidences hydrauliques du projet – Marne aval

1.5.1 Etat de référence

1.5.1.1 Descriptifs des zones inondées en fonction des crues simulées

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982, d'occurrence décennale, est une crue non débordante : aucune inondation du lit majeure n'est observée.

Cette crue étant contenue dans le lit mineur, seuls des ouvrages qui y sont implantés peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, le projet n'aura aucune incidence pour cette crue.

b. Crue de 1924 (crue cinquantennale)

La crue de 1924, d'occurrence d'environ cinquante ans, est une crue faiblement débordante. En effet, comme le montre les cartographies ci-après, les seules inondations observées lors de cet évènement se situent en rive gauche.

Ainsi, seuls des ouvrages présents en lit majeur gauche ou en lit mineur peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Le seul ouvrage présent en zone inondable pour la crue de 1924 et pouvant influencer les caractéristiques de l'écoulement est l'Ouvrage Annexe Rue du Port Créteil.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont majoritairement faibles (inférieures à 0,2 m/s). En aval du pont de Créteil, les hauteurs de submersion varient de 0 à 1,5 m.

c. Crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94)

La crue de 1910, d'occurrence centennale, est la crue de référence du PPRI 94. Cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Marne.

Ainsi, tout ouvrage présent dans la zone inondable telle que définie au PPRI du Val-de-Marne peut influer sur les caractéristiques des écoulements de la marne.

Le seul ouvrage présent en zone inondable pour la crue de 1924 et pouvant influencer les caractéristiques de l'écoulement est l'Ouvrage Annexe Rue du Port Créteil.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont majoritairement faibles (inférieures à 0,2 m/s). Toutefois, à proximité du lit mineur, les vitesses sont plus importantes et varient entre 0,2 à 0,5 m/s (voir 1 m/s en rive droite). Des hauteurs de submersion de plus de 2 m sont observables lors de la crue de 1910 sur la quasi-totalité de l'emprise inondable.

1.5.1.2 Présentation des résultats

Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau modélisés pour chacune des crues au droit des ouvrages de la ligne 15 Sud.

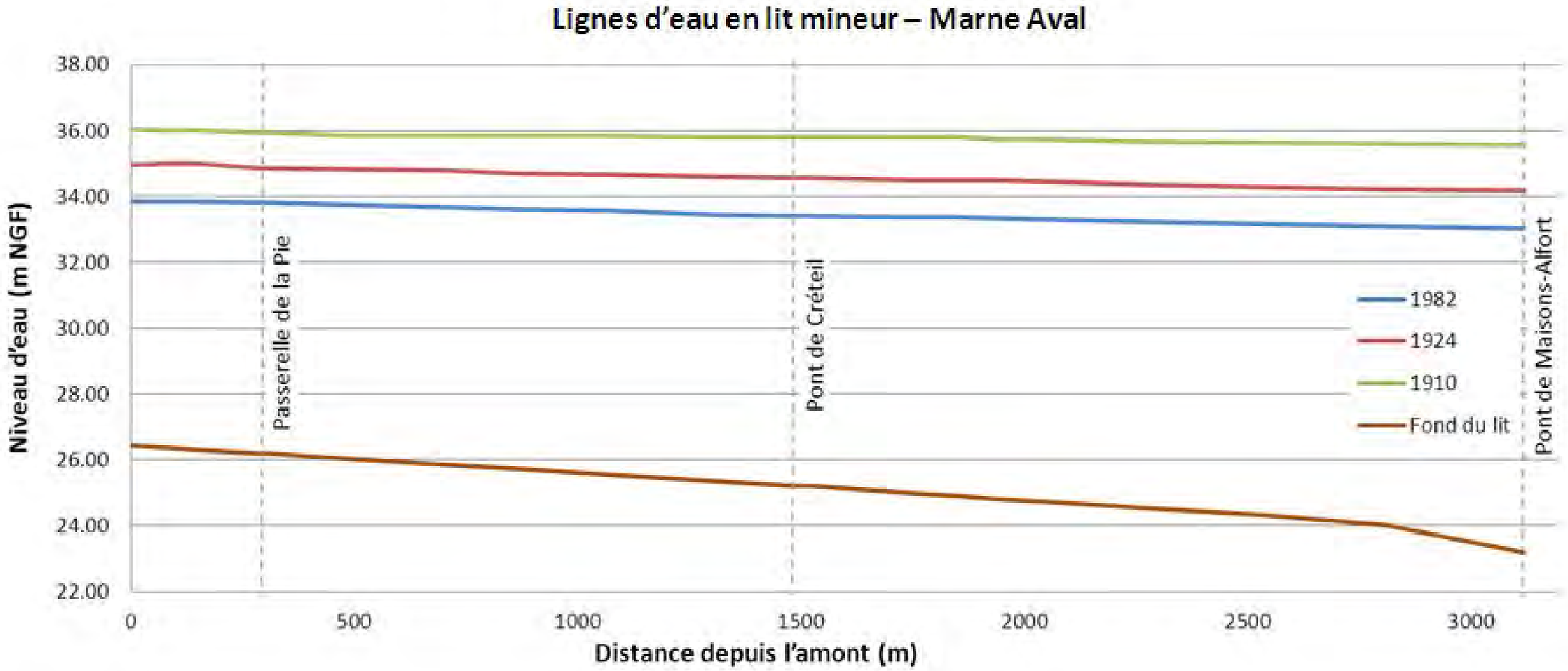
Tableau 12 : Niveaux d'eaux simulés au droit des ouvrages

Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF)		
	1982	1924	1910
OA Rue du port Créteil	33.38*	34.35	36.05
Gare Saint-Maur Créteil	-	-	-

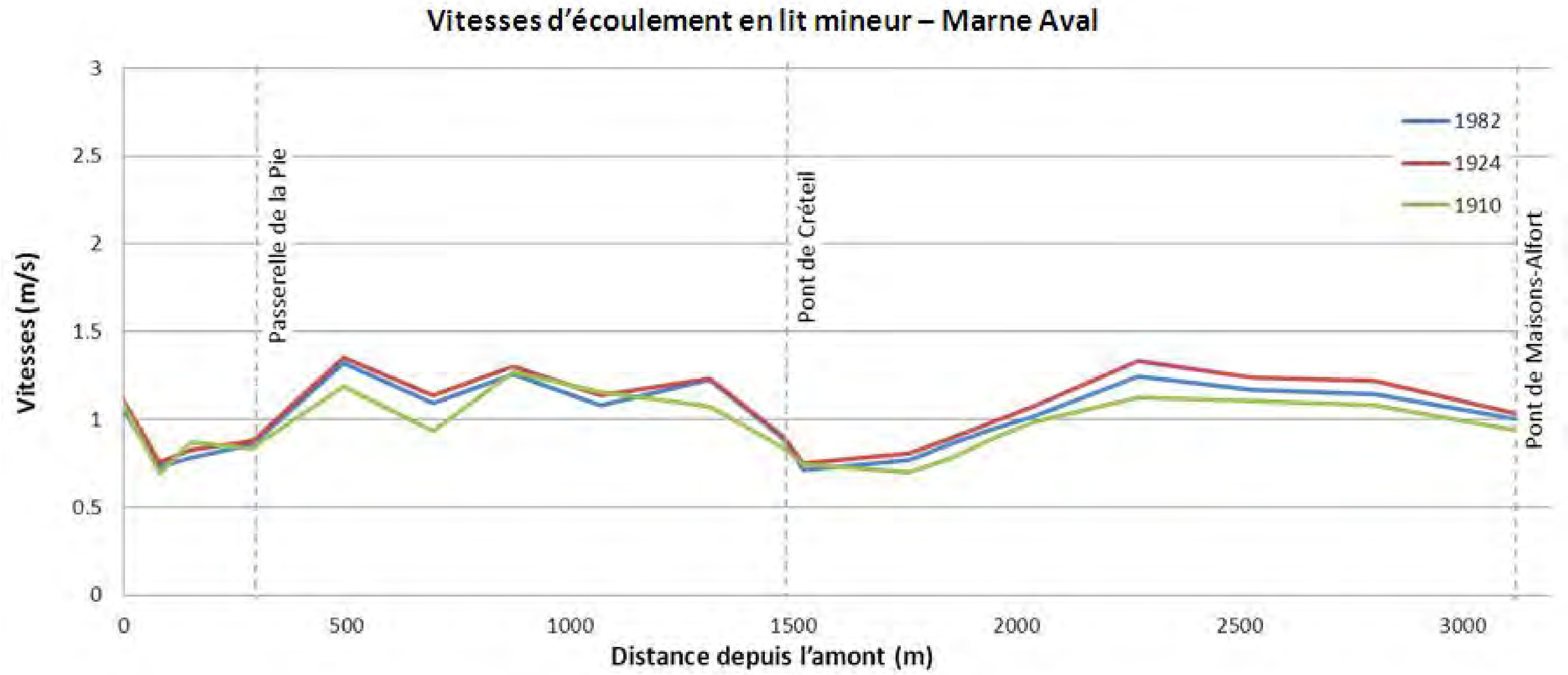
* niveau d'eau simulé dans le lit mineur (ouvrage non inondé lors de la crue)

Les graphiques, figurant pages suivantes, présentent les profils en long des lignes d'eau et des vitesses d'écoulement du bras principal de la Marne Aval obtenues lors de la simulation des différentes crues.

Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement en lit majeur obtenues par la simulation des crues débordantes sont présentées à la suite des graphiques présentant les lignes d'eau et les vitesses d'écoulement des différents évènements.



Graphique 8 : Lignes d'eau de la Marne Aval en lit mineur – Bras principal



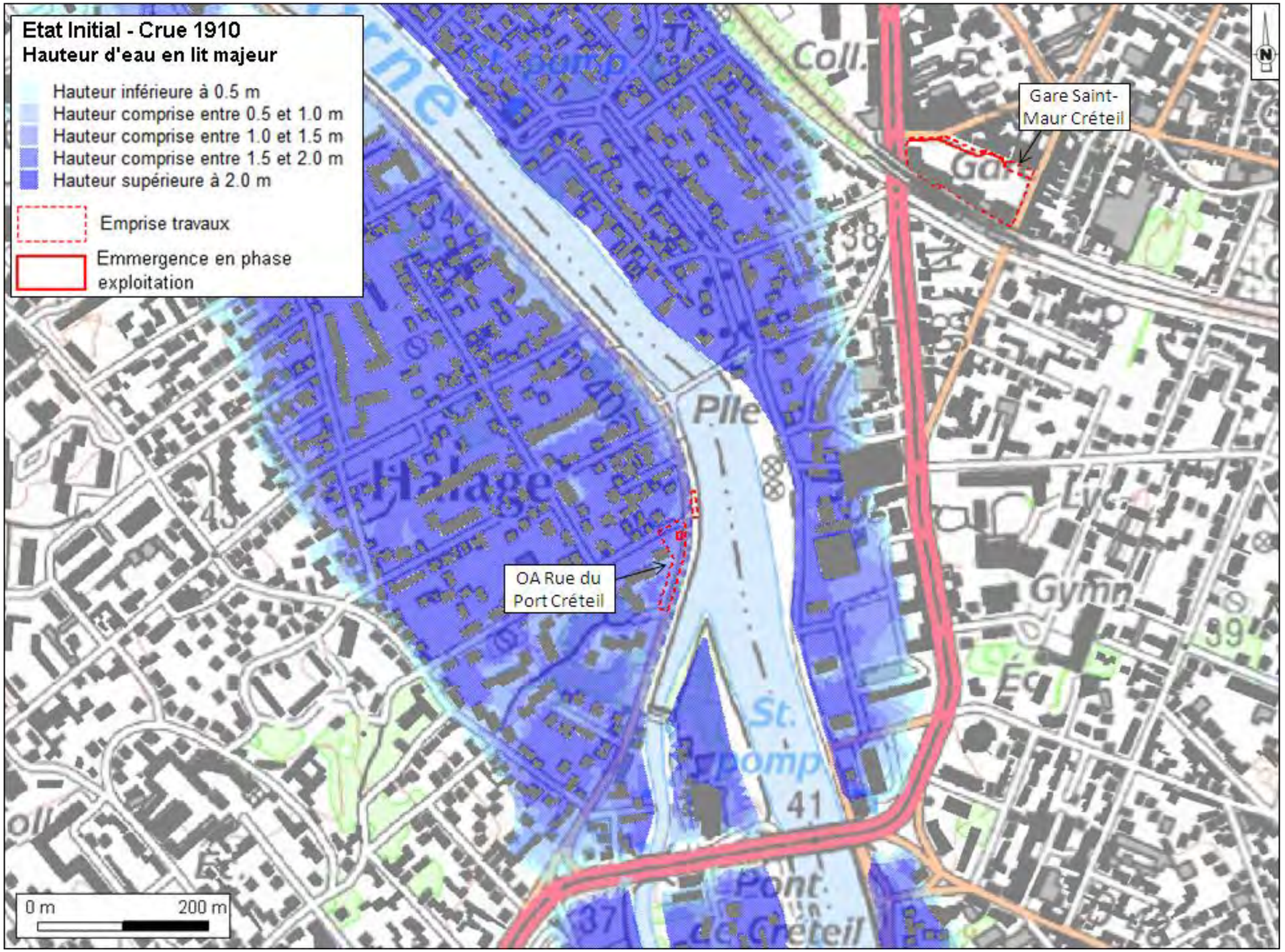
Graphique 9 : Vitesses d'écoulement de la Marne Aval en lit mineur – Bras principal



Carte 22 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue 1924 – Marne Aval



Carte 23 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1924 – Marne Aval



Carte 24 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Marne Aval



Carte 25 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Marne Aval

1.5.2 Phase chantier

1.5.2.1 Définition et modélisation de la phase chantier

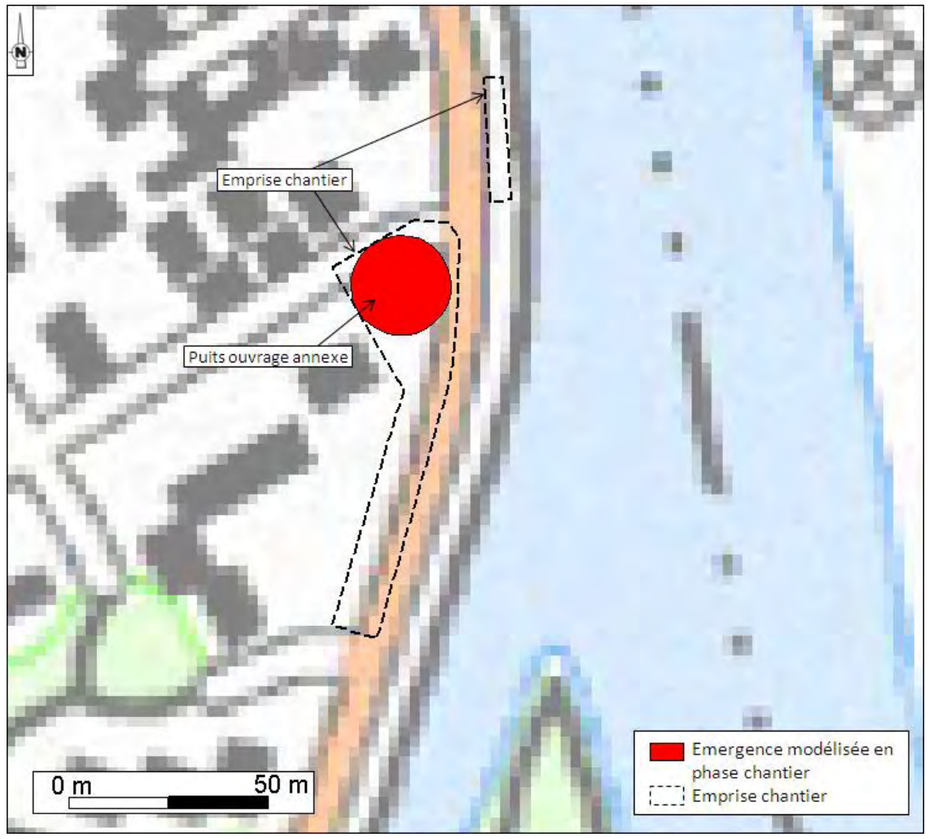
La phase chantier correspond à la période durant laquelle les travaux du projet du Grand Paris Express auront lieu. Il s'agit d'une phase temporaire durant environ un an pour l'ouvrage annexe.

L'ensemble des puits (puits des ouvrages annexes, boîte gare) sera mis hors d'eau afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel pour les crues similaires à la crue de 1910.

a. OA Rue du Port Créteil

Pendant toute la durée du chantier, les parois des infrastructures sont rehaussées de 20 cm par rapport à la cote de la crue de 1910 (35.72 m NGF) afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel. La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP. La modélisation de la phase travaux a été réalisée en considérant la « boîte » de l'ouvrage annexe comme non submersible.

L'emprise ainsi considérée comme non submersible est présentée sur la carte suivante.



Carte 26 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Rue du Port Créteil

b. Gare de Saint-Maur Créteil

La gare de Saint-Maur Créteil étant située hors zone inondable pour la crue de 1910, aucune incidence n'est attendue sur les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau.

1.5.2.2 Incidences hydrauliques en phase chantier

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante et aucune modification du lit mineur n'étant prévue par le projet du Grand Paris Express, le projet n'a pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement (niveaux d'eau et vitesses d'écoulement).

b. Crue de 1924 (crue cinquantennale)

Le lit majeur droit étant protégé par des murettes anti-crues, la crue de 1924 inonde seulement le lit majeur gauche. Seul l'Ouvrage Annexe Rue du Port Créteil est inondé et peut avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, un impact non significatif est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau (inférieur à 1 cm) ou les vitesses d'écoulement (inférieur à 0,1 m/s).

Lors de la phase travaux, aucun impact n'est observé en lit majeur sur les niveaux d'eau.

Lors de cette phase, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1924 se traduise par une légère augmentation très locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact faible (jusqu'à 0,09 m/s) à proximité immédiate de l'OA Rue du Port Créteil.

La phase travaux présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau (inférieur à 1 cm) et un impact faible et très localisé sur les vitesses d'écoulement en lit majeur (inférieur à 0,09 m/s) pour la crue de 1924. Un impact non significatif est observé sur les caractéristiques de l'écoulement en lit mineur (impact sur les niveaux inférieur à 1 cm et impact sur les vitesses d'écoulement inférieur à 0,1 m/s).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase chantier) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes ci-après.



Carte 27 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1924 – Zoom OA Rue du Port Créteil



Carte 28 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1924 – Zoom OA Rue du Port Créteil

c. Crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI du Val-de-Marne. Seul l'ouvrage annexe Rue du Port Créteil est situé dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910. Ainsi, seul cet aménagement peut avoir une influence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement (respectivement inférieur à 1 cm et 0.1 m/s).

Lors de la phase travaux, un impact non significatif (inférieur à 1 cm) est observé en lit majeur sur les niveaux d'eau.

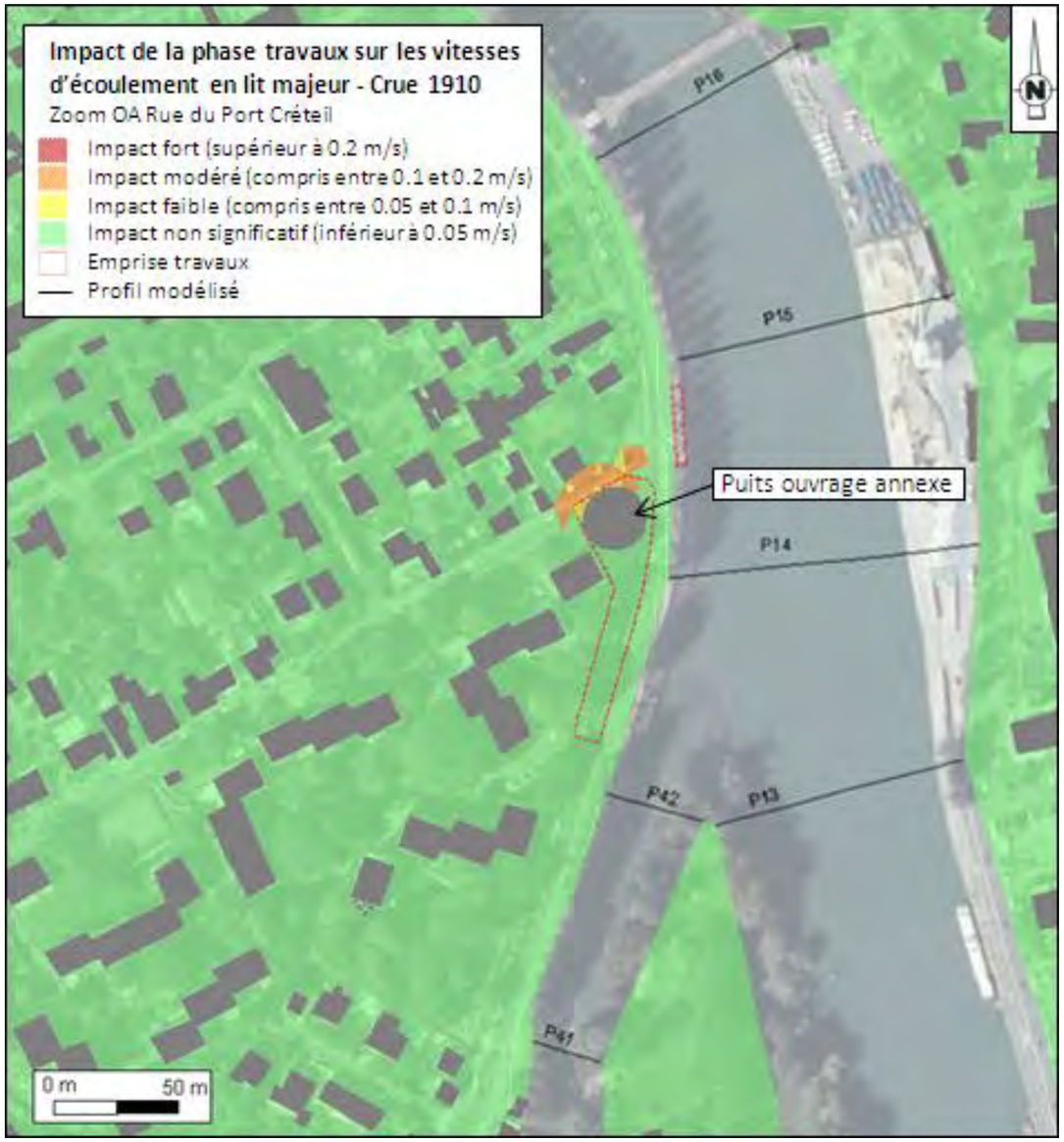
Lors de cette phase, l'incidence sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 se traduit par une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur correspondant à un impact modéré (jusqu'à 0,15 m/s) à proximité immédiate de l'aménagement.

La phase travaux présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau (inférieur à 1 cm) et un impact modéré et très localisé sur les vitesses d'écoulement en lit majeur (inférieur à 0,15 m/s) pour la crue de 1910. Aucun impact significatif n'est observé sur les caractéristiques de l'écoulement en lit mineur (impact sur les niveaux inférieur à 1 cm et impact sur les vitesses d'écoulement inférieur à 0,1 m/s).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase chantier) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes ci-après.



Carte 29 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue du Port Créteil



Carte 30 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue du Port Créteil

1.5.3 Phase exploitation

1.5.3.1 Définition et modélisation de la phase exploitation

La phase exploitation correspond à la période durant laquelle le métro de la ligne 15 Sud sera en service. Il s'agit de l'état final du projet.

En phase définitive, les trappes d'accès matériel, les grilles de ventilation et les accès secours seront rehaussés au-dessus-de la cote de la crue de 1910 pour éviter les entrées d'eau dans le tunnel.

Ainsi, au droit de l'OA Rue du port Créteil, la modélisation de la phase exploitation consiste à considérer : l'émergence de l'ouvrage (grille de ventilation, trappes, accès secours) comme non submersible.



Carte 31 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Rue du Port Créteil

1.5.3.2 Incidences hydrauliques en phase exploitation

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante et aucune modification du lit mineur n'étant prévue par le projet du Grand Paris Express, le projet n'a pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement (niveaux d'eau et vitesses d'écoulement).

b. Crue de 1924 (crue cinquantennale)

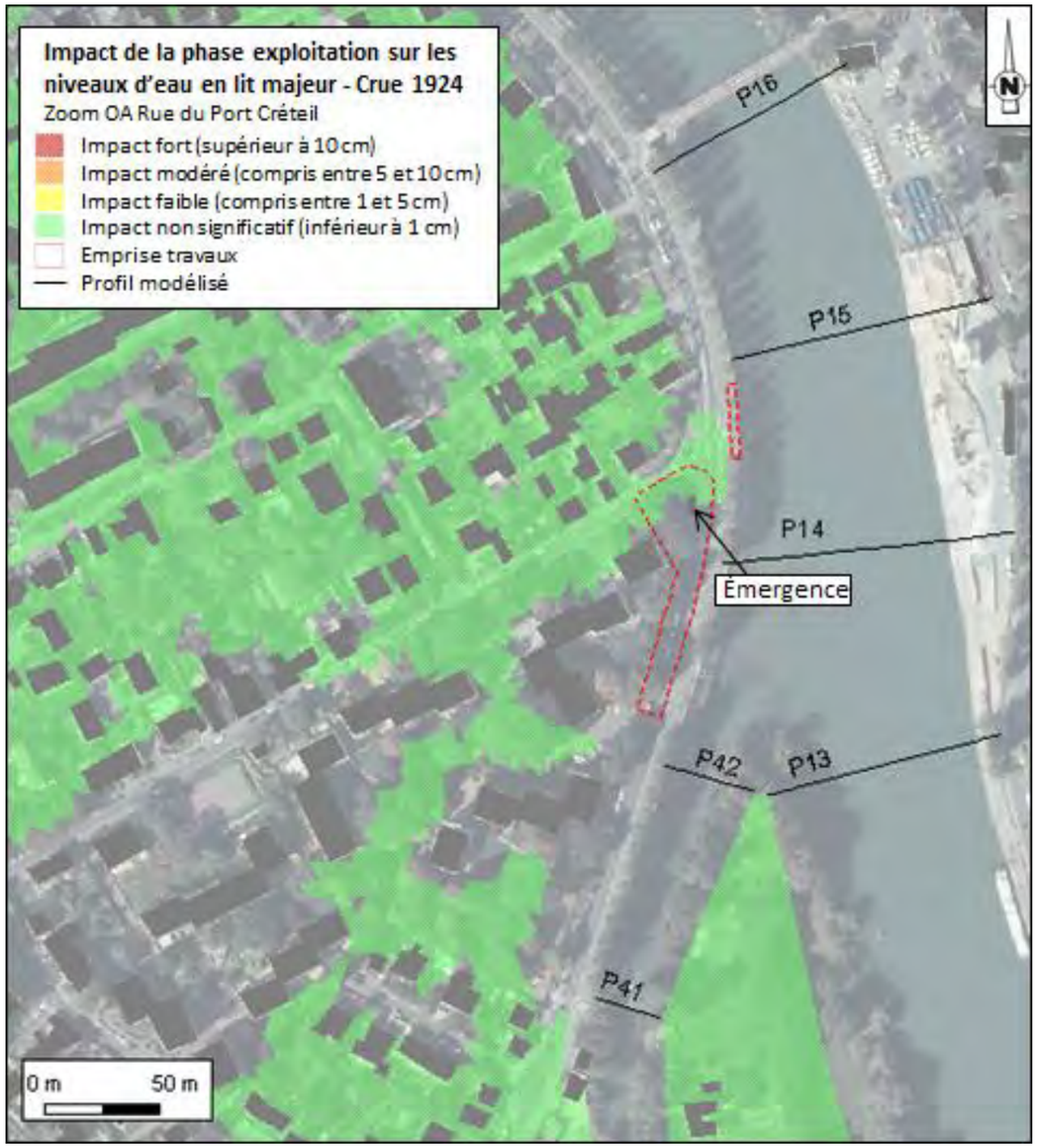
Le lit majeur droit étant protégé par des murettes anti-crues, la crue de 1924 inonde seulement le lit majeur gauche. Seul l'Ouvrage Annexe Rue du Port Créteil est inondé et peut avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, un impact non significatif est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement (respectivement inférieur à 1 cm et 0.1 m/s).

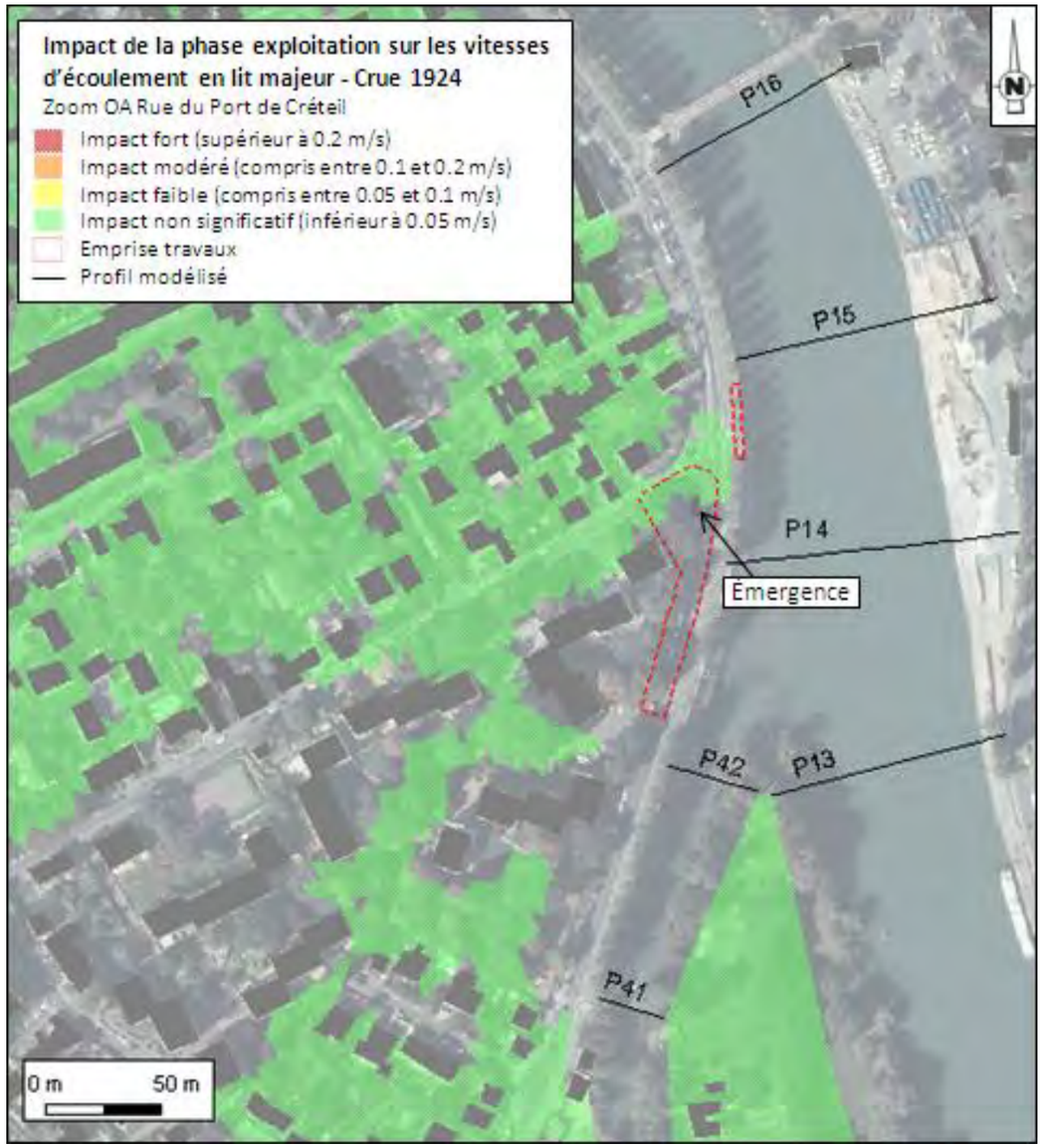
Lors de la phase exploitation, un impact non significatif est observé en lit majeur sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement).

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1924 (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau, inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit mineur et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit majeur).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes ci-après.



Carte 32 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1924 – Zoom OA Rue du Port Créteil



Carte 33 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1924 – Zoom OA Rue du Port Créteil

c. Crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94)

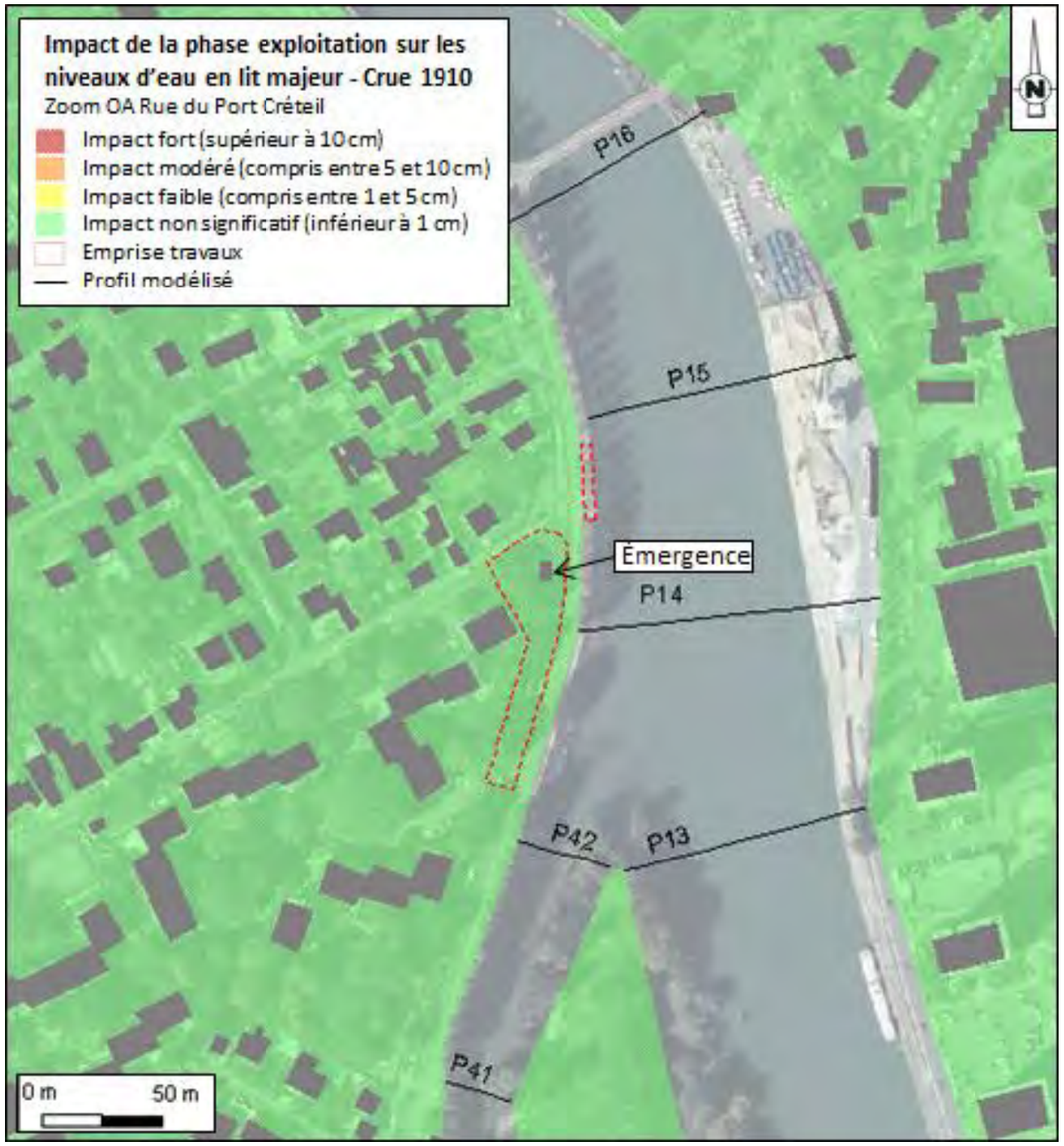
La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI du Val-de-Marne. Seul l'Ouvrage Annexe Rue du Port Créteil est situé dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910. Ainsi, seul cet aménagement peut avoir une influence sur les caractéristiques de l'écoulement.

Aucune modification du lit mineur n'étant prévue, aucun impact significatif n'est observé en lit mineur que ce soit sur les niveaux d'eau ou les vitesses d'écoulement (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement).

Lors de la phase exploitation, aucun impact significatif n'est observé en lit majeur sur les niveaux d'eau.et les vitesses d'écoulement (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit majeur).

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau, inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit mineur et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit majeur).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes ci-après.



Carte 34 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue du Port Créteil



Carte 35 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue du Port Créteil

1.5.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques – Marne amont

1.5.4.1 Phase travaux

En phase travaux, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau (inférieur à 1 cm) et présente un impact modéré et très localisé (de l'ordre de 0,15 m/s) sur les vitesses d'écoulement en lit majeur pour la crue de 1910 (impact faible sur les vitesses pour la crue de 1924). La crue de 1982 étant non débordante et aucun aménagement n'étant prévu en lit mineur, ce dernier présente un impact non significatif (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement).

1.5.4.2 Phase exploitation

En phase exploitation, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur quelle que soit la crue étudiée (impact inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau, inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit mineur et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement en lit majeur).

1.6 Mise en œuvre de mesures de réduction et/ou de compensation

1.6.1 Mesures générales de limitation des impacts

La principale mesure d'évitement du risque inondation est d'éviter de construire en zone inondable.

La principale mesure de réduction du risque inondation est de réduire la vulnérabilité des futurs aménagements. Pour ce faire, l'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm.

En phase travaux, l'ensemble des puits seront mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm. Une paroi périphérique permettra ainsi de rehausser celles des puits. Cette mesure essentielle permettra d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers et dans le tunnel.

Un important travail d'optimisation a été réalisé en phase de conception afin de réduire l'impact des aménagements sur les crues.

Un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage (voir détails par ouvrage dans le chapitre suivant).

Des mesures compensatoires ont été trouvées afin de compenser ces volumes soustraits, parmi les principales mesures :

- la suppression de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;
- le décaissement du terrain naturel ;
- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures ;
- la création de bassins enterrés dédiés à la compensation des crues.

En phase chantier, les bases vie seront installées sur pilotis au-dessus de la côte de crue centennale pour permettre la libre circulation des eaux.

1.6.2 Compensation des volumes prélevés à la crue

1.6.2.1 Méthodologie retenue

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne fait que les « infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisées sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale » (Titre 2-Art.3.2.1, chapitres 1 à 5). Le règlement précise en outre que « tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. » (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5). Le projet s'attache à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur uniquement.

Le projet vise à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en phase exploitation et chantier, le cas échéant.

En effet, les textes réglementaires en vigueur imposent d'assurer la conservation des champs d'expansion des crues (principalement par la compensation des volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur) en phase exploitation, une fois la période de travaux achevée. La phase chantier n'est pas évoquée au sein des PPRI en vigueur.

1.6.2.2 Evaluation de la réduction de l'expansion des crues en phase travaux

Sans objet

1.6.2.3 Evaluation de la réduction de l'expansion des crues en phase exploitation

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'évaluation des volumes soustraits à la crue.

Les classes d'impacts sur les volumes soustraits ont été définies comme suit :

- Impact non significatif : volume soustrait à la crue inférieure à 200 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements limités en surface, tels que de l'habitat individuel ou des édicules ;
- Impact faible : volume soustrait à la crue entre 200 m^3 et 1 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface inférieure à 5 000 m^2, tels que de l'habitat collectif ou des émergences de gare ;
- Impact modéré : volume soustrait à la crue entre 1 000 m^3 et 5 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface de l'ordre de l'hectare, tels que des lotissements ;
- Impact fort : volume soustrait à la crue au-delà de 5 000 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements en surface au-delà de 5 hectares. Il s'agit alors de projets d'aménagement d'envergure, tels que des Zones d'Aménagement Concerté (ZAC).

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Tableau 13 : Définition des classes d'impact par rapports aux volumes soustraits à la crue

Classe	Critère sur les volumes soustraits à la crue
Impact non significatif	V < 200 m^3
Impact faible	200 m^3 ≤ V < 1 000 m^3
Impact modéré	1 000 m^3 ≤ V < 5 000 m^3
Impact fort	V ≤ 5 000 m^3

a. OA Impasse Abbaye

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 14 : Calcul des volumes soustraits à la crue – OA Impasse Abbaye

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m^2)	Volume soustrait par tranche (en m^3)
1	[36,71 ; 37,21]	0,50	160	80
2	[37,21 ; 37,71]	0,50	160	80
3	[37,71 ; 37,93]	0,22	160	35
TOTAL	[36,71 ; 37,93]	1,22	-	195

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 195 m^3.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +33,68 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 195 m^3.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.

b. OA Rue du Port Créteil

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de quatre pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 15 : Calcul des volumes soustraits à la crue – OA Rue du Port Créteil

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[34,15 ; 34,65]	0,50	130	65
2	[34,65 ; 35,15]	0,50	130	65
3	[35,15 ; 35,65]	0,50	130	65
4	[35,65 ; 35,72]	0,07	130	10
TOTAL	[34,21 ; 35,72]	1,57	-	205

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 205 m³.

7La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +29,28 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 205 m³.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.

1.6.3 Conformité et compatibilité des aménagements sur le secteur de la boucle de la Marne à Saint-Maur-des-Fossés

1.6.3.1 PPRI 94

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les « infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».

A la lecture du règlement, l'aménagement des deux ouvrages annexes concernés apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation « sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale ».

Le règlement précise en outre que « tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. » (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences des ouvrages annexes est compensé (cf. paragraphe 6.2). Le règlement précise explicitement la nécessité de la réalisation d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, est l'objet de ce présent rapport

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les cotes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : l'ensemble de l'infrastructure (gare, ouvrage annexe, tunnel…) sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

1.6.3.2 SDAGE du bassin de la Seine et cours d'eau côtiers normands

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands rappelle que la prévention du risque d'inondation doit être cohérente à l'échelle d'un bassin versant et intégrer l'ensemble des composantes suivantes : évaluation du risque, information préventive, réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes, préservation des zones naturelles d'expansion des crues, urbanisation raisonnée, gestion adaptée des eaux de ruissellement pluviales.

La prévention du risque doit systématiquement être privilégiée à la protection qui peut aggraver la situation en amont et en aval de la zone protégée et dégrader les espaces naturels.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations, dont notamment :

- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues.

Chacune de ces orientations est déclinée en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- Orientation 30, disposition 134. « Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »
  - L'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau jusqu'à la cote de crue centennale + 20 cm. D'autre part, chaque ouvrage a fait l'objet d'une compensation systématique des volumes soustraits à la crue et a fait l'objet d'une analyse des incidences en lit mineur et lit majeur par une modélisation hydro-dynamique (objet du présent rapport) ;
- Orientation 31, disposition 139. « Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »
  - Bien qu'on ne puisse pas considérer, compte tenu du caractère très urbanisé du secteur du projet, que les zones actuelles d'expansion des crues sont des zones « naturelles », le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou

espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

Révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est en cours de révision. Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

Le défi 8 du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.

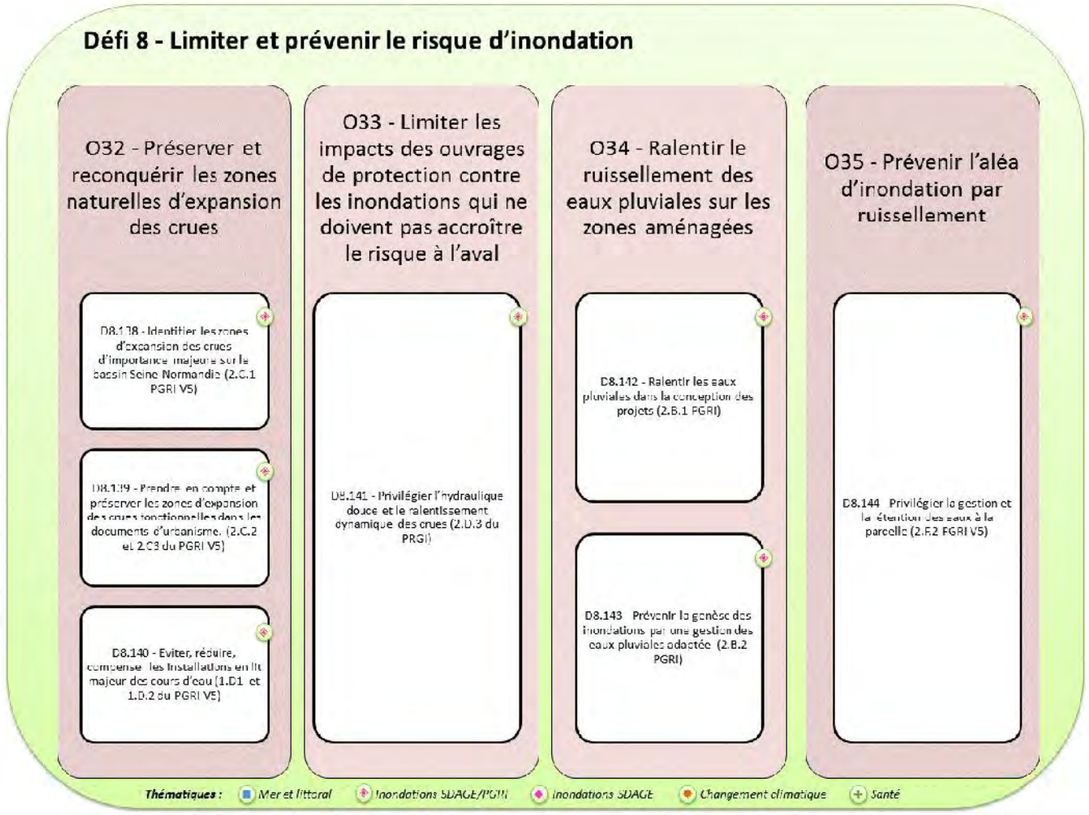


Figure 3 : Projet des orientations et des dispositions du défi 8 de la révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Le projet d'infrastructure détaillé dans le présent rapport est compatible avec le SDAGE en vigueur et conforme à la réglementation en vigueur (PPRI notamment).

En fonction des dispositions qui seront in fine approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Eviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.

Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.

S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.

Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.

Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.

Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.

La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

1.6.3.3 SAGE Marne Confluence

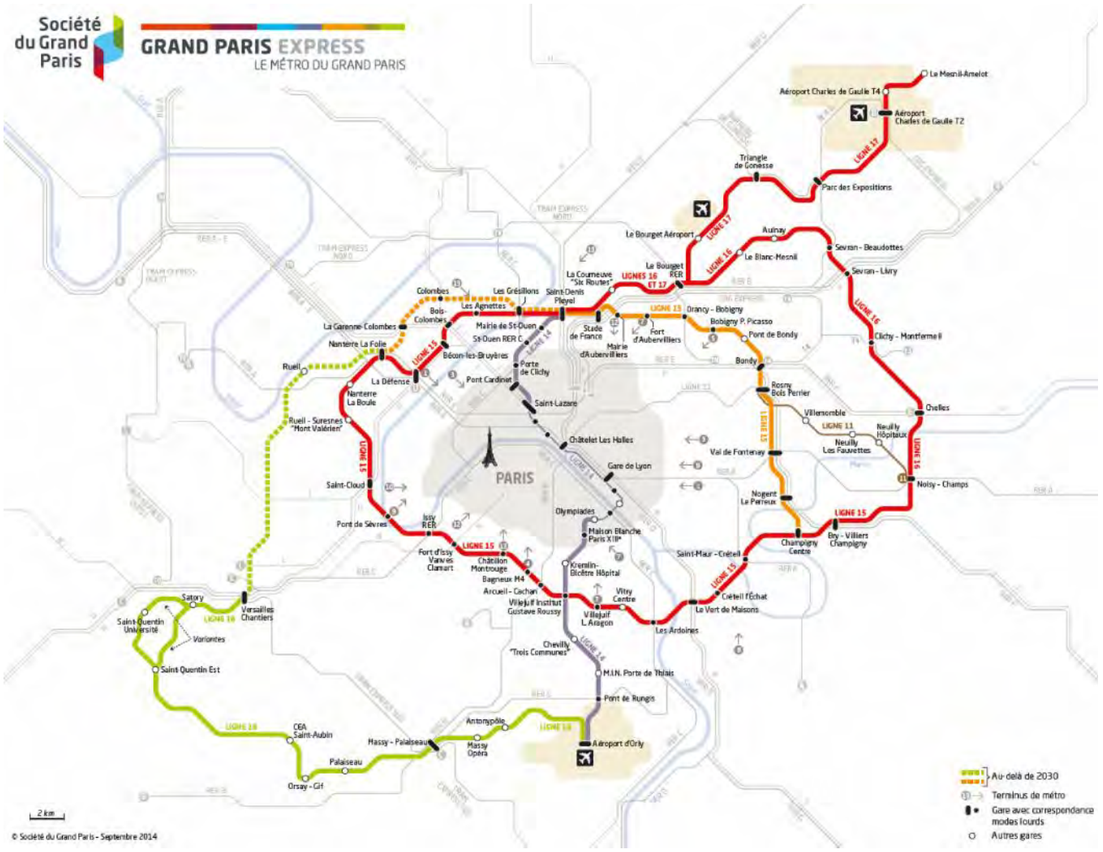
Le SAGE Marne Confluence est actuellement en cours d'élaboration, aucune compatibilité réglementaire n'est nécessaire, toutefois, le projet est compatible avec les préconisations du SAGE dans sa version actuelle.

2 Annexe 2 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais

2.1 Contexte et objet de l'étude

2.1.1 Contexte général

Le Grand Paris est un projet d'aménagement à l'échelle de la métropole francilienne ayant pour objectif d'améliorer le cadre de vie des habitants, de corriger les inégalités territoriales et de construire une ville durable. Ce projet prévoit la création d'un nouveau réseau de métro : le Grand Paris Express. Ce nouveau réseau porte sur l'extension du réseau existant et sur la création de 4 nouvelles lignes de métro automatique (cf. illustration ci-dessous).



Carte 36 : Projet du Grand Paris Express (Source : Société du Grand Paris, Septembre 2014)

La ligne 15 est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une rocade proche de Paris d'une longueur d'environ 75 km. Il s'agit d'un métro totalement souterrain qui reliera 36 nouvelles gares. Cette rocade est composée de trois tronçons dont la mise en service s'échelonne dans le temps :

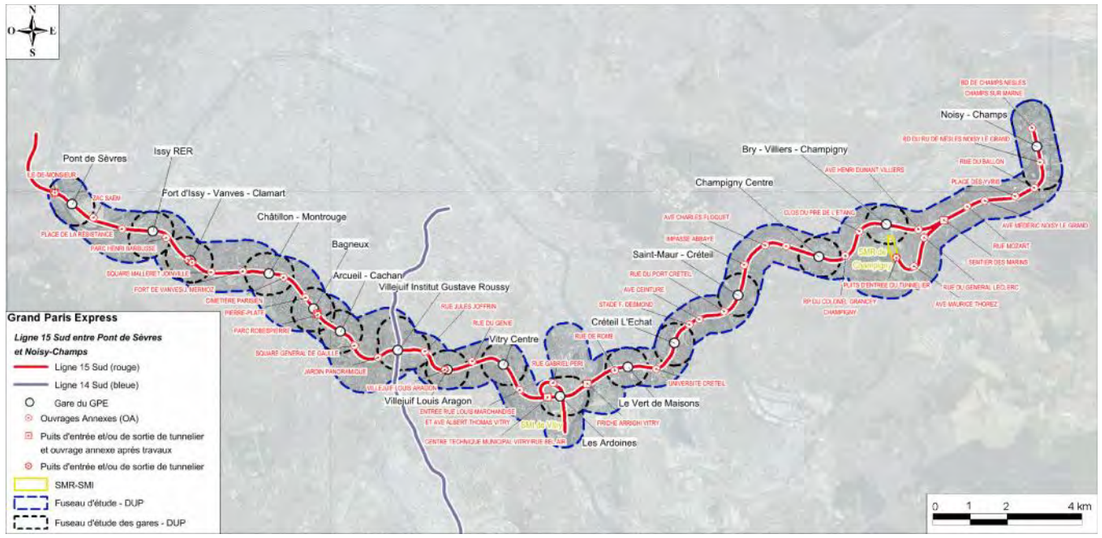
- La Ligne 15 Sud (environ 33 km), sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris (SGP), qui relie la gare de Pont de Sèvres et celle de Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022),

- La Ligne 15 Ouest (environ 21 km), sous maîtrise d'ouvrage SGP, qui relie la gare de Pont de Sèvres à celle de Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027),

- La ligne 15 Est (environ 24 km), sous maîtrise d'ouvrage Stif, qui relie la gare de Saint-Denis Pleyel à celle de Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030).

Ainsi, à l'horizon 2022, le tronçon Sud de la Ligne 15 reliera les gares de Noisy-Champs et Pont de Sèvres sur un linéaire de 33 km en 35 minutes. La totalité des 16 gares de la Ligne 15 Sud seront en correspondance avec les lignes de RER, de métro, de tramway et/ou de transport en commun en site propre.

Cette ligne sera dotée d'un Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) situé au sud du secteur des Ardoines sur la commune de Vitry-sur-Seine et d'un Site de Maintenance et Remisage (SMR) sur la commune de Champigny-sur-Marne.

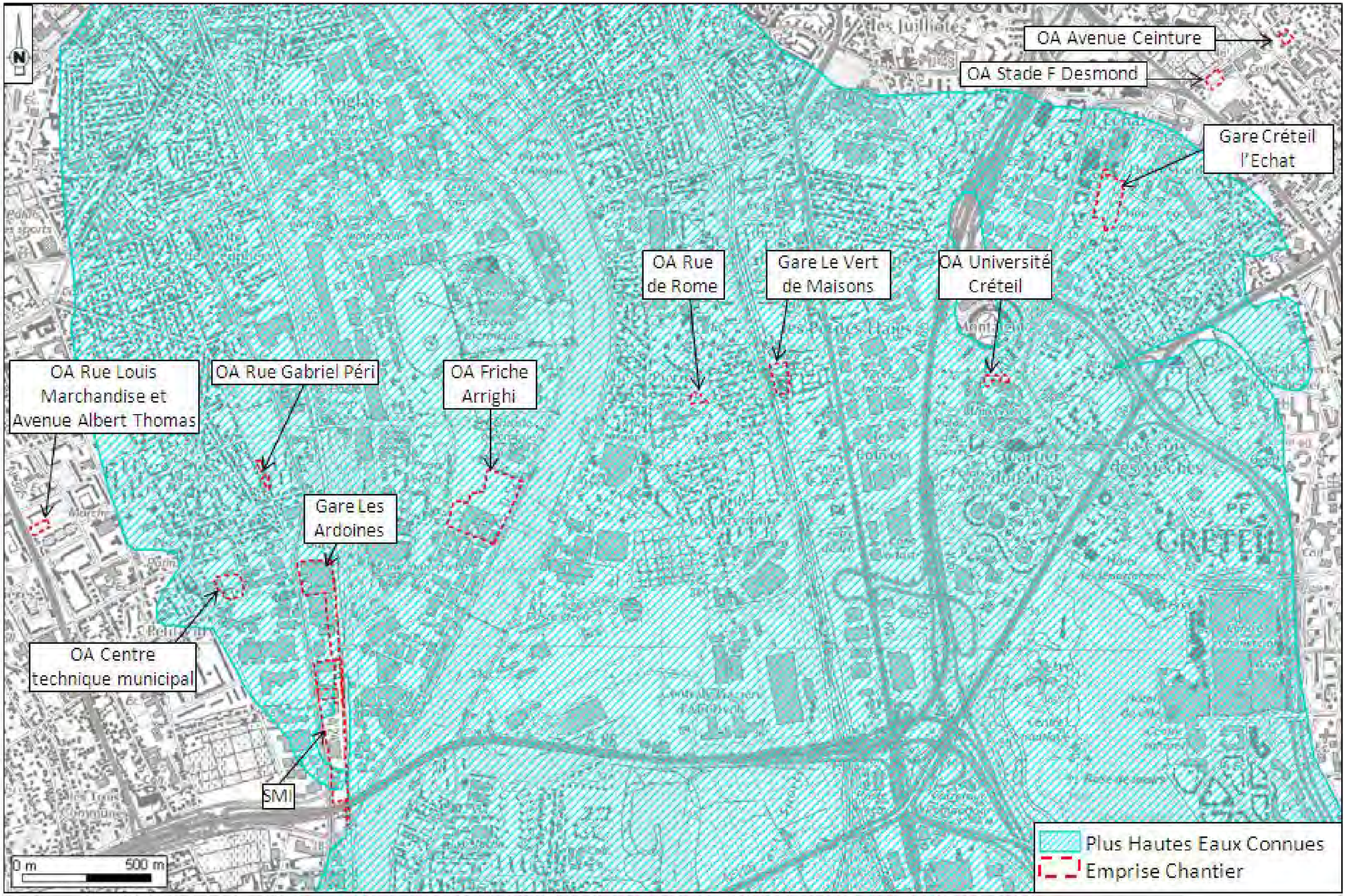


Carte 37 : Ligne 15 Sud du Grand Paris Express (Source : BURGEAP/BIOTOPE, 2014)

Le tracé de la ligne 15 Sud traverse trois cours d'eau :

- la Seine sur le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville et le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt,
- la Marne sur le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés,
- la Bièvre pour le secteur Arcueil-Cachan.

La présente étude porte sur la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais à Vitry-sur-Seine au droit duquel 3 gares, 5 ouvrages annexes dont un puits d'attaque tunnelier et un Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) sont présents en zone inondable d'après la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) (cf. cartographie suivante).



Carte 38 : Extrait de la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues (Source : CARME

2.1.2 Contexte réglementaire

2.1.2.1 Le Plan de Prévention des Risques Inondation du Val-de-Marne (PPRI 94)

Sur le secteur de Vitry-sur-Seine, le projet est concerné par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) du Val de Marne.

Ce PPRI concerne 24 communes du Val-de-Marne. Il a été prescrit par arrêté préfectoral du 20 avril 1998, approuvé par arrêté préfectoral du 28 juillet 2000, puis modifié par arrêté préfectoral du 12 novembre 2007.

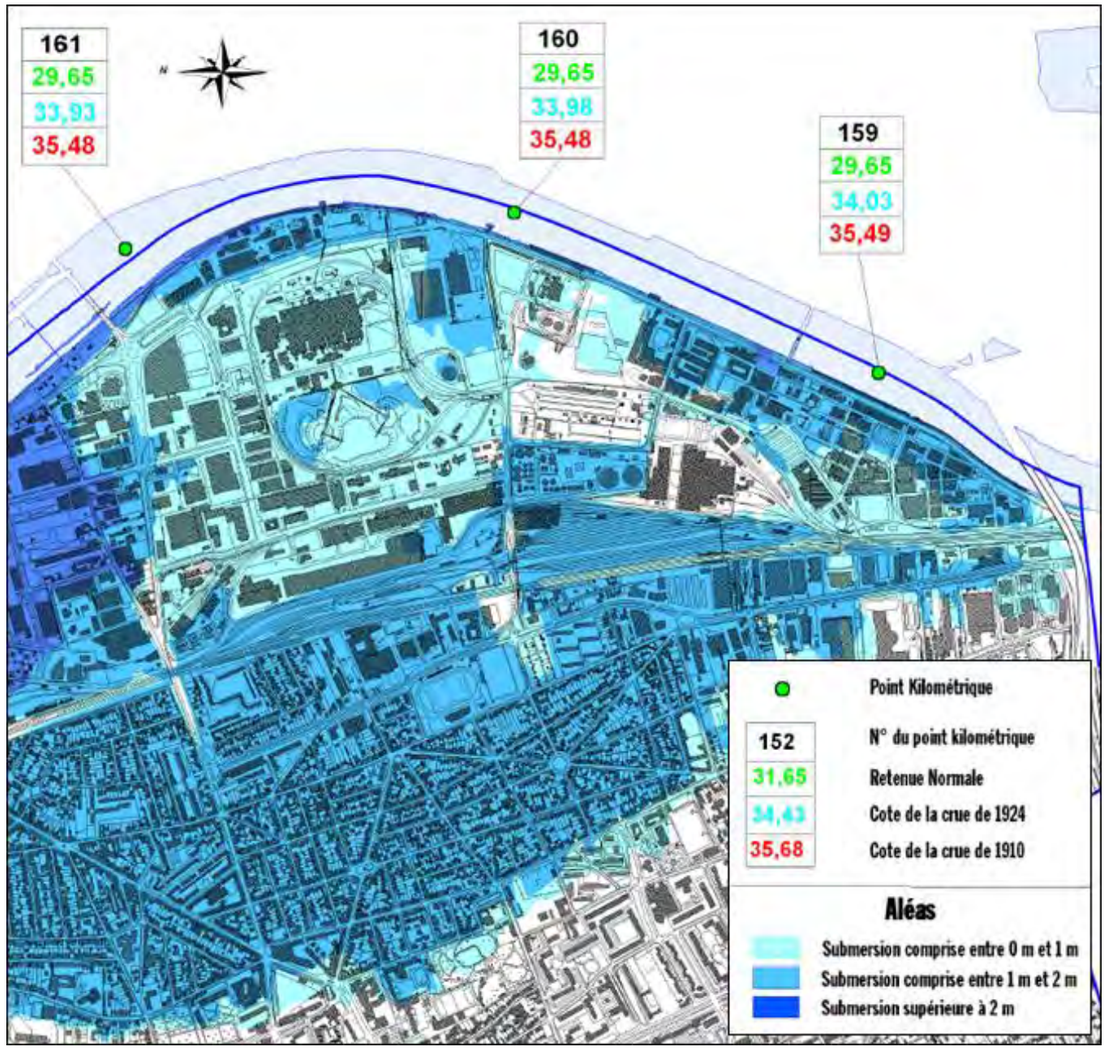
Compte tenu de l'importance des contraintes imposées par celui-ci, les acteurs locaux ont souhaité que l'aléa hydraulique sur les terrains situés en zone inondable soit approfondi, afin de déterminer avec plus de précision les vitesses d'écoulement pour justifier et affiner la délimitation des zones inondables. Une étude de grand écoulement a donc été engagée en février 2002 et confiée au bureau d'études SAFEGE. Les résultats de cette étude hydraulique ont conduit le Préfet du Val-de-Marne à prescrire, par arrêté préfectoral n° 2003-1208 du 4 avril 2003, la révision du PPRI.

Trois niveaux d'aléas ont été retenus :

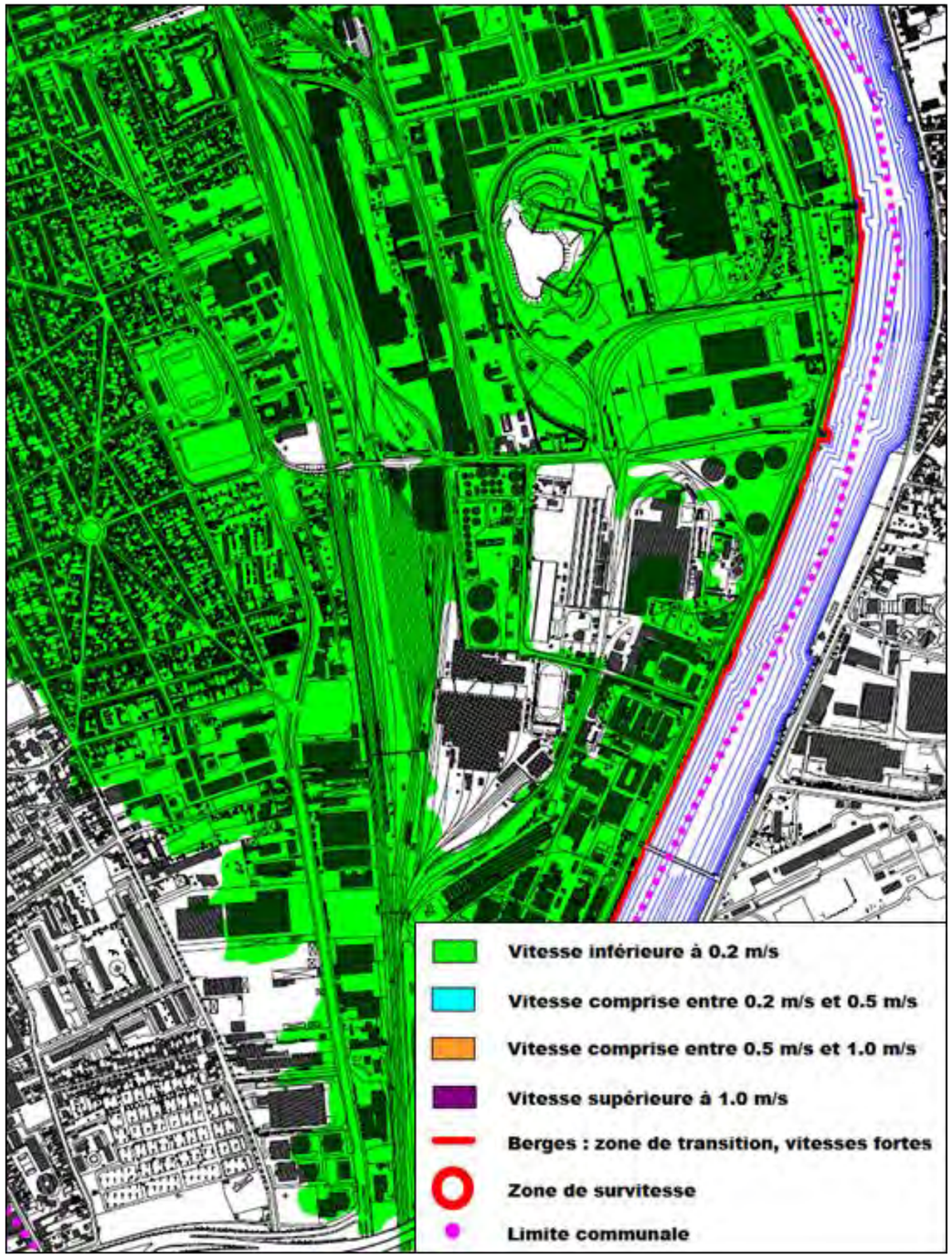
- aléas très forts correspondant à des hauteurs de submersion de plus de deux mètres ;
- aléas forts correspondant à des hauteurs de submersion comprises entre 1 et 2 mètres ;
- autres aléas correspondant à des hauteurs de submersion inférieures à 1 mètre.

Le PPRI définit également des zones de grand écoulement exposées à la fois à des hauteurs d'eau importantes (supérieures à un mètre) et à des vitesses supérieures à 0,5 m par seconde.

Les cartes 4 et 5 présentent des extraits des cartes d'aléas « hauteur d'eau » et « vitesse » de la commune de Vitry-sur-Seine dans le Val-de-Marne.



Carte 39 : Extrait de la carte de l'aléa « hauteur d'eau » sur la commune de Vitry-sur-Seine du Val-de-Marne (source : PPRI 94)



Carte 40 : Extrait de la carte de l'aléa « vitesse » sur la commune de Saint-Maur-des-Fossés du Val-de-Marne (source : PPRI 94)

Le zonage réglementaire issu de cette confrontation comprend au total sept zones :

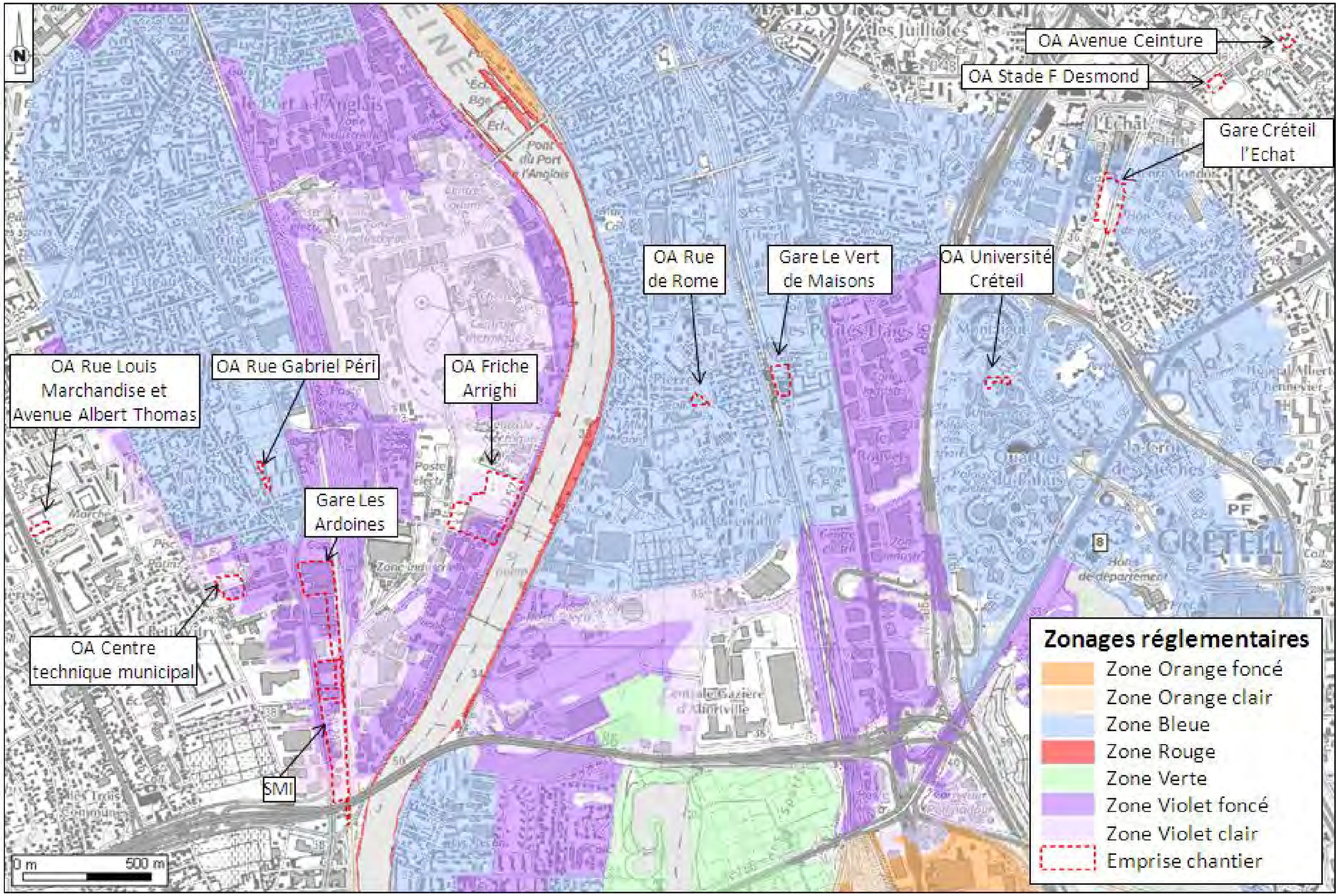
- les zones rouges, qui correspondent aux zones de grand écoulement ;
- les zones vertes, qui correspondent :
  - d'une part, aux zones naturelles d'espaces verts, de terrains de sports, de loisirs ou de camping ayant vocation à servir de zone d'expansion des crues,
  - d'autre part, aux zones définies dans les documents d'urbanisme comme zones à préserver pour la qualité du site et du paysage existant ;
- les zones orange foncé, qui correspondent aux autres espaces urbanisés (hors zone de grand écoulement), en aléas forts ou très forts ;
- les zones orange clair, qui correspondent aux autres espaces urbanisés, en autres aléas ;
- les zones violet foncé, qui correspondent aux zones urbaines denses (hors zone de grand écoulement), en aléas forts ou très forts ;
- les zones violet clair, qui correspondent aux zones urbaines denses, en autres aléas ;
- les zones bleues, qui correspondent aux centres urbains.

Au droit du secteur de Vitry-sur-Seine, 9 sites sont concernés par le zonage réglementaire du PPRI 94 :

- l'ouvrage annexe OA[2] Centre technique municipal est situé en zones violet foncé et violet clair,
- l'ouvrage annexe OA Rue Gabriel Péri est situé en zone bleue,
- la gare Les Ardoines est située en zones violet foncé et violet clair,
- le Site de Maintenance des Infrastructures est situé en zones violet foncé et violet clair,
- l'ouvrage annexe OA Friche Arrighi est situé en zones violet foncé et violet clair,
- l'ouvrage annexe OA Rue de Rome est situé en zone bleue,
- la gare Le Vert-de-Maisons est située en zone bleue,
- l'ouvrage annexe OA Université Créteil est situé en zone bleue,
- la gare Créteil l'Echat est située en zone bleue.

La carte suivante présente les positions des emprises du projet en phase chantier au droit du secteur de Vitry-sur-Seine par rapport au zonage réglementaire du PPRI 94.

[2] Ouvrage Annexe



Carte 41 : Extrait de la carte des zonages réglementaires du PPRI du Val-de-Marne (Source : PPRI 94)

2.1.2.2 Le Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) de la métropole francilienne

Le secteur de Vitry-sur-Seine est concerné par le Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) « Métropole francilienne ».

Les TRI découlent de l'application de la directive « inondation », qui fixe une méthode de travail permettant aux territoires exposés au risque d'inondation de travailler à réduire ses conséquences négatives.

Sur le bassin Seine-Normandie, comme sur les autres bassins, cette méthode s'articule autour de trois grands objectifs, auxquels sont associés des délais de réalisation :

- l'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) constituant un diagnostic global à l'échelle du bassin Seine-Normandie ;
- l'établissement de cartes des zones inondables et des risques d'inondation pour les crues de faible, moyenne et forte probabilité à l'échelle des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) (arrêté d'approbation du 20 décembre 2013). Le choix des TRI a été arrêté le 27 novembre 2012 pour le bassin Seine-Normandie ;
- l'élaboration d'un Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) à l'échelle du bassin Seine-Normandie présentant les objectifs de gestion du risque inondation fixés et les mesures retenues pour les atteindre (échéance décembre 2015).

La directive introduit donc une nouvelle obligation en droit français : réduire les conséquences négatives de tous les types d'inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.

2.1.2.3 Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

La ligne 15 Sud est concernée dans sa totalité par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Il s'agit d'un document de planification de la ressource en eau.

Il permet, à la suite d'un état des lieux, de fixer pour six années les orientations et actions pour atteindre les objectifs de qualité et de quantité pour chaque masse d'eau.

Le SDAGE a valeur réglementaire et est opposable aux documents d'urbanisme et aux décisions administratives dans le domaine de l'eau. Il est complété par un plan d'actions, dit « programme de mesures » (PDM), élaboré par l'Etat.

Approuvé fin 2009, le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2010-2015 comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau.

Le défi n°8 a pour objectif de limiter et de prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation […], et, d'autre part de ne pas aggraver l'aléa […]. Il faut systématiquement privilégier la prévention plutôt que la protection qui peut aggraver la situation en amont de la zone protégée et pénaliser les milieux aquatiques.

Les principales orientations de ce défi liées au risque d'inondation sont :

- l'orientation 30 : « Réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ». Elle contient, notamment, la disposition 134 : « Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable » ;
- l'orientation 31 : « Préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues », avec, notamment, la disposition 139 : « Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues ».

Une révision du SDAGE pour la période 2016-2021 est en cours pour une adoption prévue en décembre 2015. L'état des lieux du SDAGE a ainsi été validé en décembre 2013.

2.1.2.4 SAGE Bièvre

Le fuseau d'étude comprend une partie du territoire couvert par le SAGE de la Bièvre entre Bagneux (92) et Vitry-sur-Seine (94).

Le SAGE est en cours d'élaboration. Le diagnostic a été validé en juin 2011, les tendances et scénarios en avril 2012 et le choix de la stratégie en septembre 2013. L'arrêté d'approbation du SAGE est prévu pour l'été 2015.

La structure porteuse est le Syndicat Mixte du Bassin Versant de la Bièvre, basé à l'Haÿ-les-Roses.

Les deux ambitions phares du SAGE de la Bièvre sont :

- la mise en valeur de l'amont (Bièvre « ouverte » de sa source à Antony) ;
- la réouverture sur certains tronçons de la Bièvre couverte, d'Antony à Paris.

Les cinq grandes orientations pour le SAGE définies à l'issue de la réflexion menée sur la définition du périmètre en 2007, approfondie dans le porter à connaissance des services de l'État puis confirmé par l'état des lieux approuvé en 2010 sont les suivantes :

- l'amélioration de la qualité de l'eau par la réduction des pollutions ponctuelles et diffuses et la maîtrise de la pollution par temps de pluie ;
- la maîtrise des ruissellements urbains et la gestion des inondations ;
- le maintien d'écoulements satisfaisants dans la rivière ;
- la reconquête des milieux naturels ;
- la mise en valeur de la rivière et de ses rives pour l'intégrer dans la Ville.

2.1.2.5 Code de l'environnement et Loi sur l'eau

Ce que l'on appelle couramment Loi sur l'eau est en fait codifié depuis 2009 dans le Code de l'Environnement aux articles L214-1 et suivants.

Une nomenclature des installations, ouvrages, travaux et aménagements (iota) a été élaborée pour définir les seuils et les procédures dont relèvent ces iotas. Elle fait l'objet de l'article R214-1 du Code de l'Environnement.

Les rubriques de cette nomenclature relatives aux lits mineur et majeur d'un cour d'eau et concernées par le projet sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 16 : Position du projet vis-à-vis du titre 3 de la nomenclature de la loi sur l'eau

Rubrique	Intitulé	Critère		Régime	Projet au droit de Vitry-sur-Seine
Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique					
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	1° Un obstacle à l'écoulement des crues		Autorisation	Friche Arrighi : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe
		2° Un obstacle à la continuité écologique :	a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Autorisation	Non concerné – Pas d'obstacle à la continuité écologique (piscicole et sédimentaire)
			b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Déclaration	
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m		Autorisation	Friche Arrighi : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe
		2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m		Déclaration	
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien visé à l'article L. 215-14 réalisé par le propriétaire riverain, des dragages visés à la rubrique 4. 1. 3. 0 et de l'entretien des ouvrages visés à la rubrique 2. 1. 5. 0, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année Est également exclu jusqu'au 1er janvier 2014 l'entretien ayant pour objet le maintien et le rétablissement des caractéristiques des chenaux de navigation lorsque la hauteur de sédiments à enlever est inférieure à 35 cm ou lorsqu'il porte sur des zones d'atterrissement localisées entraînant un risque fort pour la navigation. L'autorisation est valable pour une durée qui ne peut être supérieure à dix ans. L'autorisation prend également en compte les éventuels sous-produits et leur devenir.	1° Supérieur à 2 000 m3		Autorisation	Dragages envisagés à Ile de Monsieur et Friche Arrighi
		2° Inférieur ou égal à 2 000 m3 dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1		Autorisation	
		3° Inférieur ou égal à 2 000 m3 dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1		Déclaration	
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m²		Autorisation	Deux zones concernées pour toute la ligne 15 Sud : - Ile Monsieur – Issy RER (exclue) : lit majeur de la Seine - Ardoines – Saint Maur Créteil (exclue) : lit majeur de la Seine et lit majeur de la Marne Pour chaque gare, la surface soustraite à la crue dépasse 400 m². La surface cumulée de tous les ouvrages dépasse 10 000 m². Le SMI Vitry dépasse à lui seul 10 000 m².
		2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m²		Déclaration	

2.1.2.6 Doctrine DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux »

La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie d'Ile de France (DRIEE IF) a émis une doctrine, mise à jour en octobre 2010, afin de présenter aux pétitionnaires les préconisations concernant les aménagements présentant un impact sur le libre écoulement des eaux.

Cette doctrine présente, entre autre :

- les éléments réglementaires de référence,
- des éléments techniques sur les crues, les impacts potentiels,
- les éléments attendus dans l'étude des impacts,
- les préconisations de la DRIEE en matière de mesures compensatoires.

Par ailleurs, cette doctrine demande à ce que le pétitionnaire produise une étude hydraulique permettant l'évaluation des impacts pour l'établissement des mesures correctives et/ou compensatoire de son projet.

Cette doctrine a servi de ligne directrice à la rédaction du présent rapport.

2.1.3 Objet de l'étude

Compte tenu des caractéristiques du projet, ce dernier nécessite l'élaboration d'un dossier d'autorisation au titre de la Loi sur l'eau. Dans le cadre de ce dossier, une étude hydraulique permettant d'évaluer les incidences du projet sur le fonctionnement hydraulique de la Seine est nécessaire.

Cette étude a pour vocation de caractériser les impacts du projet vis-à-vis du risque inondation. Compte tenu de la complexité du projet et de son périmètre (plusieurs ouvrages sont référencés en zone inondable au niveau du secteur de Vitry-sur-Seine), une modélisation hydraulique a été réalisée.

Ce rapport présente donc les caractéristiques du modèle numérique réalisé et les incidences des phases travaux et exploitation du projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau lors de différentes crues de la Seine.

2.2 Contexte hydrologique et hydraulique

2.2.1 Hydrologie de la Seine

2.2.1.1 Le bassin versant de la Seine

Second fleuve français après la Loire par sa longueur, la Seine prend sa source en Côte-d'Or (21) sur le plateau de Langres pour se jeter après 777 km de parcours au droit de son embouchure dans la Manche, à l'extrémité de l'estuaire de la Seine, au sud du Havre (76).

Cours d'eau pour l'essentiel de plaine, la Seine a formé de multiples et profonds méandres de par sa faible déclivité. Ces méandres sont parfois d'une forte sinuosité sur plusieurs dizaines de kilomètres.

A Paris, son bassin versant s'étend sur 43 800 km². Ses principaux affluents sont la Marne, l'Yonne et l'Aube.

Au droit du secteur d'étude, la Seine est navigable et aménagée. Les berges sont principalement artificialisées. Le barrage-écluse du Port à l'Anglais, situé en aval immédiat du pont du Port à l'Anglais sur la commune de Vitry-sur-Seine, régule le niveau d'eau dans le bief étudié à 29,65 m NGF (retenue normale).

La Seine est un cours d'eau domanial. Les berges et le lit appartiennent à l'État, les tronçons navigables sont gérés par l'établissement public Voies Navigables de France.

2.2.1.2 Crues historiques

Au 20ème siècle, la Seine a connu 9 crues majeures. Les quatre principales sont celles de janvier 1910, janvier 1924, janvier 1955 et janvier 1982.

La crue la plus importante est celle de janvier 1910, avec une hauteur d'eau maximale relevée au pont d'Austerlitz de 8,62 m. La durée totale de la crue avait été de 51 jours, dont 13 proches de l'amplitude maximale. Cette crue est dite « centennale ».

Les caractéristiques de la crue de 1910 servent de référence historique pour les crues exceptionnelles sur la Seine et sur la partie aval de la Marne, en application des circulaires interministérielles du 24 avril 1996 et 5 février 1998 relatives à la prise en compte du risque inondation en région Ile-de-France. Il s'agit de la crue de référence du PPRI du Val-de-Marne.

La crue de 1924 est la seconde crue majeure du 20ème siècle avec des niveaux d'eau mesurés à 7,32 m au pont d'Austerlitz à Paris. D'après les ajustements statistiques effectués lors de la cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole Francilienne, cette crue a une période de retour d'environ 30 ans.

La crue de 1955 présente des débits et hauteurs d'eau similaires à la crue de 1924. La hauteur d'eau mesurée au pont d'Austerlitz le 23 janvier 1955 est de 7,12 m. La période de retour de cette crue est également de l'ordre de 30 ans.

La crue de 1982 a eu lieu après la création des grands lacs permettant d'écrêter les crues en amont de Paris et de protéger la capitale. Cette crue est la moins importante des 4 crues majeures du 20ème siècle avec des hauteurs observées à 6,15 m au pont d'Austerlitz. Cette crue est dite décennale.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des quatre crues majeures enregistrées au pont d'Austerlitz à Paris au cours du 20ème siècle.

Tableau 17 : Hauteur d'eau mesurée au droit du pont d'Austerlitz pour les 4 crues majeures du 20ème siècle

Crues	Hauteur d'eau mesurée au pont d'Austerlitz (m)	Date de la mesure	Débit estimé au pont d'Austerlitz (m^3/s)	Période de retour estimée
Janvier 1910	8,62	28/01/1910	2 560	100 ans
Janvier 1924	7,32	06/01/1924	2 140	30 ans
Janvier 1955	7,12	23/01/1955	2 085	30 ans
Janvier 1982	6,15	14/01/1982	1 790	10 ans

Le tableau suivant présente les repères de crues disponibles sur le secteur d'étude (du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais) pour ces différentes crues.

Tableau 18 : Repères de crues au droit du secteur de Vitry-sur-Seine pour les 4 crues majeures du 20ème siècle

Source	Pont de Choisy (PK 158)				Passerelle du Gaz de France (PK 159)			
	1982	1955	1924	1910	1982	1955	1924	1910
DRIEE IF	33.11	34.02	-	35.49	32.89	33.89	-	35.43
PPRI 94	-	-	34.13	35.49	-	-	34.03	35.49
Source	PK 160 (rue des fusillés)				Pont du Port à l'Anglais (PK 161)			
	1982	1955	1924	1910	1982	1955	1924	1910
DRIEE IF	-	-	-	-	32.70	33.78	33.94	35.38
PPRI 94	-	-	33.98	35.48	-	-	33.93	35.48

* Niveaux extraits du document DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM répertoriant les niveaux d'eau pour les crues de la Seine à Paris et fournit en 2011 (cf. tableau page suivante).

2.2.1.3 Evénements hydrologiques étudiés

Trois événements hydrologiques historiques sont modélisés afin d'évaluer les éventuels impacts du projet :

- la crue de janvier 1982 (période de retour d'environ 10 ans),
- la crue de janvier 1955 (période de retour d'environ 30 ans),
- la crue de janvier 1910 (période de retour d'environ 100 ans).

Ces crues sont conformes aux demandes de la doctrine DRIEE intitulée « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux ». En effet, celle-ci définie les crues à considérer lors de l'étude des impacts :

- en zone urbaine, la crue de plein bord ou faiblement débordante est à prendre en compte. Ce scénario est étudié à travers les crues de 1982 (faiblement débordante) et 1955 (faiblement débordante) ;
- en zone où les enjeux sont vulnérables au risque inondation, la crue de référence PPRI et crue moyenne (période de retour entre 35 et 60 ans) sont à considérer. L'étude de la crue de 1955 (crue moyenne d'occurrence 30 ans) et de la crue de 1910 (crue de référence du PPRI 94) permet de répondre à cette demande ;
- en zone impactée par les chantiers ou subissant des obstructions temporaires, il faut considérer au minimum la crue décennale ou la crue de période de retour 10 fois la durée du chantier en années. La crue centennale (occurrence supérieure à la crue décennale ou à 10 fois la durée des chantiers) a été considérée pour évaluer les impacts.

Le tableau suivant présente les débits des différentes crues simulées à l'aide du modèle numérique construit.

Tableau 19 : Récapitulatif des débits de crue étudiés

Crue (période de retour)	Débit (m^3/s)	Source
1982 (environ 10 ans)	1 320	DRIEE IF, 2013*
1955 (environ 30 ans)	1 500	DRIEE IF, 2013*
1910 (environ 100 ans)	2 000	DRIEE IF, 2013*

* Débits de la Seine en amont de la confluence avec la Marne, extraits du rapport explicatif de la Cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole francilienne, DRIEE-IF, Décembre 2013

Niveaux de crues – Source DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM

DRIEE IF - SPRN/PCPAN/UEHM

PK **AESN** : Kilométrage dans le système de repérage de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, le PK 1000.000 correspond à l'embouchure de la Seine
PK **SNS** : Kilométrage dans le système de repérage du Service de la Navigation de la Seine.

	Pont de Villeneuve St Georges	Pont de Choisy-le-Roi	Passerelle du Gaz de France	Barrage du Port à l'Anglais (amont)	Barrage du Port à l'Anglais (aval)	Pont d'Ivry	confluence Marne	Passerelle des câbles	Ponts de Conflans	Périphérique amont	Pont National
PK AESN **précision : 100 m**	644.750										
PK SNS	152.400	157.530	159.260	160.800	161.400	161.400	163.440	163.630	164.240	165.000	165.620
PK en km distances partielles	152.400	157.530	159.260	160.800	161.400	163.400	163.440	163.630	164.240	165.000	165.620
Correction Lallemand-IGN69	0.33	0.33		0.34	0.34	0.34					
Rive											
PHEN RN débordement submersion grave	29.65	29.65	29.65	29.65	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72
PHEC 1910	**35.66**	**35.49**	**35.43**	**35.38**	**35.29**	**35.12**	**35.10**	**35.08**	**35.03**	**34.95**	**34.91**
1920											
1924				*33.94*		*33.79*					
1936											
1939											
1952											
1955	**34.40**	**34.02**	**33.89**	**33.78**	**33.65**	**33.49**	**33.47**	**33.46**	**33.40**	**33.34**	**33.29**
1970											
1977											
1978											
1982	**33.76**	**33.11**	**32.89**	**32.70**	*32.52*						
1983											
1988											
1994											
1995											
1999											
2000											
2001											

Les valeurs en italique sont des cotes interpollées à partir de cotes relevées sur les profils en long du SNS ou calculées dans ce tableau.

2.2.2 Fonctionnement hydraulique

Les crues de la Seine sont des crues lentes : la montée des eaux est en général de l'ordre de 30 à 50 cm par jour. Elles sont la conséquence de plusieurs phénomènes concomitants :

- L'arrivée de fortes pluies sur les massifs amont : plateau de Langres pour la Seine, l'Aube et la Marne, plateau du Morvan pour l'Yonne et ses affluents ;
- L'imperméabilisation naturelle et temporaire (gel ou saturation des sols) ou artificielle des sols.

Les crues majeures surviennent généralement entre novembre et mars. En Ile-de-France, les inondations les plus importantes se produisent lorsqu'il y a concomitance des crues des différents affluents de la Seine. Les crues majeures sont généralement dues à la superposition des crues lentes de l'Aube, de la Seine et de la Marne avec les crues rapides de l'Yonne et des affluents de la Marne tels que le Petit et le Grand Morin.

Au droit du secteur de Vitry-sur-Seine, des murettes anti-crues ont été installées afin de protéger les constructions existantes contre les crues de période de retour similaires à la crue de 1924 (période de retour d'environ 30 ans).

Afin d'augmenter la protection de la capitale contre le risque inondation, quatre barrages-réservoirs ont été installés en amont de l'agglomération parisienne sur la Seine, la Marne, l'Aube et l'Yonne. Ces bassins assurent trois fonctions :

- le soutien d'étiage,
- l'alimentation en eau potable,
- l'écrêtement des crues.

Grâce aux barrages, la majeure partie de la région parisienne est protégée de crues identiques à celles de 1924 et 1955. Leur rôle écrêteur a diminué la fréquence d'apparition et a permis de réduire les temps de submersion des crues petites et moyennes. Cependant, les barrages ont un effet limité sur les crues exceptionnelles du fait de l'importance des volumes de ruissellement mis en jeu et de la limitation de leur capacité de stockage. En effet, la fonction de stockage n'est pas assurée efficacement pour des crues tardives (avril-mai) du fait du remplissage des réservoirs pendant la période hivernale.

2.2.3 Définition des classes d'impact

Les incidences du projet d'aménagement du Grand Paris Express sur les écoulements de la Seine en cas de crue sont définies selon deux critères : les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement. Etant donnés les enjeux différents en lit mineur et lit majeur, une distinction des classes d'impacts concernant les vitesses d'écoulement est réalisée.

Les classes d'impact sur les écoulements ont été définies comme suit :

- Classes d'impacts sur les niveaux d'eau :
  - Impact non significatif : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 1 cm. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique ;
  - Impact faible : 1 à 5 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur d'un remous très localisé créé par un petit obstacle dans une zone d'écoulement marqué (véhicule par exemple) ;
  - Impact modéré : 5 à 10 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'amplitude des vagues générées lors des crues ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 10 cm. L'impact de l'ouvrage sur les lignes d'eau est supérieur à l'amplitude des vagues observées lors d'une crue.

- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur :
  - Impact non significatif : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 5 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique ;
  - Impact faible : 5 à 10 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations créé par un petit obstacle (véhicules) ;
  - Impact modéré : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à un risque de changement d'une classe d'aléa ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 20 cm/s. Cette classe correspond à un risque de changement d'une à deux classes d'aléa.

- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur :
  - Impact non significatif : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 10 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle sur la vitesse maximale au sein de la section en travers ;
  - Impact faible : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations naturelles des vitesses au sein d'une section en travers ;
  - Impact modéré : 20 à 30 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'ordre de grandeur des accélérations de vitesses générées par une pile de pont ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 30 cm/s. Cette classe correspond à une forte perturbation de l'écoulement pouvant déstabiliser des embarcations légères.

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Tableau 20 : Définition des classes d'impact par rapports aux écoulements des crues

Classe	Critère sur les différences (ΔN) de niveaux d'eau	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en lit mineur	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en lit majeur
Impact non significatif	ΔN < 1 cm	ΔV < 0.10 m/s	ΔV < 0.05 m/s
Impact faible	1 cm ≤ ΔN < 5 cm	0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s	0.05 m/s ≤ ΔV < 0.10 m/s
Impact modéré	5 cm ≤ ΔN < 10 cm	0.20 m/s ≤ ΔV < 0.30 m/s	0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s
Impact fort	10 cm ≤ ΔN	0.30 m/s ≤ ΔV	0.20 m/s ≤ ΔV

2.3 Modélisation hydraulique

2.3.1 Généralités

2.3.1.1 Système de mesure altimétrique

Dans la suite de l'annexe, les niveaux altimétriques sont exprimés en mètre NGF (Nivellement Général de la France) normal soit IGN 69. Ainsi, les niveaux et altitudes seront exprimés en m NGF.

2.3.1.2 Présentation du logiciel

La modélisation hydraulique a été réalisée grâce au logiciel InfoWorks® RS de la société INOVYZE. Ce logiciel permet de construire des modèles 1D-linéaire à casiers ou 2D et ainsi de réaliser des simulations en régime permanent ou transitoire. Les facteurs qui déterminent la solution sont classés suivant trois types :

- les effets hydrodynamiques : les écoulements à surface libre peuvent être décrits par les équations de Barré de Saint-Venant qui expriment la conservation de la masse et des quantités de mouvement. Elles prennent en compte l'ensemble des forces de diffusion, de gravité, et de friction sans aucune simplification. Elles sont résolues par la méthode du schéma implicite de Preissman ;
- les conditions limites internes : sous ce terme, sont regroupés les ouvrages de contrôle, les pertes de charge singulières ou les confluences/diffluences. Ces structures imposent des relations débit-hauteur aux points considérés et divisent le modèle en biefs ;
- les conditions limites externes : des conditions limites sont nécessaires aux deux extrémités amont et aval du système étudié. Elles peuvent être représentées par des relations reliant deux des paramètres débit, hauteur, temps.

Ce logiciel a été développé afin de reproduire les écoulements de la Tamise au Royaume-Uni. Ce fleuve présente des caractéristiques similaires à la Seine (largeur, pente, débits, etc.). Infoworks RS est donc bien adapté à la modélisation de la Seine à Paris.

NB : Pour ce logiciel, le remous en amont d'un ouvrage (de type pont, busage ou seuil) est calculé par la mise en charge des ouvrages, les réductions de sections induites par les culées et les piles. Pour le calcul des pertes de charge d'un ouvrage, il n'utilise pas les fentes de Preissman, principalement utilisées pour modéliser un long linéaire de cours d'eau couvert par un écoulement à surface libre.

2.3.1.3 Emprise du modèle hydraulique

L'emprise du modèle a été définie de manière à intégrer l'ensemble des gares, ouvrages annexes et emprises travaux situées en zone inondable pour une crue millénale.

Les limites latérales du modèles ont donc été choisies de manière à intégrer la totalité de la zone inondable telle que définie dans la cartographie de l'événement millénale par la DRIEE-IF.

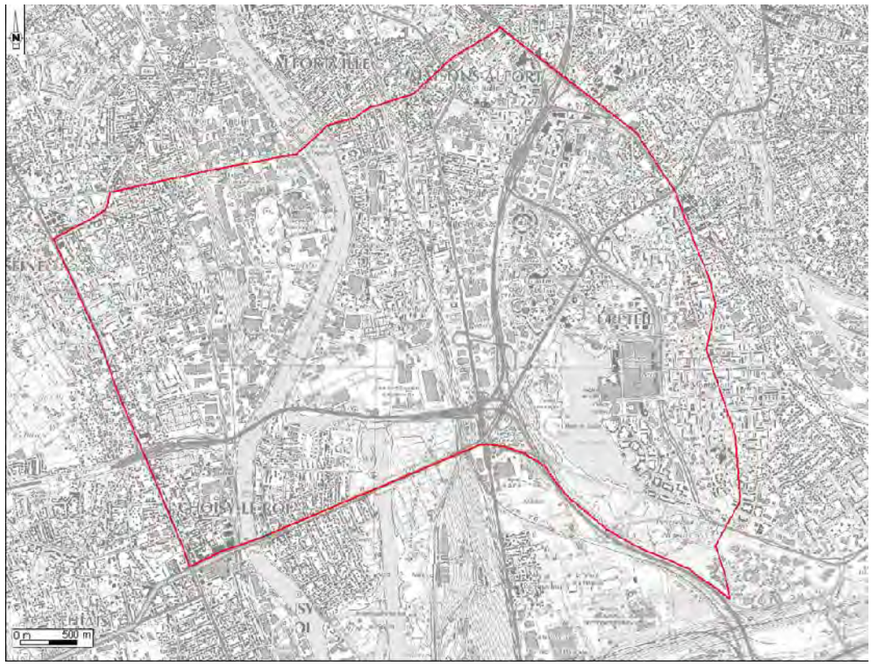
La condition limite aval est prise au droit d'observation historiques et de résultats de modélisations validées obtenus pour la réalisation du PPRI et du TRI ce qui permet des modèles plus court avec une condition aval réaliste. Ainsi, les éventuelles incertitudes sur la condition limite aval sont liées aux incertitudes des observations ou des modèles hydrauliques validés. Pour rappel, l'objectif est de comparer un état aménagé à un état de référence réaliste.

La condition aval du modèle étant basée sur une modélisation réalisée à plus grande échelle (PPRI et TRI) et sur les observations en crue, elle prend en comptes les singularités pouvant influencer les niveaux d'eau situées en aval du modèle hydraulique (passage souterrain, remblais, confluence, barrage, etc.).

La condition limite aval du modèle est choisie au droit du pont du Port à l'Anglais, soit en amont immédiat du barrage du même nom. Les valeurs de la condition limite aval sont des mesures réalisées lors des crues historiques (1910, 1924 et 1982) et des résultats de modélisations hydrauliques (R1.15 et Q1000). Ces valeurs, relevées ou calculées en amont du barrage, prennent en compte les phénomènes hydrauliques engendrés par l'ouvrage notamment l'élévation de la ligne d'eau dues au seuil du barrage. Ainsi, le barrage du Port à l'Anglais est considéré pris en compte dans la modélisation de manière réaliste : le niveau d'eau en amont de l'ouvrage, dû au rehaussement de la ligne d'eau induit par le barrage, est celui réellement observé en période de crue.

La condition limite amont a été choisie au pont de Choisy. Suffisamment loin en amont des principales zones d'études en lit mineur (OA Friche Arrighi) afin d'obtenir un écoulement réaliste au droit de celles-ci. Le champs d'inondation amont correspond à des zones de stockage : il s'agit de zones séparées de l'écoulement principal (observé aux abords du lit mineur) par des remblais routiers et ferroviaires. Des remblais routiers perpendiculaires à l'écoulement (notamment l'A86) sont également présents dans le lit majeur et participe à la création des zones de stockage. L'alimentation de ces zones se fait par des ouvertures (passages routiers) créées dans les remblais ou par surverses sur ces derniers. Ainsi, les phénomènes d'écoulement sont bien représentés par le modèle.

Le linéaire de cours d'eau ainsi modélisé représente environ 3,7 km. L'emprise du modèle est présentée sur la cartographie suivante.



Carte 42 : Emprise du modèle hydraulique

2.3.2 Construction du modèle hydraulique – Etat de référence

2.3.2.1 Données de construction

Les données utilisées pour la construction du modèle hydraulique sont :

- Les données bathymétriques pour le chenal de navigation, fournies par Voies Navigables de France (2009).
- Le Modèle Numérique de Terrain obtenu par des relevés LIDAR (pas d'espace de 1 m, précision altimétrique de 0.2 m), fourni par l'Institut Géographique National (2014).
- L'implantation des bâtiments (couche de la BDtopo référençant les bâtiments) acquis auprès de l'IGN (2009).
- Les profils en long des murettes anti-crue, fournies par le CG94 (2010).
- L'occupation du sol (Corine Land Cover, 2006).
- Le fond de plan cartographique acquis auprès de l'IGN (SCAN 25, 2008).
- Les photos aériennes acquises auprès de l'IGN (BDortho, 2012).
- Le rapport explicatif de la cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole francilienne (DRIEE IF, décembre 2013).
- Les données disponibles auprès de la maîtrise d'œuvre (plans, coupes, topographie, etc.) au droit des futurs aménagements (SYSTRA, octobre 2014).

2.3.2.2 Architecture du modèle

Le modèle construit repose sur le couplage d'un modèle filaire à une dimension avec un maillage en deux dimensions :

- les écoulements au sein du lit mineur de la Seine étant principalement monodirectionnels, celui –ci est modélisé en une dimension (modèle filaire) ;
- les lits majeurs en rive droite et rive gauche sont modélisées en deux dimensions afin de reproduire de manière fidèle les écoulements complexes des crues (forte urbanisation, présence de remblais jouant le rôle de digue (route, voie ferrée, etc.)).

a. Construction du lit mineur

Le modèle hydraulique filaire est composé de 29 profils en travers soit environ 1 profil tous les 130 m. Le nombre de profil en travers a été densifié (environ 1 profil tous les 50 m) au droit du futur puits d'attaque de la Friche Arrighi afin d'étudier plus précisément les éventuels impacts en lit mineur.

2 ouvrages transversaux (exclusivement des ouvrages de franchissement) ont été modélisés afin de reproduire leurs influences sur les écoulements.

Profil en travers

Le lit mineur de la Seine est construit sur la base des données bathymétrique de VNF (pour les fonds de lit des cours d'eau) et sur les données LIDAR pour les berges.

La jonction entre les deux types de données est réalisé par interpolation et en considérant une pente des berges plus ou moins verticale (berges quasiment verticale au droit des quais et pente plus douce lorsque la berge est végétalisée).

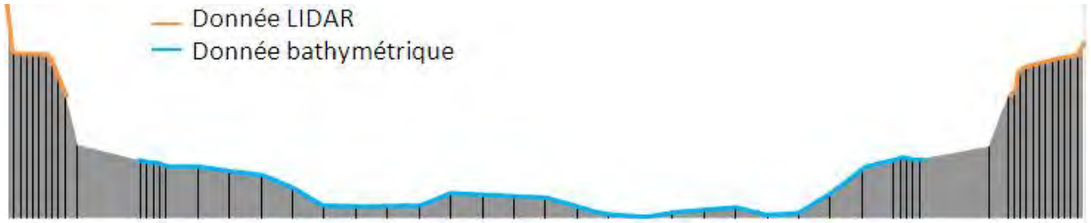


Figure 4 : Exemple d'interpolation entre les données LIDAR et bathymétriques

Ouvrages de franchissement

Pour les ponts dont la géométrie (largeur des arches, nombre de piles, altimétrie de l'arche…) est imprécise, des hypothèses ont été fixées afin de reproduire au mieux les conditions d'écoulement.

Le nombre et les dimensions des piles de ponts ont été fixés à partir des observations de terrains et des données disponibles (photos, schémas des ouvrages, présence des piles sur la bathymétrie…). La longueur des piles est supposée égale à la largeur des tabliers des ponts.

La mise en charge de chaque ouvrage a été appréciée sur la base des données disponibles (MNT, observations in situ, plans disponibles) afin de représenter au mieux l'influence de l'ouvrage sur les écoulements (accélération des vitesses et augmentation des niveaux d'eau).

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques retenues pour les ouvrages de franchissement afin de les modéliser.

Tableau 21 : Caractéristiques des pont situés entre le pont de Garigliano et la passerelle de l'Avre

Pont	Nombre de pile	Largeur de la pile (m)	Niveau altimétrique du tablier* (m NGF)	Epaisseur estimée du tablier (m)	Niveau sous poutre supposé (m NGF)	Niveau crue 1910 (m NGF)
A86	3	3	45	5	40	>35.49
Passerelle GDF	2	4	Tablier à 2 m au-dessus du quai à la cote d'environ 34,00 m NGF*		36	35.43

*Niveau estimé à partir des données LIDAR à proximité immédiate des ponts.

b. Construction du lit majeur

Le lit majeur est construit sur la base des données LIDAR et des données disponibles sur les bâtiments existants (BDtopo IGN). Les données concernant les bâtiments datant de 2009, une mise à jour a été effectuée sur la base de la BDortho (IGN, 2012). Ainsi, des bâtiments non existant en 2009 ont été pris en compte. Les bâtiments sont modélisés en tant qu'obstacles insubmersibles.

Les données MNT ont été retravaillées ponctuellement afin d'intégrer les tunnels et ouvertures au sein des remblais permettant l'inondation des secteurs situés derrière ces barrières naturelles.

Le maillage est constitué, pour l'état initial, de 105 892 mailles dont la surface varie de 1 m² à 500 m². Le maillage a été densifié au droit des futurs aménagements et travaux afin d'en mesurer plus finement les incidences. Ainsi, la surface des mailles y est au maximum de 50 m².

Le maillage ainsi que les zones au droit desquelles le MNT a été retravaillé sont présentés sur la cartographie figurant page suivante.

c. Interface lit mineur / lit majeur

Les connexions entre le lit mineur et le lit majeur sont assurées par des surverses latérales. Ces surverses sont construites :

- sur la base des données altimétriques fournies par le CG94 pour les murettes anti-crue lorsqu'elles existent. De manière générale, les murettes protègent contre les crues de type 1924 ou 1955 ;
- à partir du LIDAR lorsqu'aucune murette n'est existante : le niveau des surverses correspond au niveau du terrain naturel.

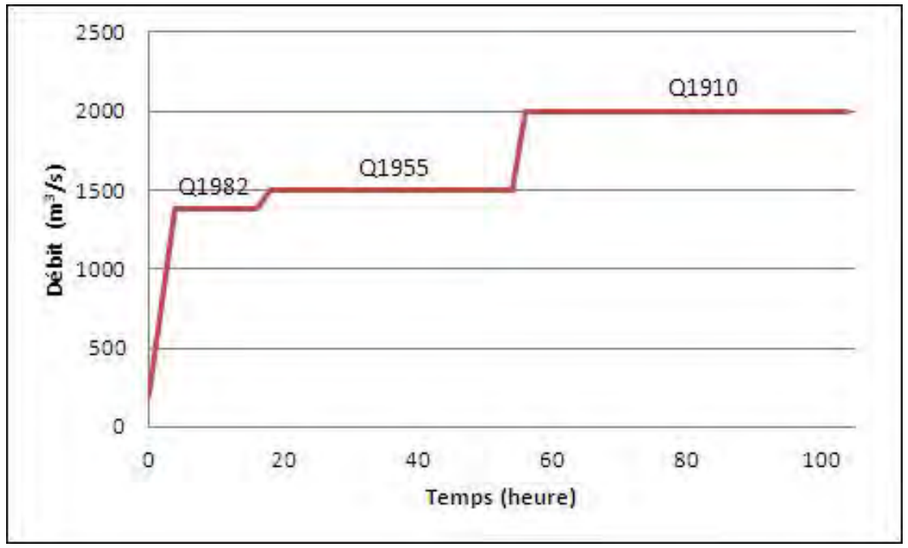
49 surverses latérales ont ainsi été construites afin d'assurer la connexion entre le modèle 1D et le modèle 2D.



Carte 43 : Présentation du maillage modélisant le lit majeur

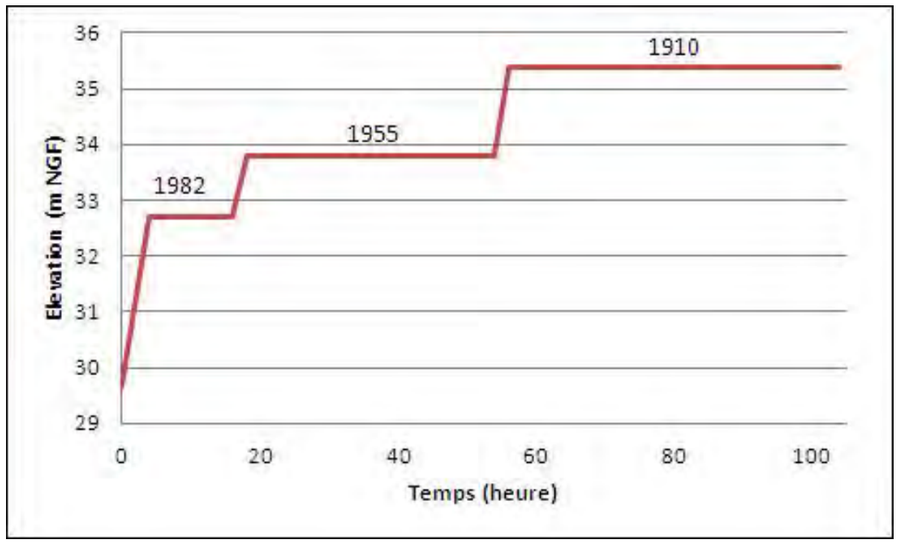
2.3.2.3 Conditions aux limites

Les conditions limites amont sont les débits des différentes crues étudiées (cf. paragraphe 2.1.3). L'évolution de la condition limite amont dans le temps est présentée sur le graphique suivant.



Graphique 10 : Condition limite amont du modèle hydraulique

La condition limite aval du modèle est une loi niveau-temps construite à partir des repères de crues disponibles. Le graphique suivant représente la condition limite aval au niveau du pont du Port à l'Anglais.



Graphique 11 : Condition limite aval du modèle hydraulique

2.3.3 Régime de simulation

Les crues de la Seine sont des crues lentes et durent plusieurs jours (13 jours proche de l'amplitude maximale pour la crue de 1910).

Afin de reproduire les inondations de la Seine les simulations ont été réalisées en régime pseudo-permanent : le débit de chaque évènement est injecté pendant une durée suffisamment longue afin que la ligne d'eau devienne stable sur l'ensemble de la zone modélisée.

Ainsi, les durées de simulation ont été ajustées de manières à avoir des lignes d'eau stabilisées en lit mineur et en lit majeur pendant au moins deux heures.

2.3.4 Calage du modèle – Etat de référence

2.3.4.1 Principe

Le calage consiste à injecter le débit total mesuré lors d'un évènement historique en entrée du modèle et à ajuster les paramètres de modélisation (rugosité des lits mineur et majeur) afin d'obtenir les niveaux d'eau des repères de crues et les emprises de zones inondables observées lors de ce même évènement.

Le calage est effectué sur les résultats du TRI et PPRi. Les études hydrauliques pour les TRI prennent en compte la configuration actuelle et non celle de l'époque. Les murettes anticrues ont été conservées pour le calage. Cependant, il apparaît que les cotes de crues de 1924 et 1910 sont supérieures aux cotes des murettes. L'emprise des zones inondables est donc peu impactée par la prise en compte des murettes.

2.3.4.2 Crues de calage

Le calage du lit mineur est réalisé à partir des niveaux d'eau des crues de 1982 (crue non débordante), 1955 et 1910 et des débits correspondants présentés au paragraphe 2. Ainsi :

- le calage du lit mineur est effectué pour la crue de 1982 (crue non débordante) ;
- le calage des coefficients de rugosité du lit majeur est effectué pour la crue centennale (1910) ;
- la crue de 1955 sert de crue de validation des paramètres.

2.3.4.3 Résultats du calage

Le calage des coefficients de rugosité du lit mineur est réalisé grâce à la crue historique non débordante de 1982. Cette étape a permis de fixer la rugosité du lit mineur de la Seine. Afin d'obtenir des niveaux d'eaux modélisés similaires aux niveaux d'eau historiques, les coefficients de Manning (n, paramètre de rugosité) ont été fixés entre 0.03 $s.m^{-1/3}$ et 0.034 $s.m^{-1/3}$. Ces valeurs sont proches de celle généralement admises pour un lit naturel propre à fond rugueux (n = 0.03 $s.m^{-1/3}$).

Les résultats du calage du lit mineur sont présentés dans le tableau suivant. L'écart moyen calculé entre la ligne d'eau modélisée et les niveaux d'eau mesurés pour la crue de 1982 est de 1 cm, inférieur à l'ordre de grandeur de la précision absolue du modèle. Le lit mineur est donc convenablement calé avec des coefficients de rugosité réalistes.

Tableau 22 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1982

Pont	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau mesuré (m NGF) DRIEE -IF	Δ = Nmodélisé – Nmesuré (m)
Choisy (PK 158)	33.09	33.11	- 0.02
Passerelle GDF (PK 159)	32.88	32.89	- 0.01
Port à l'Anglais (PK 161)	32.70	32.70	0.00
		Ecart maximal (m)	0.02
		Ecart moyen (m)	0.01

Le calage du lit majeur est réalisé grâce à la crue historique débordante de 1910. Cette étape a permis de fixer la rugosité du lit majeur de la Seine. Afin d'obtenir des niveaux d'eaux modélisés similaires aux niveaux d'eau historiques, les coefficients de Manning (n, paramètre de rugosité) ont été fixé à :

- 0.04 $s.m^{-1/3}$ pour les parcs,
- 0.10 $s.m^{-1/3}$ pour les espaces urbanisés.

Les résultats du calage du lit majeur sont présentés dans le tableau suivant. L'écart moyen calculé entre la ligne d'eau modélisée et les niveaux d'eau mesurés pour la crue de 1910 est d'environ 8 cm, correspondant à l'ordre de grandeur de la précision absolue du modèle. Le lit majeur est donc convenablement calé avec des coefficients de rugosité réalistes.

Tableau 23 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1910

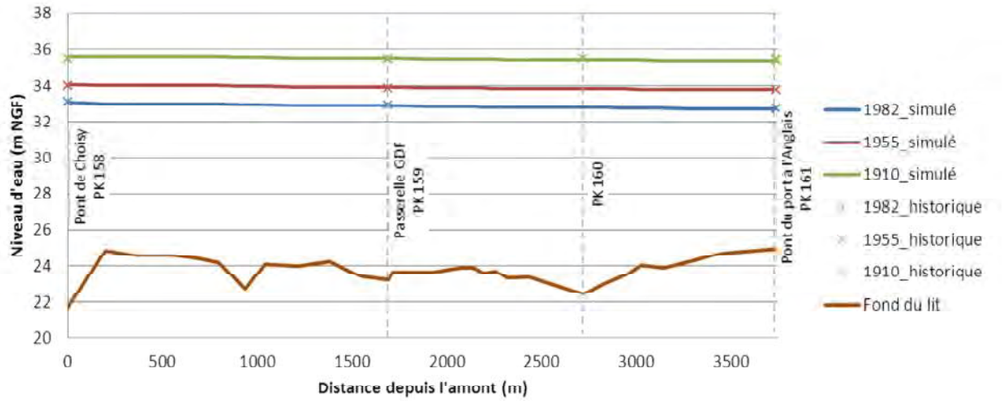
Pont	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau mesuré (m NGF)		Δ = Nmodélisé – Nmesuré (m)	
		PPRI 94	DRIEE IF	PPRI 94	DRIEE IF
Choisy (PK 158)	35.62	35.49	35.49	0.13	0.13
Passerelle GDF (PK 159)	35.54	35.49	35.43	0.05	0.11
PK 160	35.44	35.48		-0.04	
Port à l'Anglais (PK 161)	35.38	35.48	35.38	-0.10	0.00
			Ecart maximal (m)	0.13	0.13
			Ecart moyen (m)	0.08	0.08

La crue de 1955, dont le débit et les niveaux d'eau au droit des ponts sont connus, permet de vérifier le calage du modèle hydraulique. L'écart moyen calculé entre la ligne d'eau modélisée et les niveaux d'eau mesurés pour cette crue faiblement débordante est suffisamment faible (5 cm) pour considérer le calage du modèle acceptable.

Tableau 24 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1955

Pont	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau mesuré (m NGF) DRIEE -IF	Δ = Nmodélisé – Nmesuré (m)
Choisy (PK 158)	34.10	34.02	0.08
Passerelle GDF (PK 159)	33.94	33.89	0.05
Port à l'Anglais (PK 161)	33.78	33.78	0.00
		Ecart maximal (m)	0.08
		Ecart moyen (m)	0.05

Le graphique suivant présente les lignes d'eau calculées comparativement aux niveaux d'eau observés lors des événements hydrologiques de calage (1982, 1955 et 1910).



Graphique 12 : Comparaison des niveaux d'eau simulés et mesurés pour les crues de 1910, 1955 et 1982

2.3.5 Test de sensibilité

Dans les règles de l'art, la condition limite aval d'un modèle hydraulique peut être soit :

- une cote fiable extraite de repère de crues ou de documents réglementaires découlant d'un modèle hydraulique reconnu, approuvé et validé par les services de l'Etat ;
- une cote incertaine : aucune mesure disponible, cote estimée à partir de souvenir, de calcul hydraulique empirique ou de la hauteur normale (pas d'influence d'éventuel ouvrage aval).

La disponibilité de valeurs fiables permet de créer des modèles hydrauliques courts. En effet, ces valeurs prennent en compte les influences des ouvrages situés en aval du modèle et pouvant influencer les conditions d'écoulement. Ainsi, grâce à une condition limite aval ne présentant pas ou peu d'incertitude, les lignes d'eau simulées par la modélisation sont réalistes (ce qui est confirmé par le calage du modèle).

A l'inverse, si aucune valeur fiable n'est disponible, le modèle hydraulique doit posséder une longueur suffisamment importante afin de s'affranchir des incertitudes liées à la condition limite aval. Dans ce cas un test de sensibilité doit être réalisé afin de quantifier l'impact de cette donnée d'entrée incertaine sur les résultats du modèle et de s'assurer de la validité de la modélisation (modèle suffisamment long pour que la zone étudiée ne soit pas influencée par la condition limite aval).

Dans le cas du modèle hydraulique de la Seine du Pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais, les conditions limites aval correspondent à des niveaux d'eau mesurés pour des crues historiques. Il s'agit donc de données connues et validées. Les repères de crues disponibles au droit du pont du Port à l'Anglais sont rappellés dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Repères de crues disponibles au pont du Port à l'Anglais

Source	1982	1955	1910
DRIEE IF*	32.70	33.78	35.38
Repères de crues**	-	-	35.41
Valeur retenue pour la condition limite aval	32.70	33.78	35.38

* Niveaux extraits du document DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM répertoriant les niveaux d'eau pour les crues de la Seine à Paris et fournit en 2011 (cf. tableau 5, page 68).
** Repère de crue répertorié sur le site reperesdecrues-seine.fr : Maison éclusière en rive gauche au barrage de Port à l'Anglais, plaque métallique, fiabilité bonne.

Le tableau ci-dessus montre que la condition limite aval a été extraite d'au moins deux sources différentes pour la crues de 1910. De plus, concernant la crue de 1910 la cote de crue est disponible sur une plaque métallique à un niveau similaire au niveau retenue par la DRIEE-IF. La condition limite aval du modèle hydraulique peut donc être qualifiée de fiable.

Dans ce cas, la possibilité de créer un modèle court, basé sur ces valeurs fiables, est réaliste et suffisante.

De plus, le modèle est calé convenablement (cf. paragraphe 2.3.4) : les lignes d'eau simulées sont cohérentes avec les mesures historiques sur le secteur d'études. Les niveaux d'eau au droit des zones impactées par le projet étant réalistes et la condition limite aval fiable, un test de sensibilité sur cette dernière n'est pas nécessaire.

Enfin, il convient de rappeler que l'objectif des modélisations est d'étudier l'impact du projet sur les écoulements et non la détermination de niveaux d'inondation (ceux-ci étant déjà déterminés dans le cadre des études hydraulique pour l'établissement des cartes PPRi et TRI). Par conséquent, la seule modification entre les états initiaux et les phases aménagées (travaux et exploitation) consiste en l'intégration des ouvrages qui seront créés. Les différents états modélisés (initial et travaux/exploitation) possèdent donc les mêmes conditions aval (il en est de même pour les coefficients de rugosité, ouvrages hors travaux, etc.) afin de ne pas introduire de perturbations autres que les travaux envisagés.

2.4 Incidences hydrauliques du projet

2.4.1 Etat de référence

2.4.1.1 Descriptifs des zones inondées en fonction des crues simulées

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982, d'occurrence décennale, est une crue non débordante : aucune inondation du lit majeure n'est observée.

Cette crue étant contenue dans le lit mineur, seuls des ouvrages qui y sont implantés peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement. Le potentiel remplacement des ducs d'Albe au droit de l'OA friche Arrighi sera donc le seul aménagement pouvant générer un impact sur l'écoulement.

b. Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955, d'occurrence d'environ trente ans, est une crue faiblement débordante. En effet, comme le montre les cartographies ci-après, les seules inondations observées lors de cet évènement se situent principalement en rive droite en amont du pont de l'autoroute A86.

Ainsi, seuls des ouvrages présents au droit de ces zones ou en lit mineur peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement. Le potentiel remplacement des ducs d'Albe au droit de l'OA friche Arrighi sera donc le seul aménagement pouvant générer un impact sur l'écoulement.

Au droit des zones inondables par la crue de 1955, les vitesses d'écoulement sont faibles (inférieures à 0.2 m/s) et les hauteurs de submersions peuvent aller jusqu'à 2m.

c. Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence centennale, est la crue de référence du PPRI 94. Cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine. Ainsi, tout ouvrage présent dans la zone inondable telle que définie au PPRI du Val-de-Marne peut influer sur les caractéristiques des écoulements de la Seine.

Les ouvrages inondés par cette crue sont : l'OA Centre technique municipal, l'OA Rue Gabriel Péri, la gare Les Ardoines, le Site de Maintenance des Infrastructure, l'OA Friche Arrighi, l'OA rue de Rome, la gare Le Vert-de-Maisons l'OA Université Créteil et la gare Créteil l'Echat.

Les vitesses d'écoulement en lit majeur sont faibles (inférieures à 0.2 m/s) à nulles pour les zones situées à l'est de la voie ferrée. Il s'agit d'une zone de stockage.

Les hauteurs de submersion observées sont importantes au sein du lit majeur : la hauteur de submersion dépasse 2 m sur de large emprise.

Remarque : L'emprise de la zone inondable pour la crue de 1910 est très proche de celle présentée dans la cartographie des aléas du PPRI du Val-de-Marne. Le champs d'expansion obtenu avec une condition amont au pont de Choisy est donc réaliste.

2.4.1.2 Présentation des résultats

Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau calculés pour chacune des crues au droit des ouvrages de la ligne 15 Sud.

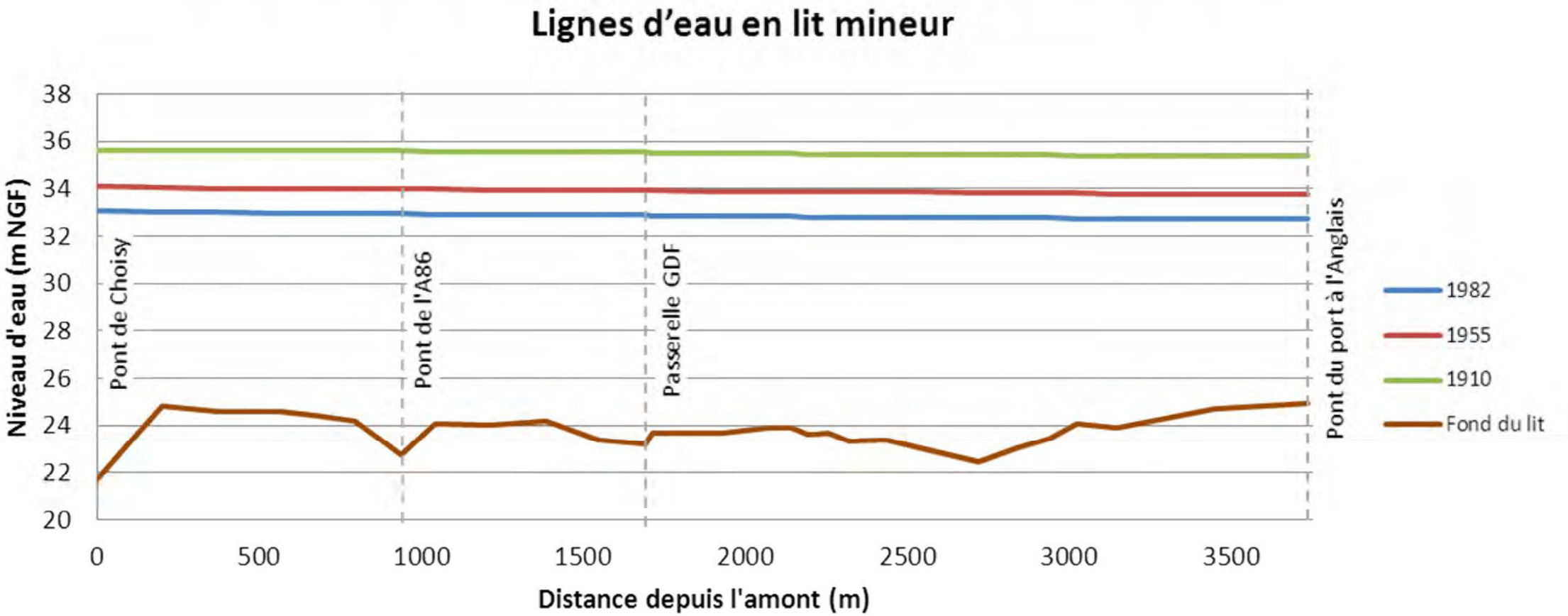
Tableau 25 : Niveaux d'eaux simulés au droit des ouvrages

Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF)		
	1982	1955	1910
OA Centre technique municipal	32.90*	33.96*	35.41
OA Rue Gabriel Péri	32.85*	33.91*	35.4
Gare Les Ardoines	32.90*	33.96*	35.42
SMI	32.96*	34.01*	35.46 à 35.56
OA Friche Arrighi	32.83*	33.89*	35.47
OA Rue de Rome	32.79*	33.85*	35.49
Gare Le Vert-de-Maisons	32.79*	33.85*	35.41
OA Université Créteil	32.78*	33.84*	35.41
Gare Créteil l'Echat	32.76*	33.82*	35.41

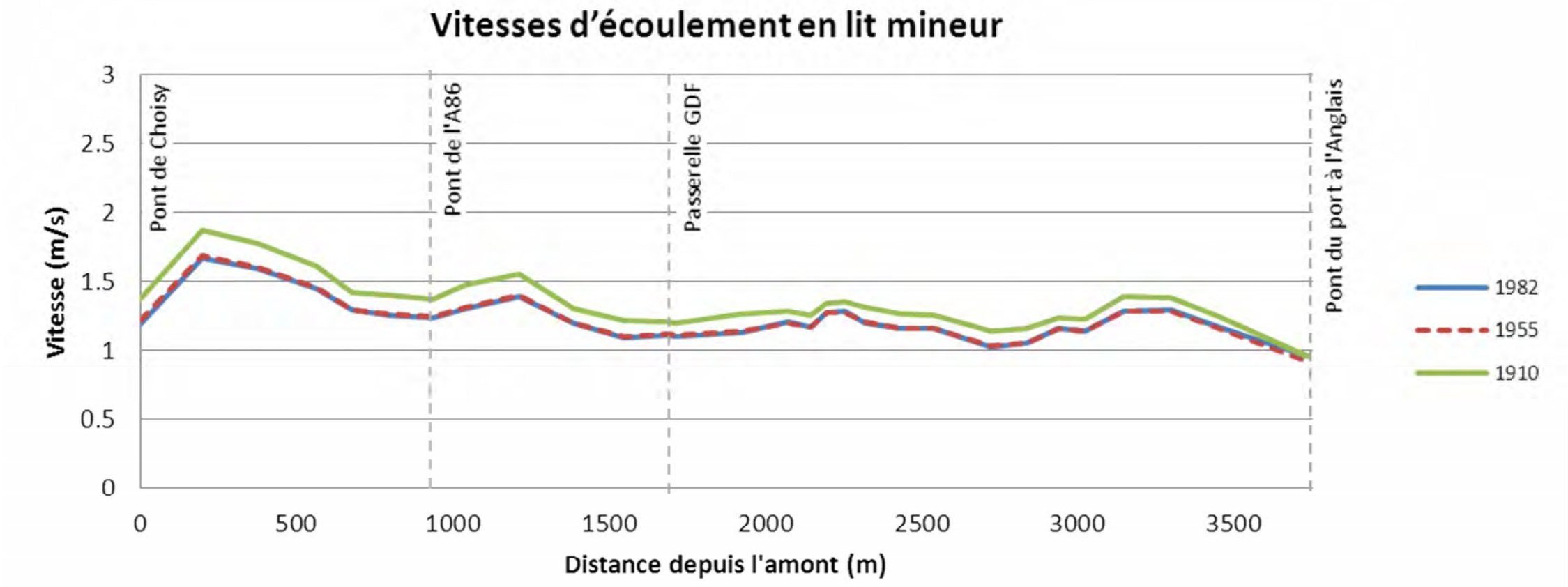
* niveau d'eau simulé dans le lit mineur (ouvrage non submersible lors de la crue)

Les graphiques, figurant pages suivantes, présentent les profils en long des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement de la Seine obtenues lors de la simulation des différentes crues.

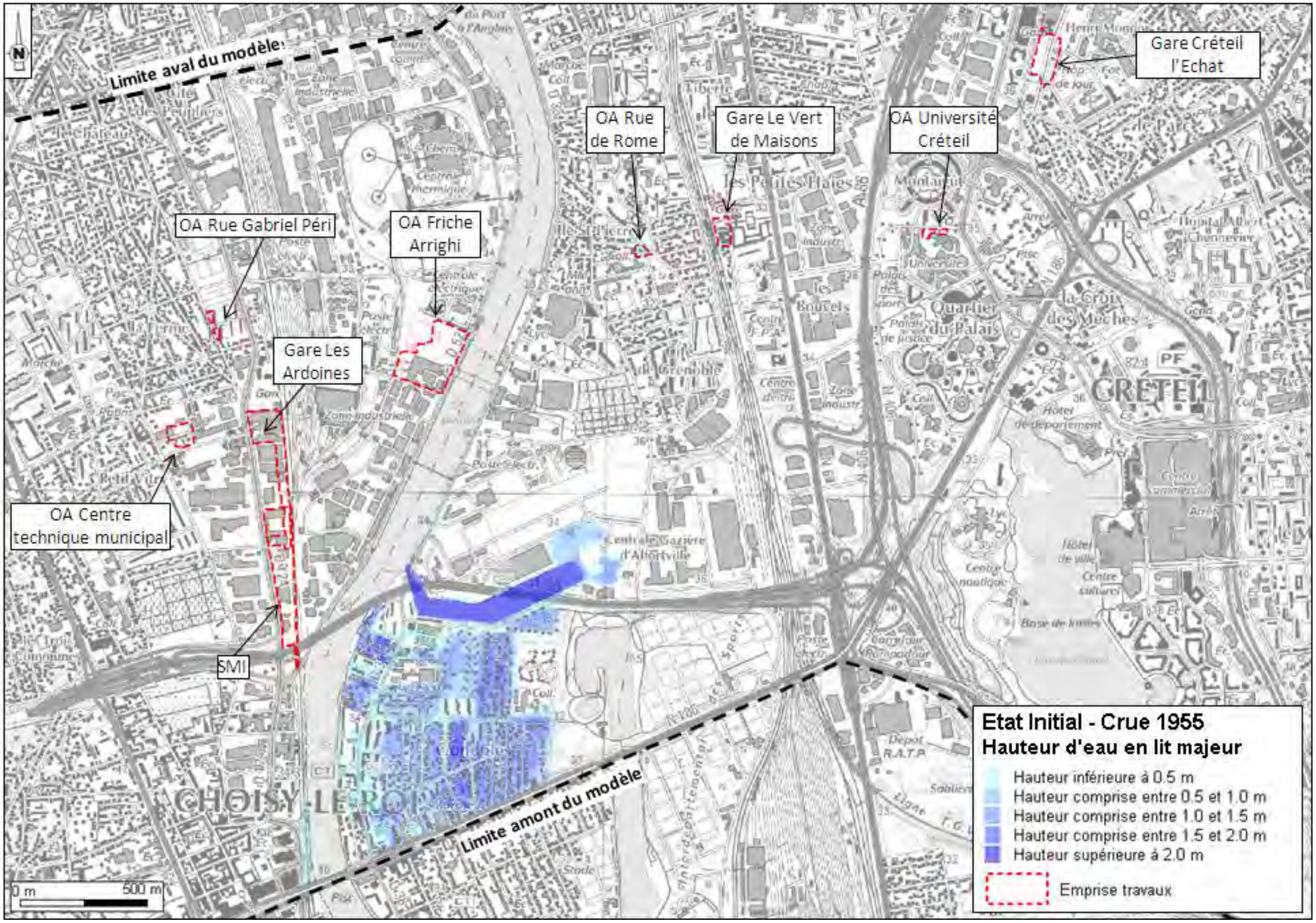
Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement en lit majeur obtenues par la simulation des crues débordantes sont présentées à la suite des profils en long des lignes d'eau et des vitesses d'écoulement des différents évènements.



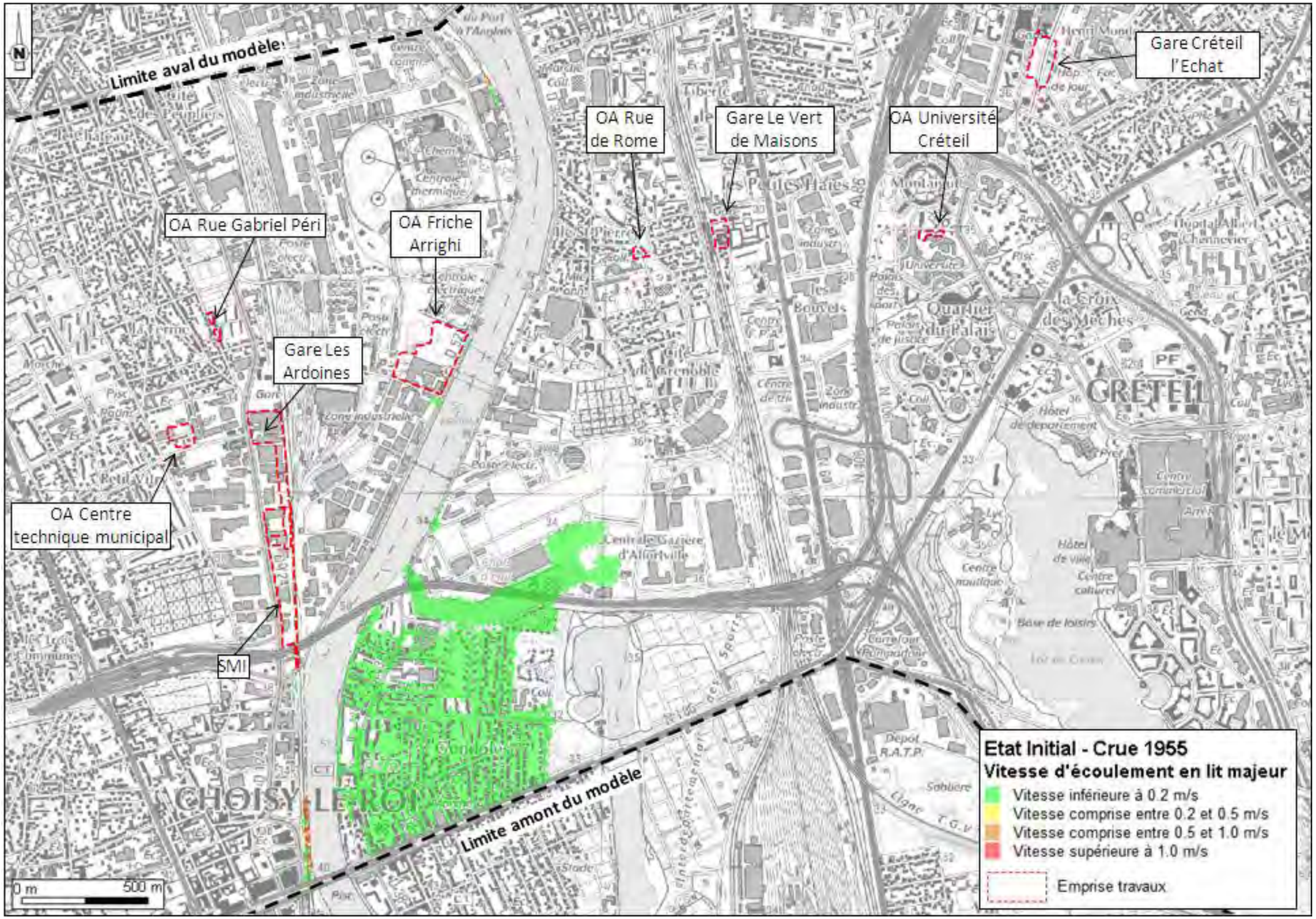
Graphique 13 : Lignes d'eau de la Seine en lit mineur



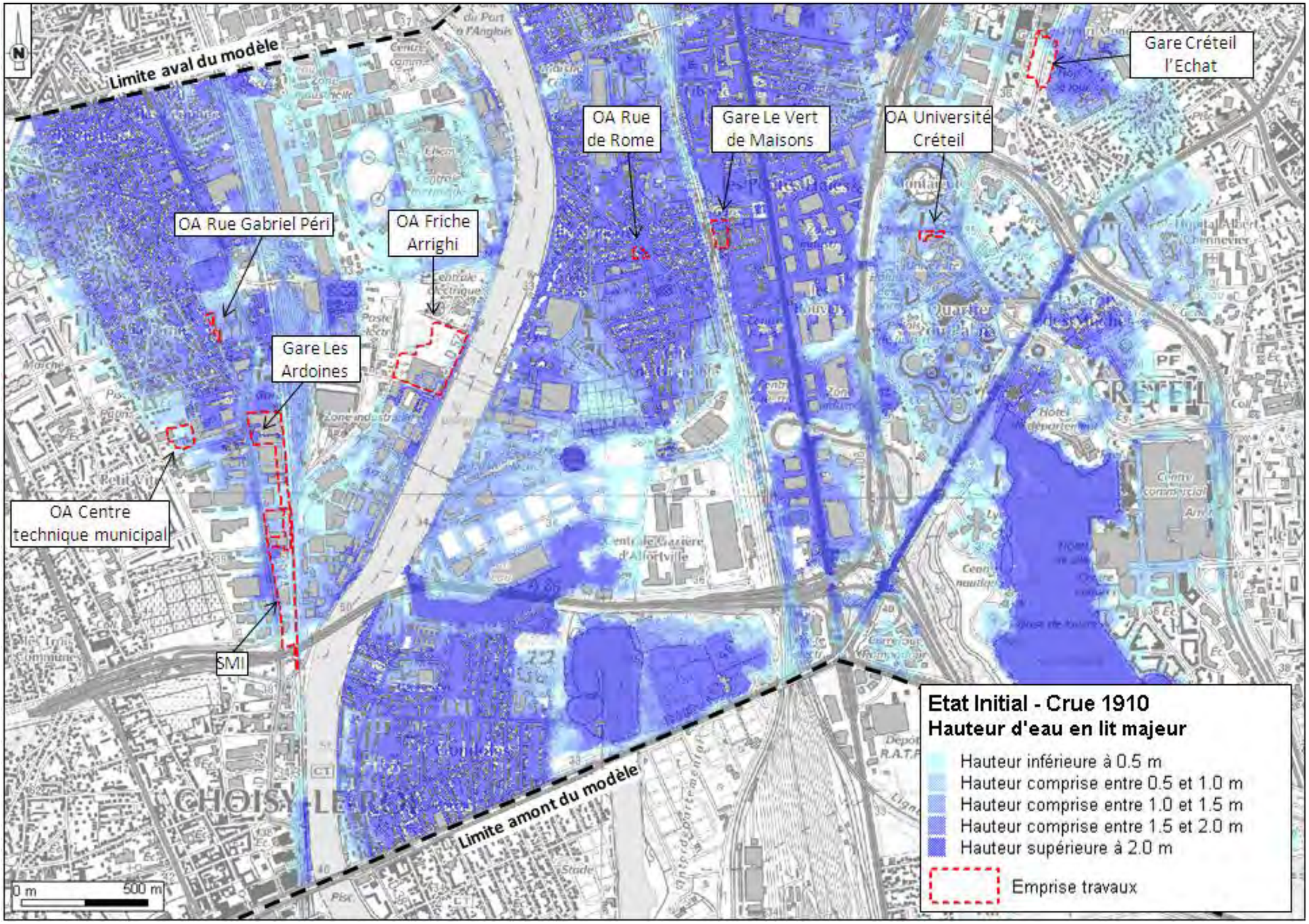
Graphique 14 : Evolution des vitesses d'écoulement en lit mineur de l'amont vers l'aval



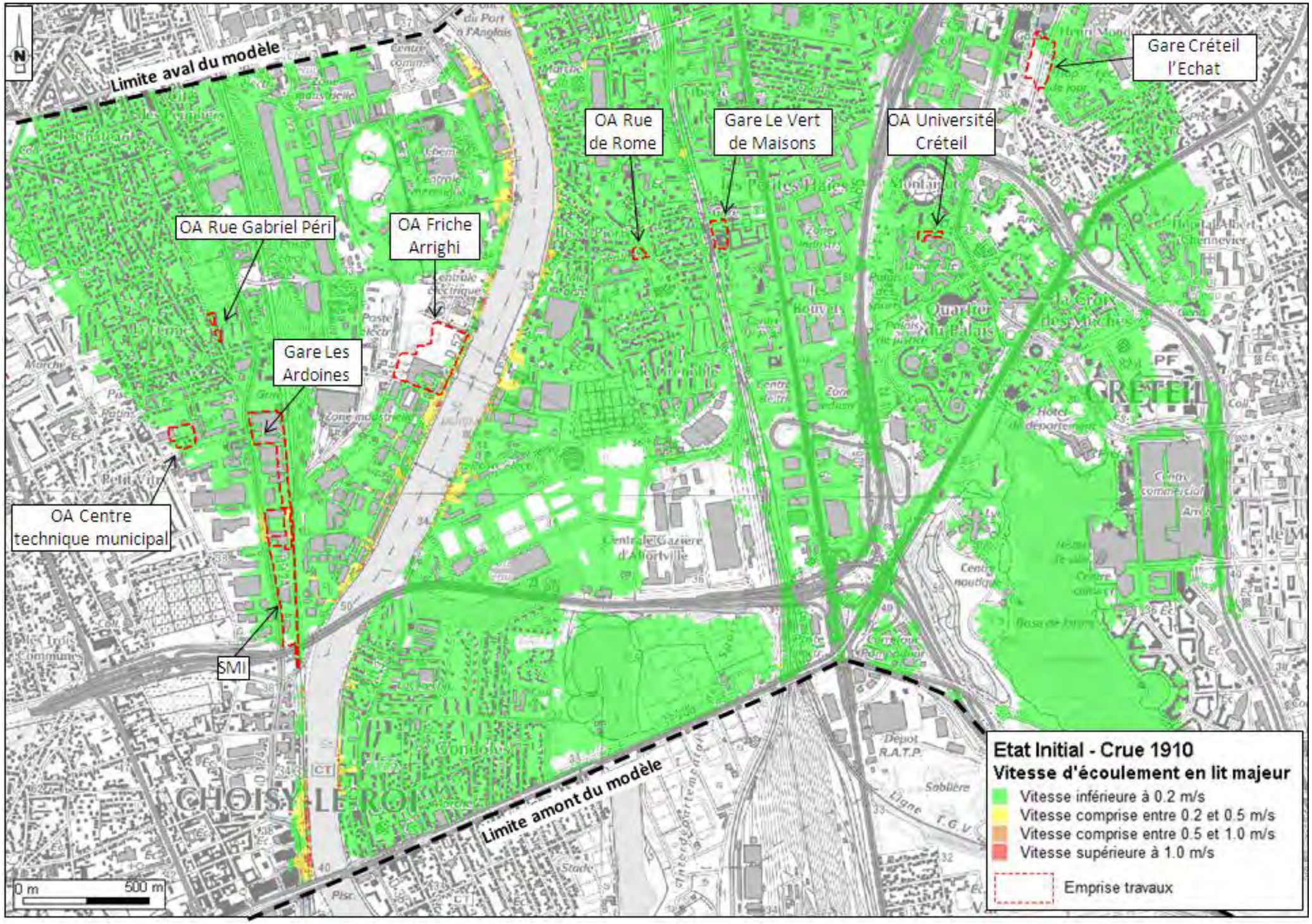
Carte 44 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue 1955



Carte 45 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1955



Carte 46 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue 1910



Carte 47 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910

2.4.2 Phase chantier

2.4.2.1 Définition et modélisation de la phase chantier

La phase chantier correspond à la période durant laquelle les travaux du projet du Grand Paris Express auront lieu. Il s'agit d'une phase temporaire.

L'ensemble des puits (puits d'attaque, puits des ouvrages annexes, boîte gare) sera mis hors d'eau afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel pour les crues similaires à la crue de 1910.

La modélisation de la phase chantier en lit majeur est réalisée en définissant les surfaces non submersibles au cours de la période de chantier (base vie, boite gare et ouvrages annexes) mais également les emprises des centrales à béton et de traitement des boues comme non submersibles. Ces emprises sont donc modélisées en tant que bâtiment insubmersible.

Les différentes phases des chantiers sont modélisées en parallèle : toutes les emprises non submersibles au cours de la durée totale du chantier sont modélisées. Il s'agit d'une hypothèse pessimiste.

a. Ouvrages Annexes

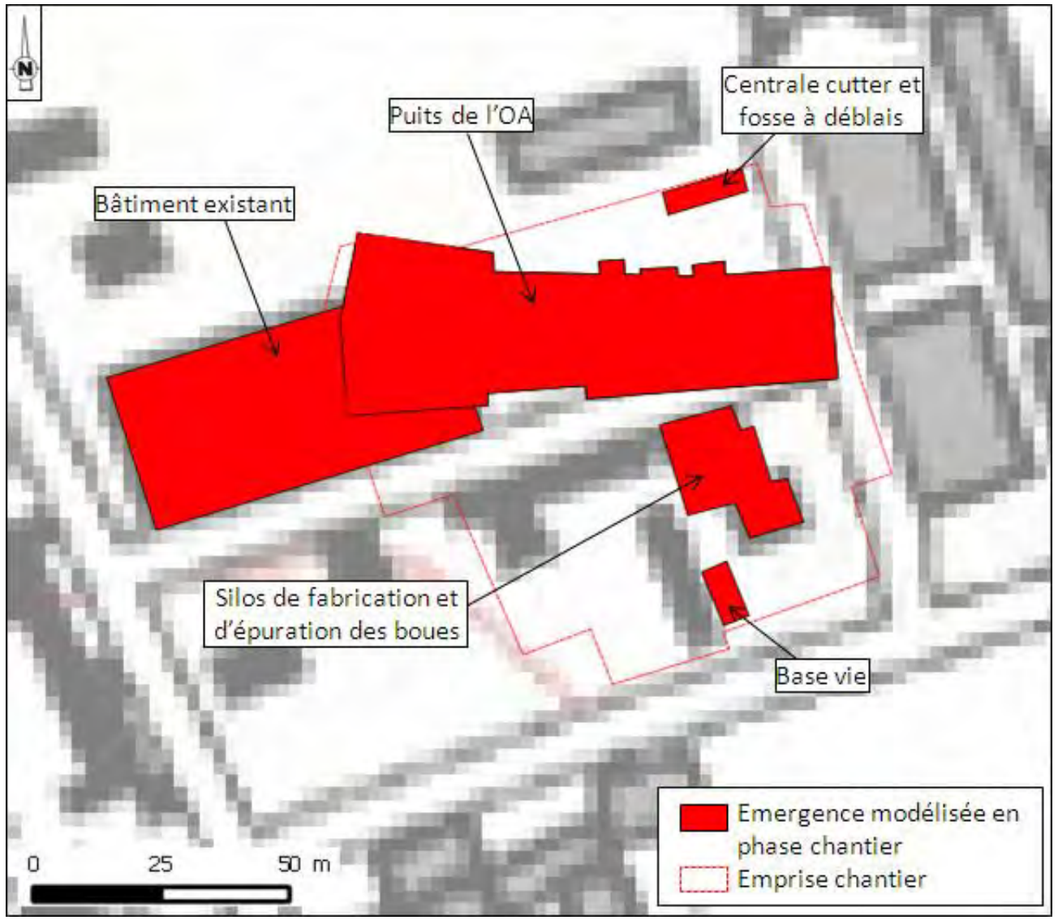
Pendant toute la durée du chantier, les parois des infrastructures sont rehaussées de 20 cm par rapport à la cote de la crue de 1910 afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel. La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

Les modélisations de la phase chantier au droit des ouvrages annexes Centre technique municipal, Rue Gabriel Péri, Rue de Rome et Université Créteil consistent à considérer comme non submersibles les emprises :

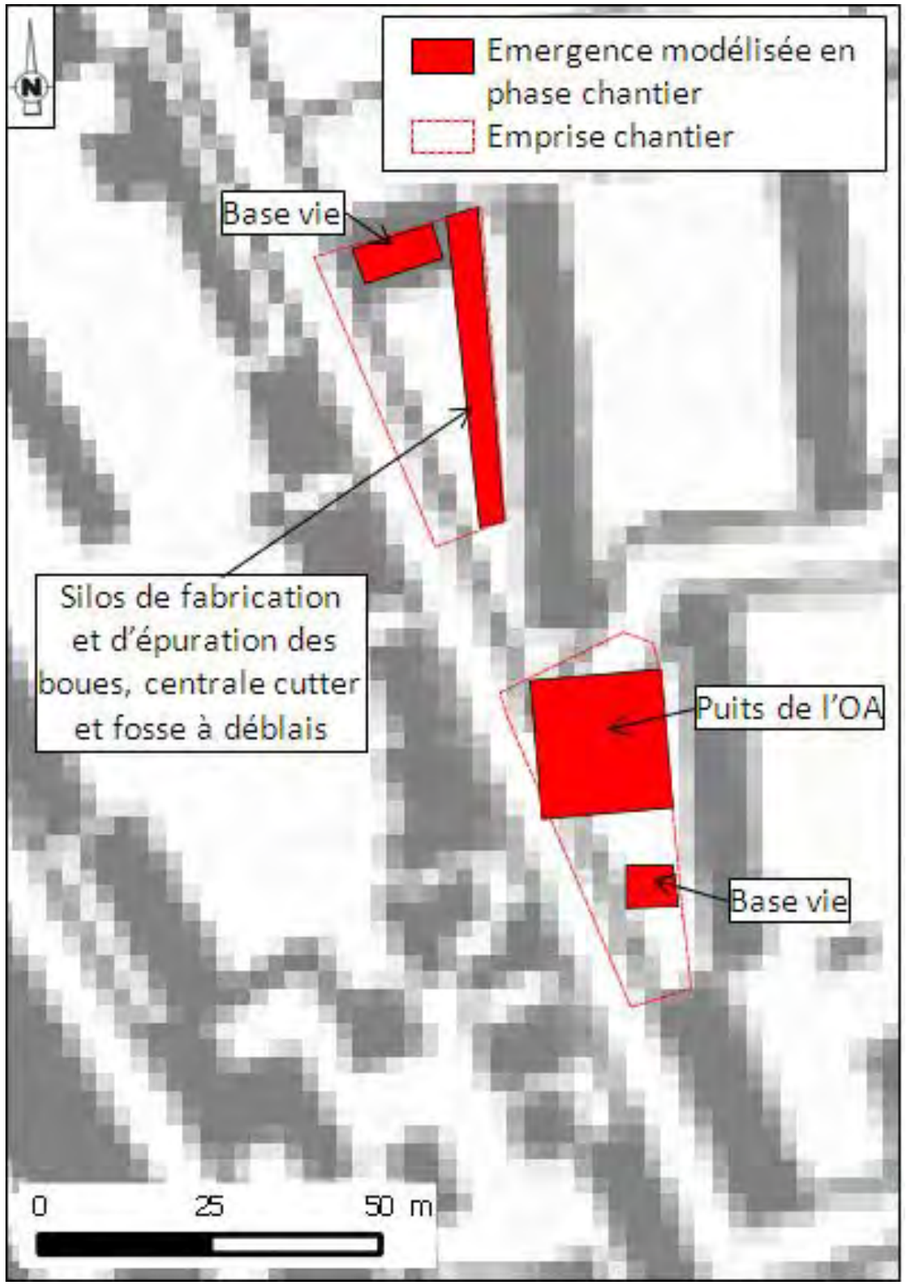
- des bâtiments existants voués à être démolis,
- des puits des ouvrages annexes,
- des bases vie,
- des centrales cutter,
- des fosses à déblais,
- des cuves à fuel,
- des silos de fabrication et d'épuration des boues.

Les déblais et les engins de chantier seront évacués en cas d'alerte de crue. La topographie des emprises chantier est donc identique à la topographie actuelle, mise à part les modifications citées précédemment.

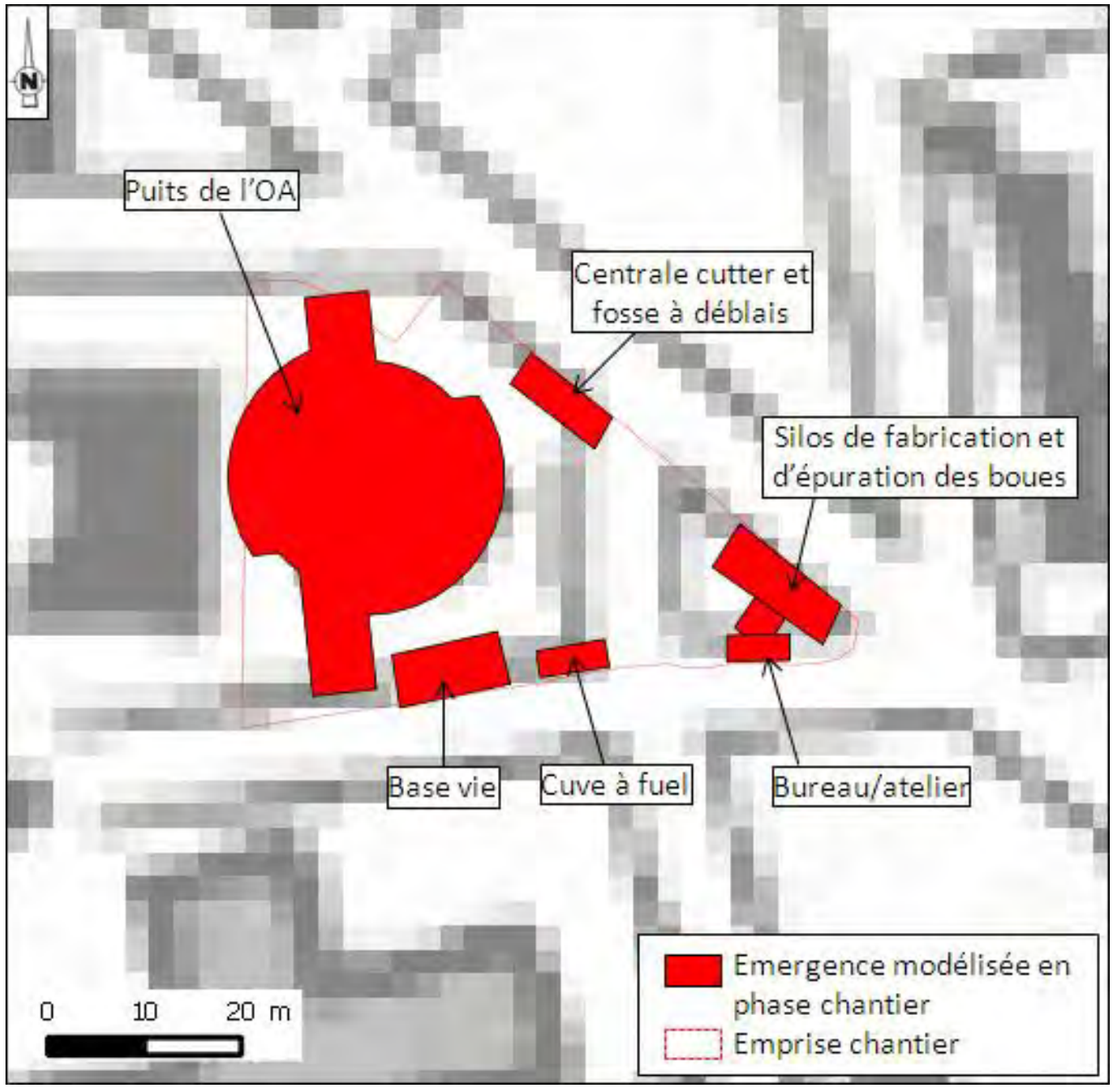
Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées à travers les cartes suivantes, pour chacun des ouvrages annexes (l'OA Friche Arrighi est traité séparément).



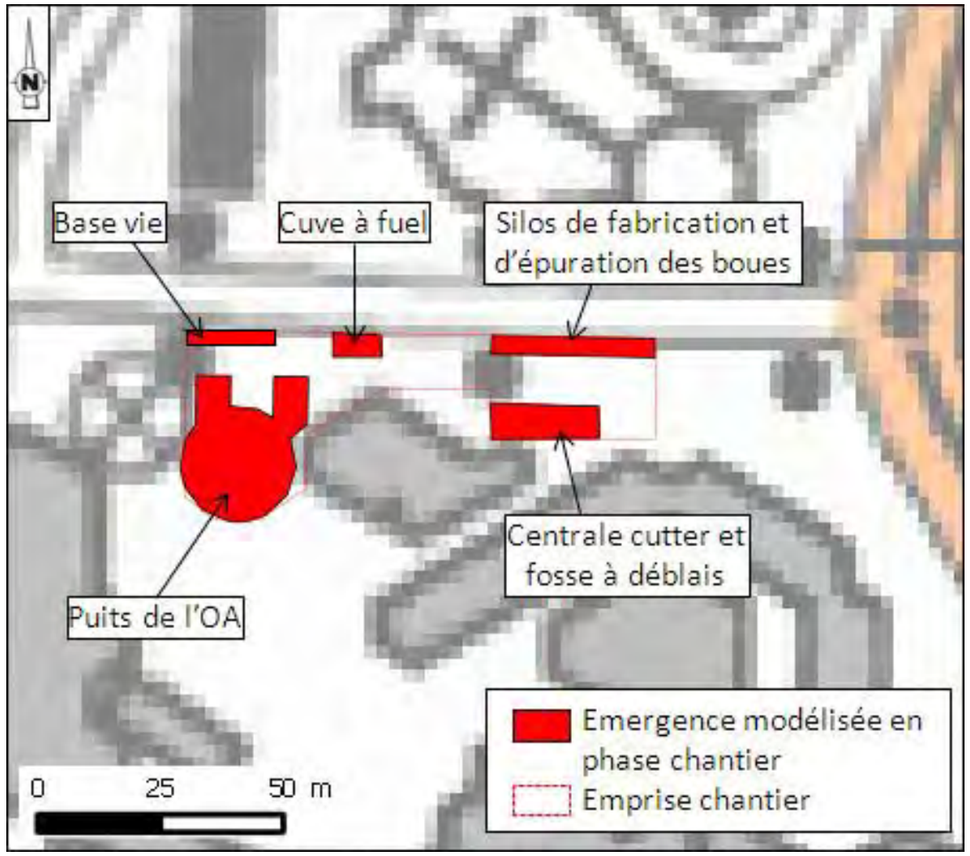
Carte 48 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Centre technique municipal



Carte 49 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Rue Gabriel Péri



Carte 50 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Rue de Rome



Carte 51 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Université Créteil

b. Gare Les Ardoines

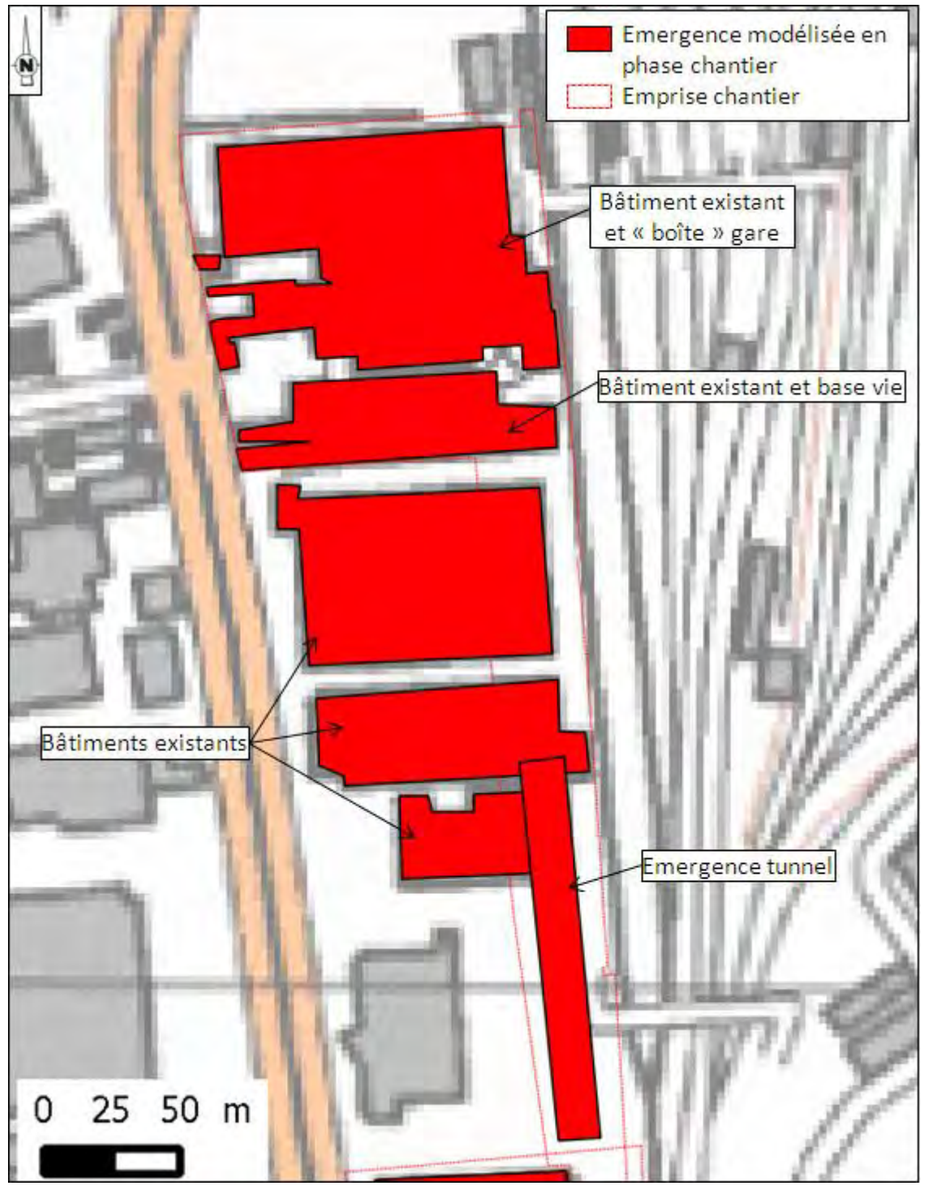
Pendant toute la durée du chantier, les parois des infrastructures sont rehaussées de 20 cm par rapport à la cote de la crue de 1910 afin d'éviter toute entrée d'eau dans le tunnel. La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

Entre la gare et le SMI, le tunnel émerge au niveau du terrain naturel pour connecter le site de maintenance au réseau de la ligne 15 Sud. Cette émergence est conçue pour être hors d'eau en cas d'inondation par une crue de type 1910 (paroi rehaussée de 20 cm par rapport à la cote de 1910). Cette émergence est considérée comme non submersible dans la modélisation de la phase chantier.

La modélisation de la phase chantier au droit de la gare Les Ardoines consiste à considérer comme non submersibles les emprises :

- des bâtiments existants voués à être démolis,
- de la « boîte » gare,
- de la base vie,
- l'émergence du tunnel.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées à travers la carte suivante.



Carte 52 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de la gare Les Ardoines

c. SMI de Vitry-sur-Seine

Deux états projet sont actuellement envisagés pour le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry-sur-Seine.

Les aménagements prévus pour l'état projet 1 sont :

- une plate-forme de circulation ferroviaire et routière et de stockage, occupée seulement par quelques locaux en dur (cote 34,68 NGF),
- le bâtiment du SMI (rez-de-chaussée à la cote 35,83 NGF),
- le hall de maintenance VMI (rez-de-chaussée à la cote 34,68 NGF),
- le quai de chargement (cote 35.83 NGF).

L'état projet 2 est une variante de l'état projet 1. La seule différence consiste à placer la plate-forme de circulation ferroviaire à la cote 34,34 NGF (la plate-forme de circulation routière et de stockage étant maintenue à la cote 34.68 NGF).

Le cas le plus pénalisant vis-à-vis des inondations est le projet n°1 (nivellement de la plateforme de circulation ferroviaire à 34,68 m NGF). Ce projet a été utilisé pour la modélisation de la phase travaux.

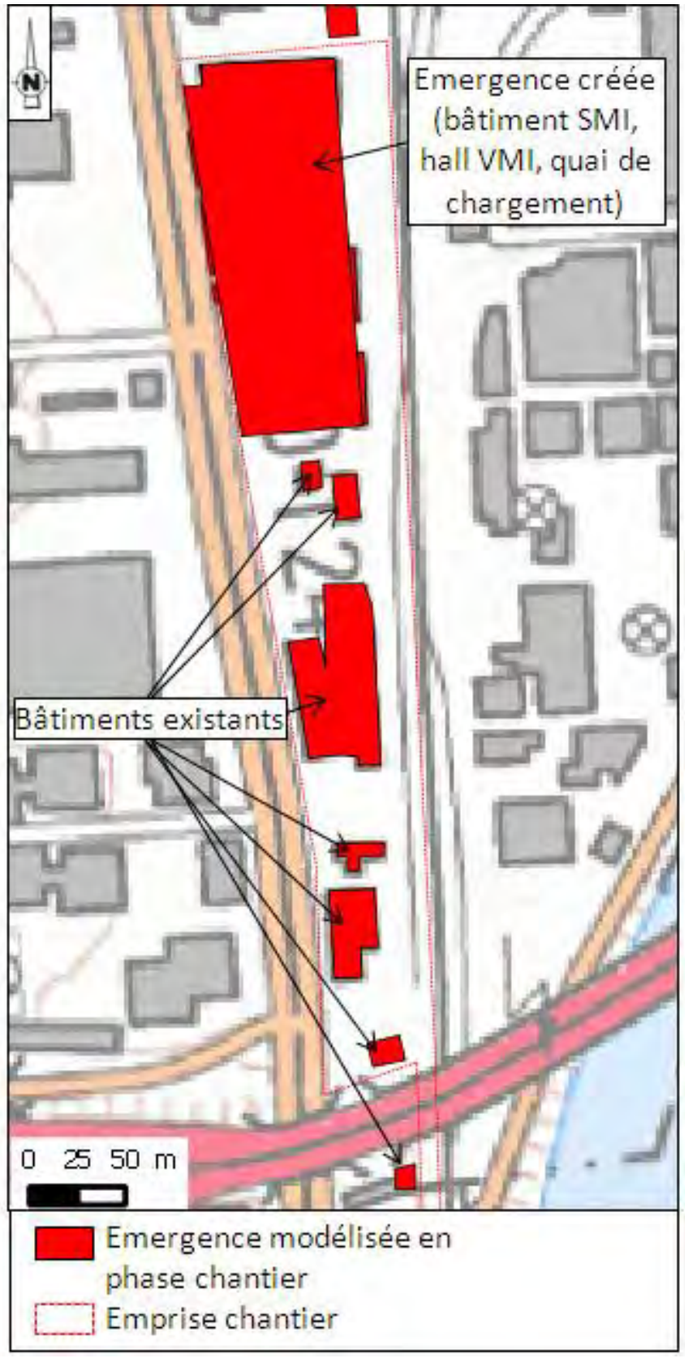
Durant la phase chantier, les bâtiments existant sur le site seront démolis. Cependant, ceux-ci sont pris en compte dans la modélisation pour se placer dans le cas le plus défavorable de la phase chantier.

Ainsi, la modélisation de la phase chantier au droit du SMI consiste à considérer comme non submersibles les emprises :

- des bâtiments existants voués à être démolis,
- du bâtiment SMI,
- du hall de maintenance VMI,
- du quai de chargement.

Le reste du site est considéré nivelé à la cote 34,68 m NGF.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées à travers la carte suivante.



Carte 53 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit du SMI

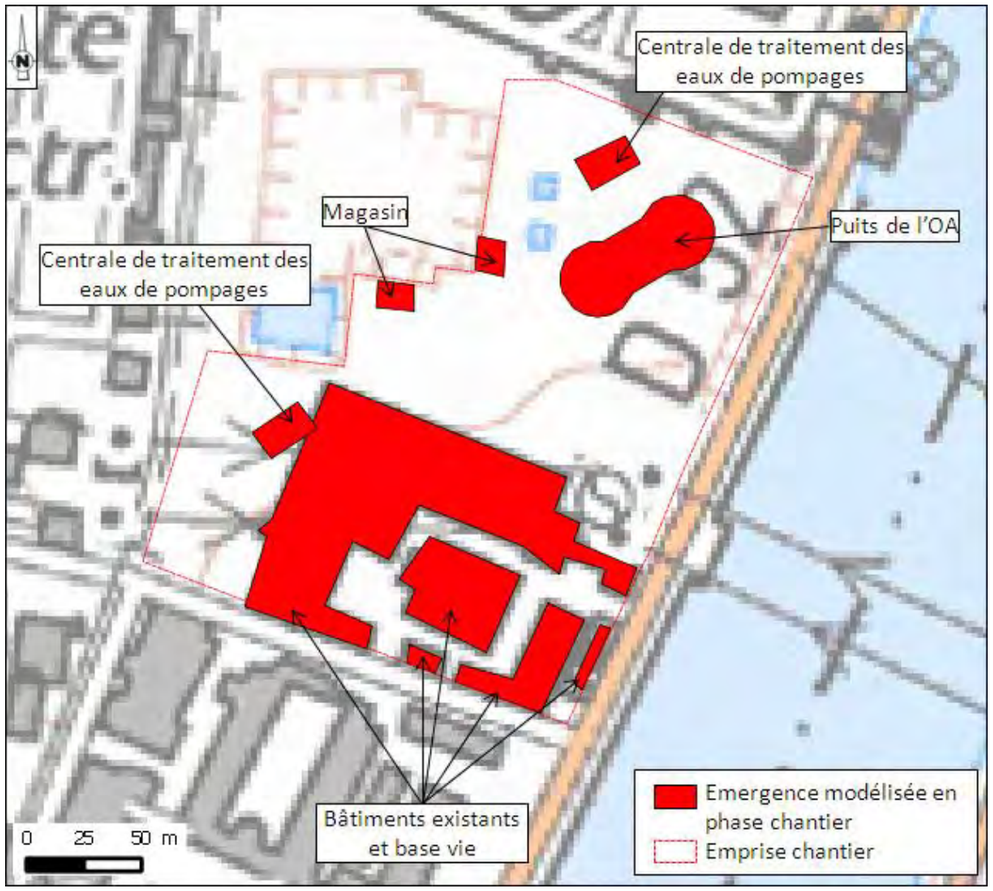
d.OA Friche Arrighi

La modélisation de la phase chantier au droit de l'OA Friche Arrighi consiste à considérer comme non submersibles les emprises :

- des bâtiments existants voués à être démolis,
- du puits de l'ouvrage annexe,
- de la base vie,
- des centrales de traitement des eaux de pompages,
- des magasins.

Les déblais et les engins de chantier seront évacués en cas d'alerte à la crue. La topographie des emprises chantier est donc identique à la topographie actuelle, mise à part les modifications citées précédemment.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



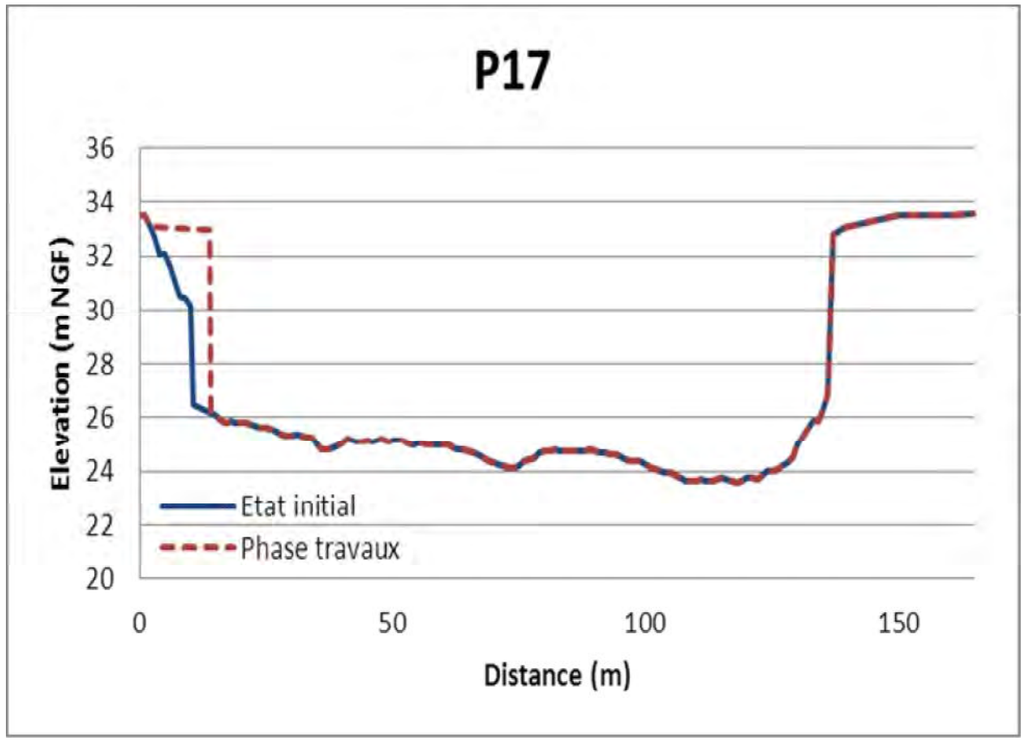
Carte 54 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Friche Arrighi

Au droit de la Friche Arrighi, il est prévu d'évacuer les déblais par la Seine. L'accostage des barges peut nécessiter de changer les ducs d'Albe déjà en place si ceux-ci sont en mauvais état.

Les espaces libres entre les Ducs d'Albe de remplacement au droit de la Friche Arrighi étant estimés à moins de 5 m (d'après les plans masse disponibles), ceux-ci sont considérés comme complétement obstrués. L'implantation de nouveaux Ducs d'Albe est donc modélisée par un remblai en lit mineur (hypothèse pessimiste). En effet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », la distance entre les ducs d'Albe et la berge étant de l'ordre de 5 m, l'espace libre doit être considéré comme complètement obstrué (prise en compte d'éventuels embâcles).

Les infrastructures de chantier dans le lit mineur de la Seine (Ducs d'Albe) sont modélisées par un reprofilage des profils en travers au droit du secteur concerné sur un linéaire d'environ 250 m (du profil P15 à P19).

Le graphique ci-après illustre un exemple des reprofilages mis en œuvre pour la modélisation de la phase chantier.



Graphique 15 : Exemple de prise en compte de la phase travaux en lit mineur – Profil P17

e. Gare Le Vert-de-Maisons

La totalité de l'emprise chantier est considéré comme insubmersible en phase travaux. Il s'agit d'une hypothèse pessimiste : les impacts réels en phase travaux seront inférieurs à ceux modélisés.

L'emprise ainsi considérée comme non submersible est présentée sur la carte suivante.



Carte 55 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de la gare Le Vert-de-Maisons

f. Gare Créteil l'Echat

La modélisation de la phase chantier au droit de la gare de Créteil l'Echat consiste à considérer comme non submersibles les emprises :

- des bâtiments existants voués à être démolis,
- de la « boîte » gare,
- de la base vie,
- de la centrale cutter,
- de la fosse à déblais,
- les silos de fabrication et d'épuration des boues.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées à travers la carte suivante.



Carte 56 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de la gare Créteil l'Echat

2.4.2.2 Incidences hydrauliques en phase chantier

a. Crue de 1982 (crue décennale)

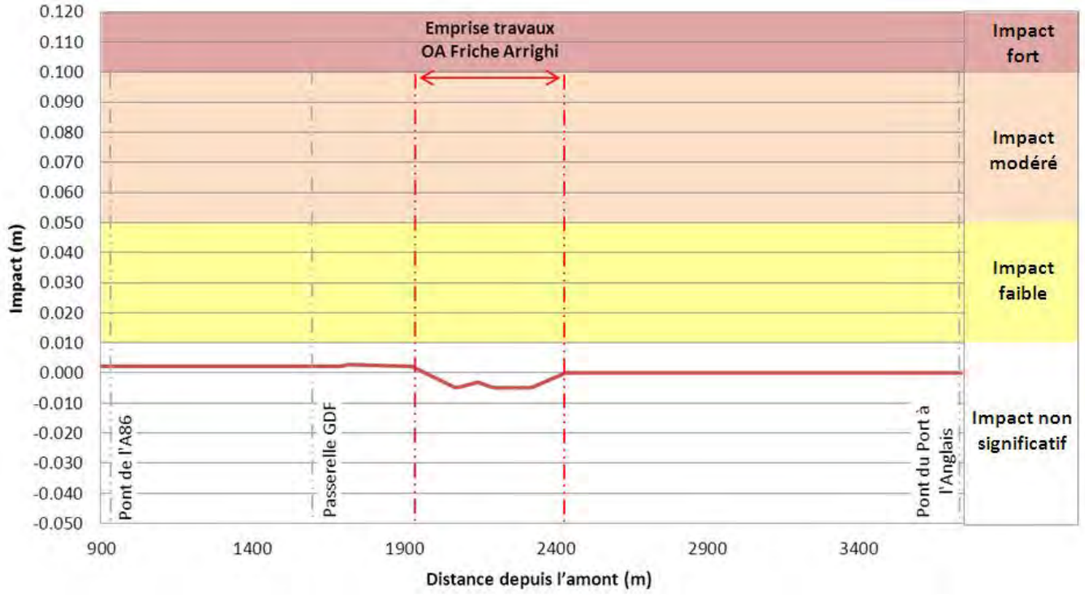
La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase chantier, le projet a un impact non significatif sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 (variation du niveau de +/- 0.5 cm).

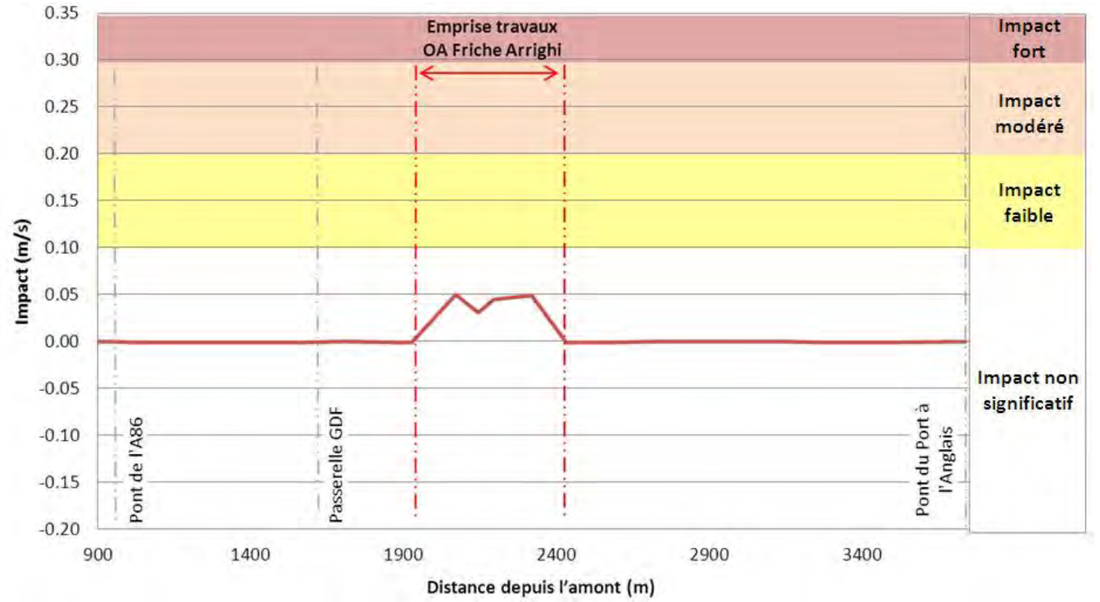
Lors de la phase chantier, le projet a un impact non significatif sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1982 (incidence de l'ordre de 0.05 m/s).

La phase travaux présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1 cm) et les vitesses d'écoulement en lit mineur (impact inférieur à 0.1 m/s) pour la crue de 1982. Aucune incidence n'est observée en lit majeur (crue non débordante).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase chantier) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les profils en long ci-après.



Graphique 16 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982



Graphique 17 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1982

b. Crue de 1955 (crue trentennale)

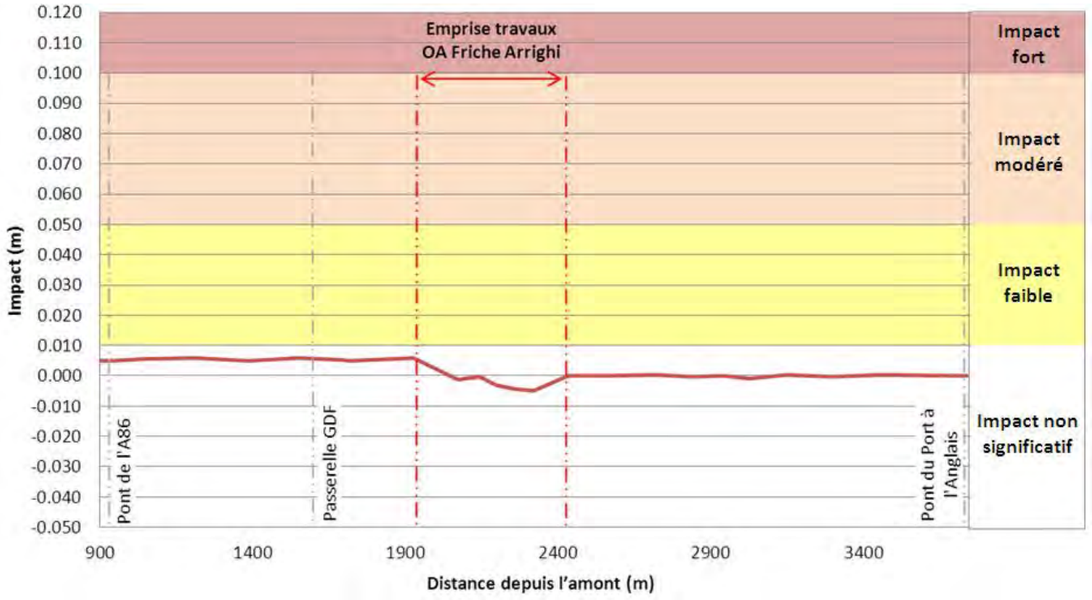
La crue de 1955 étant non débordante au droit des ouvrages, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase chantier, le projet a un impact non significatif sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 (variation du niveau de +/- 0.5 cm).

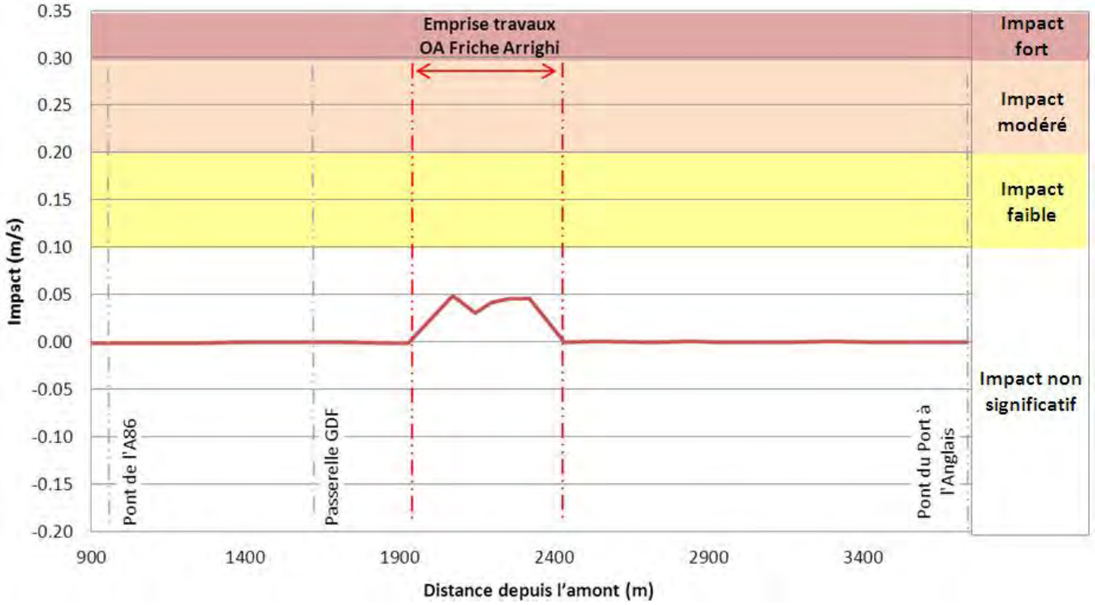
Lors de la phase chantier, le projet a un impact non significatif sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1955 (incidence de l'ordre de 0.05 m/s).

La phase travaux présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1 cm) et les vitesses d'écoulement en lit mineur (incidence inférieure à 0.1 m/s) pour la crue de 1955. Aucune incidence n'est observée en lit majeur (crue non débordante au droit des ouvrages).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase chantier) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les profils en long ci-après.



Graphique 18 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955



Graphique 19 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1955

c. Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI du Val de Marne. Les niveaux d'eau et les vitesses de cette crue débordante peuvent être impactés par l'OA Centre technique municipal, l'OA Rue Gabriel Péri, la gare Les Ardoines, le SMI, l'OA Friche Arrighi, l'OA Rue de Rome, la gare Le Vert-de-Maisons, l'OA Université Créteil et la gare Créteil l'Echat. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

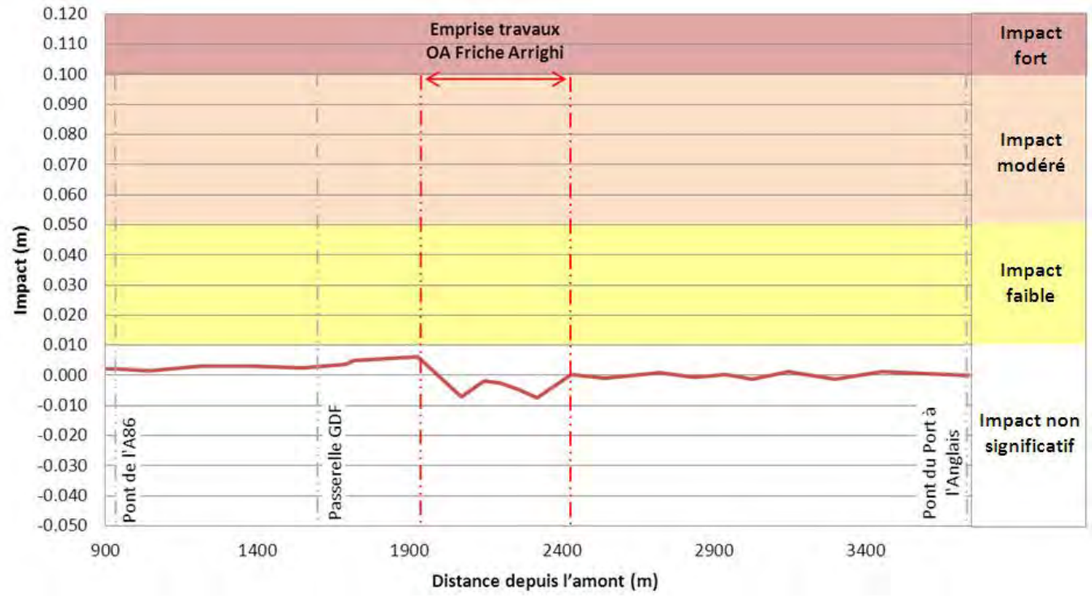
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Friche Arrighi (en lit mineur et majeur), correspondant à un impact non significatif,
- un abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre du centimètre) au droit de l'OA Friche Arrighi en lit mineur,
- un rehaussement local des niveaux d'eau d'environ 2,5 cm au droit du futur SMI correspondant à un impact faible.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 sont :

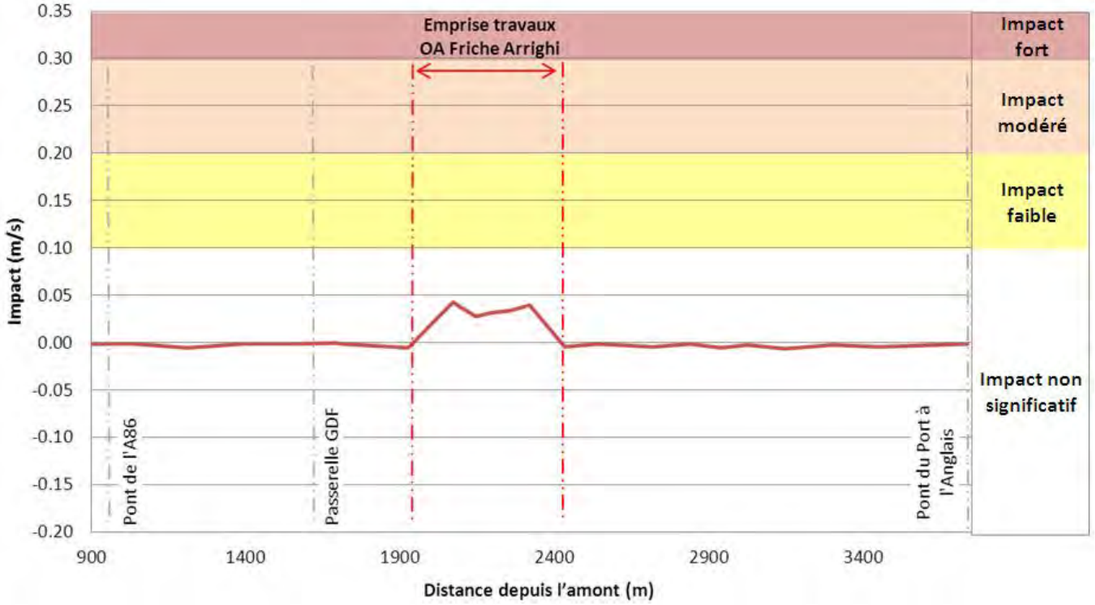
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,04 m/s) au droit de l'OA Friche Arrighi, correspondant à un impact non significatif,
- une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,08 m/s) à proximité immédiate du SMI correspondant à un impact faible.

La phase travaux présente donc un impact faible et local (au droit du futur SMI) sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement en lit majeur pour la crue de 1910. Un impact non significatif est observé en lit mineur et au droit des autres ouvrages présents sur le secteur modélisé.

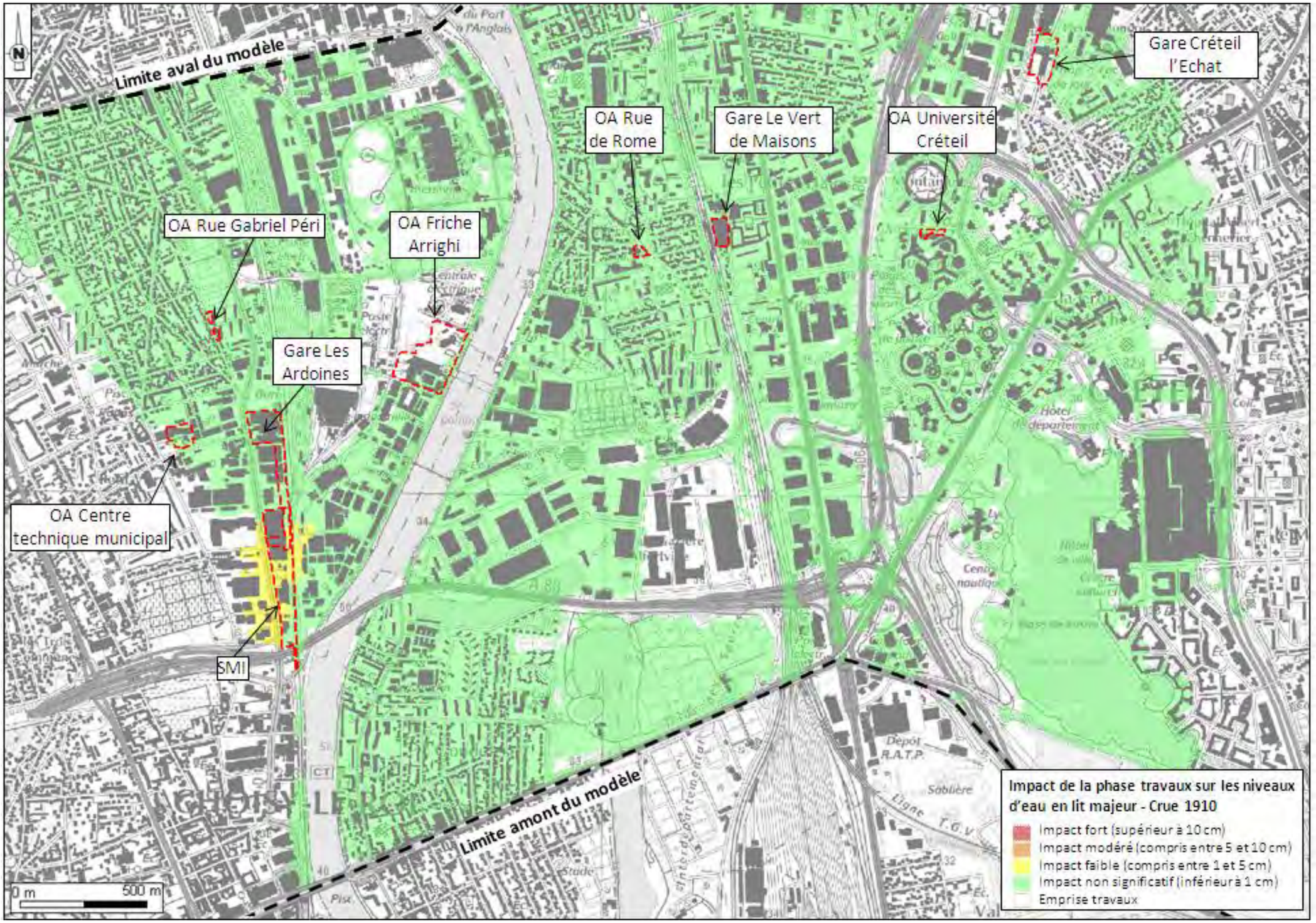
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase chantier) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



Graphique 20 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1910



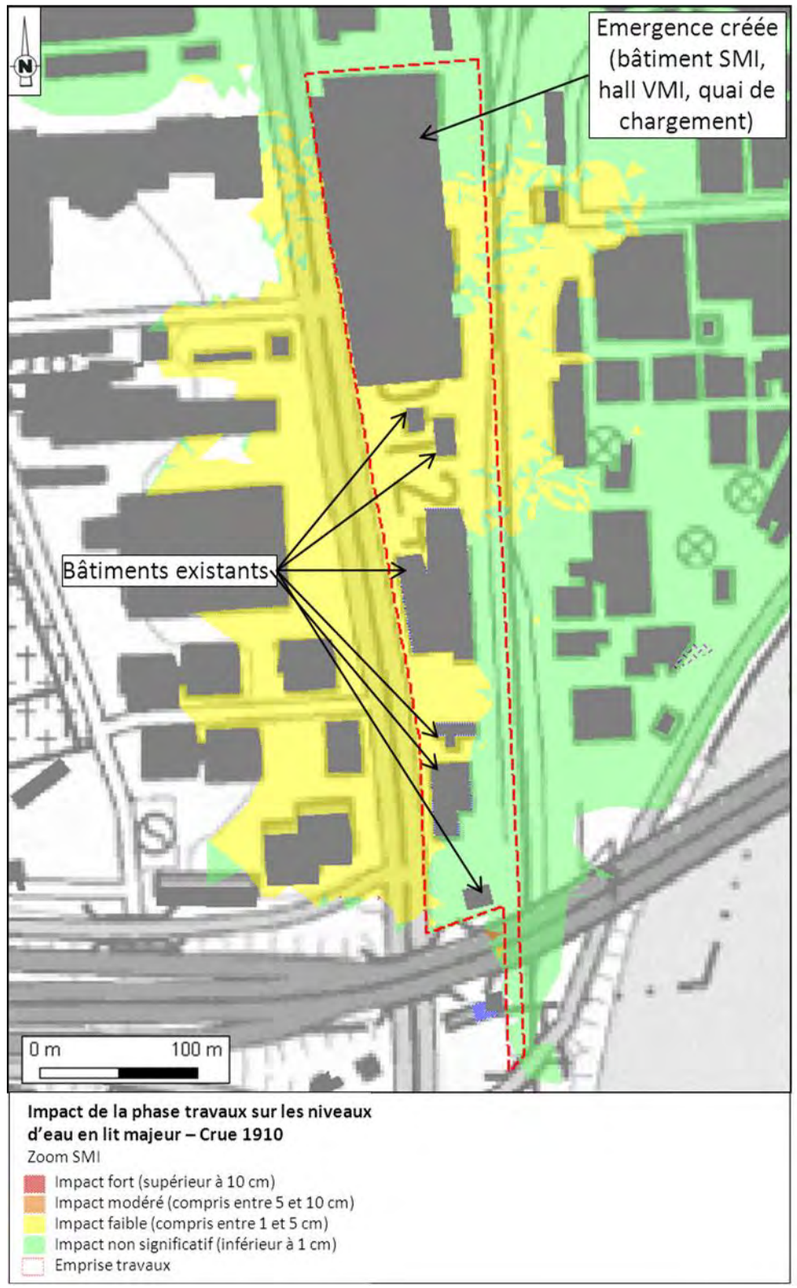
Graphique 21 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1910



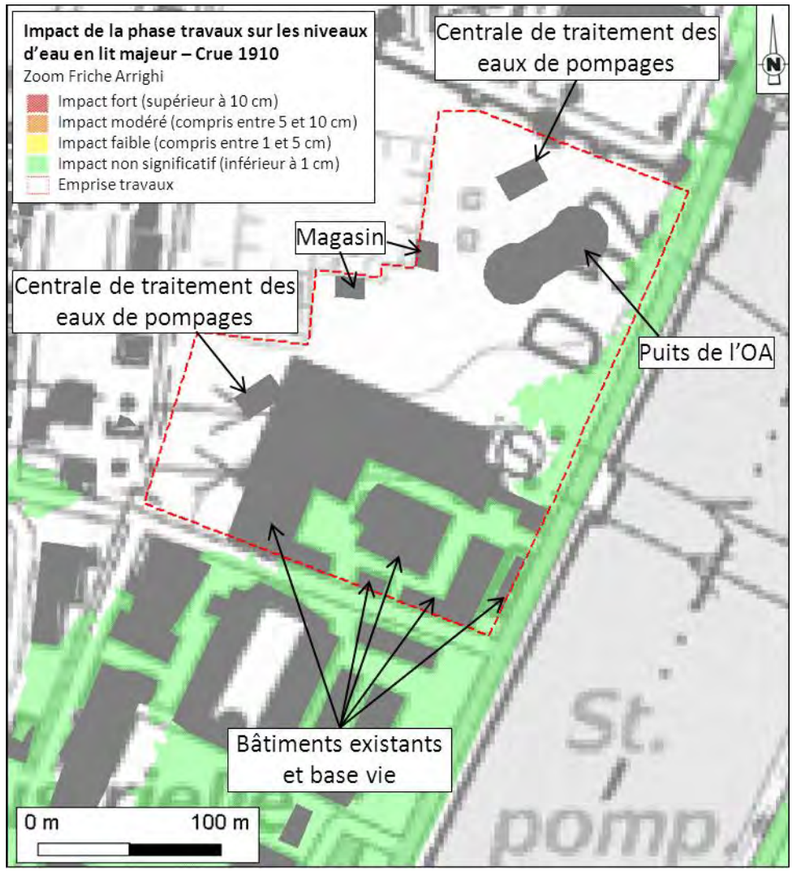
Carte 57 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910



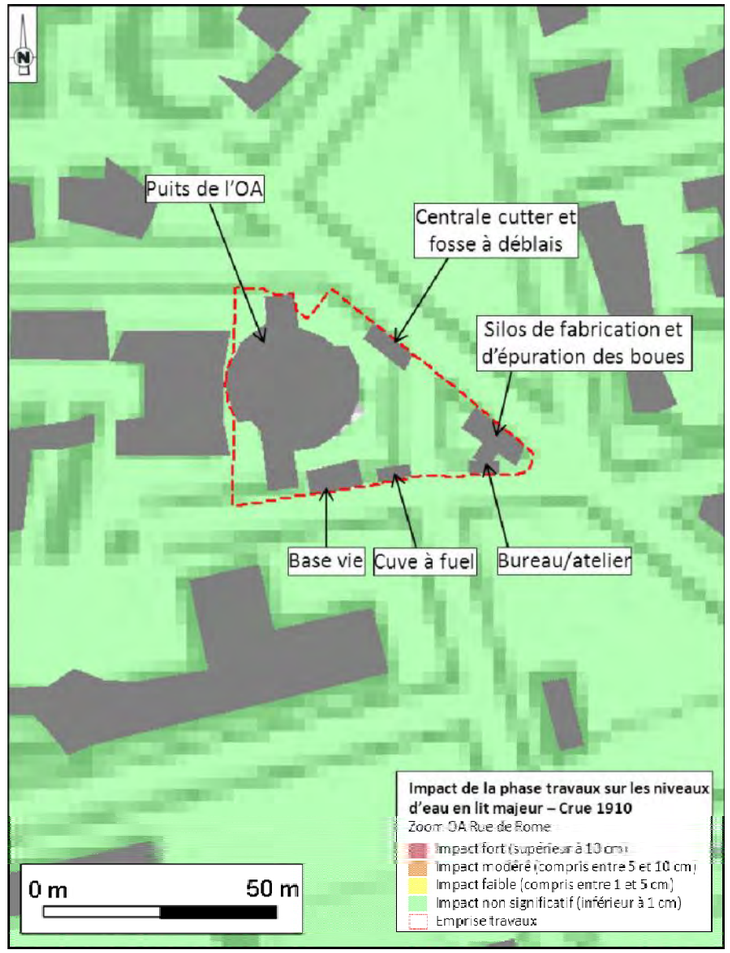
Carte 58 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Secteur des Ardoines



Carte 24 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom SMI



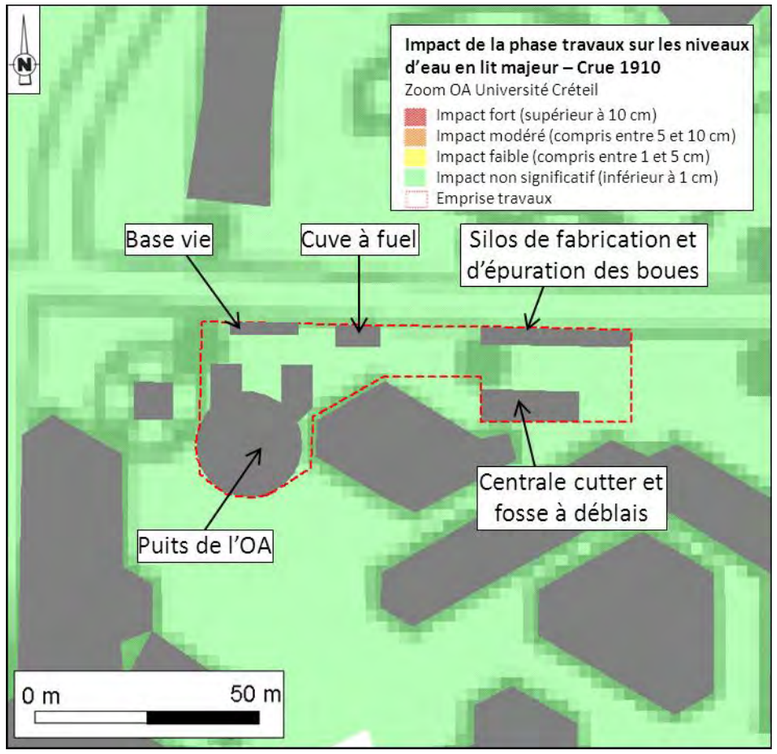
Carte 25 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Friche Arrighi



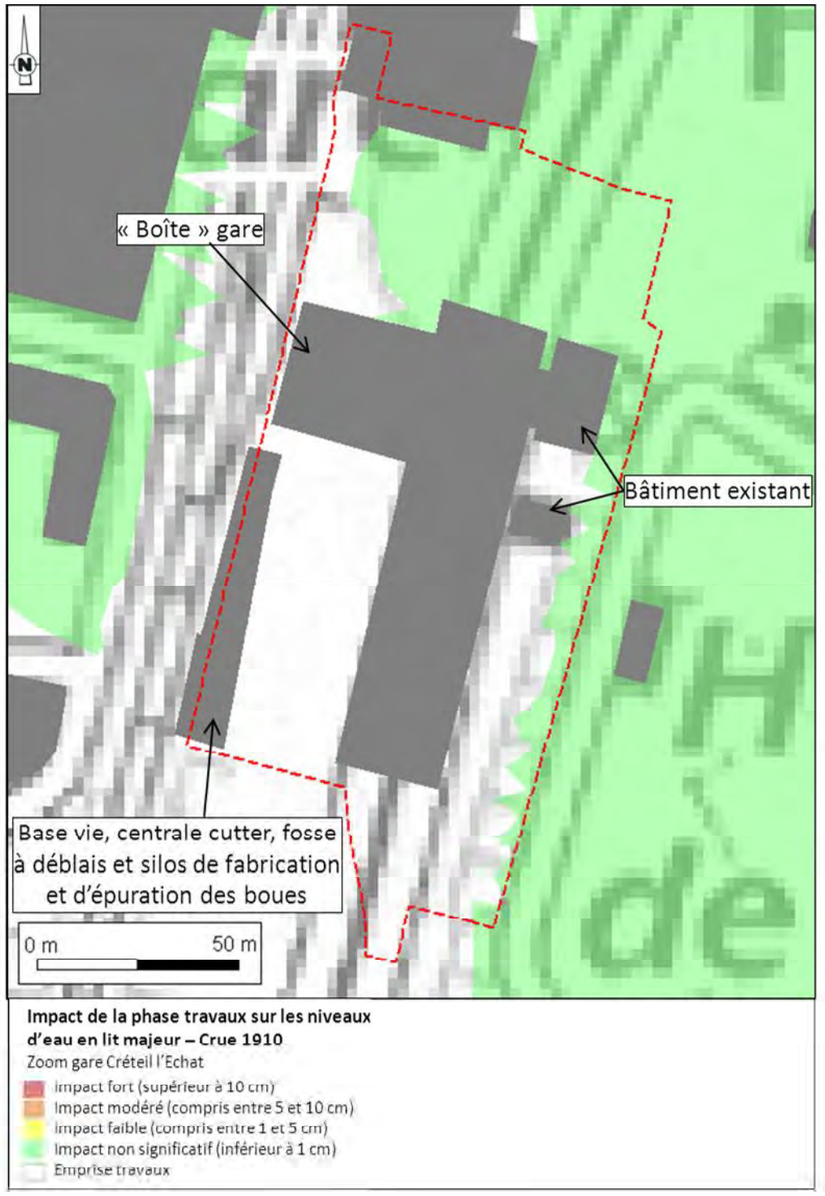
Carte 26 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue de Rome



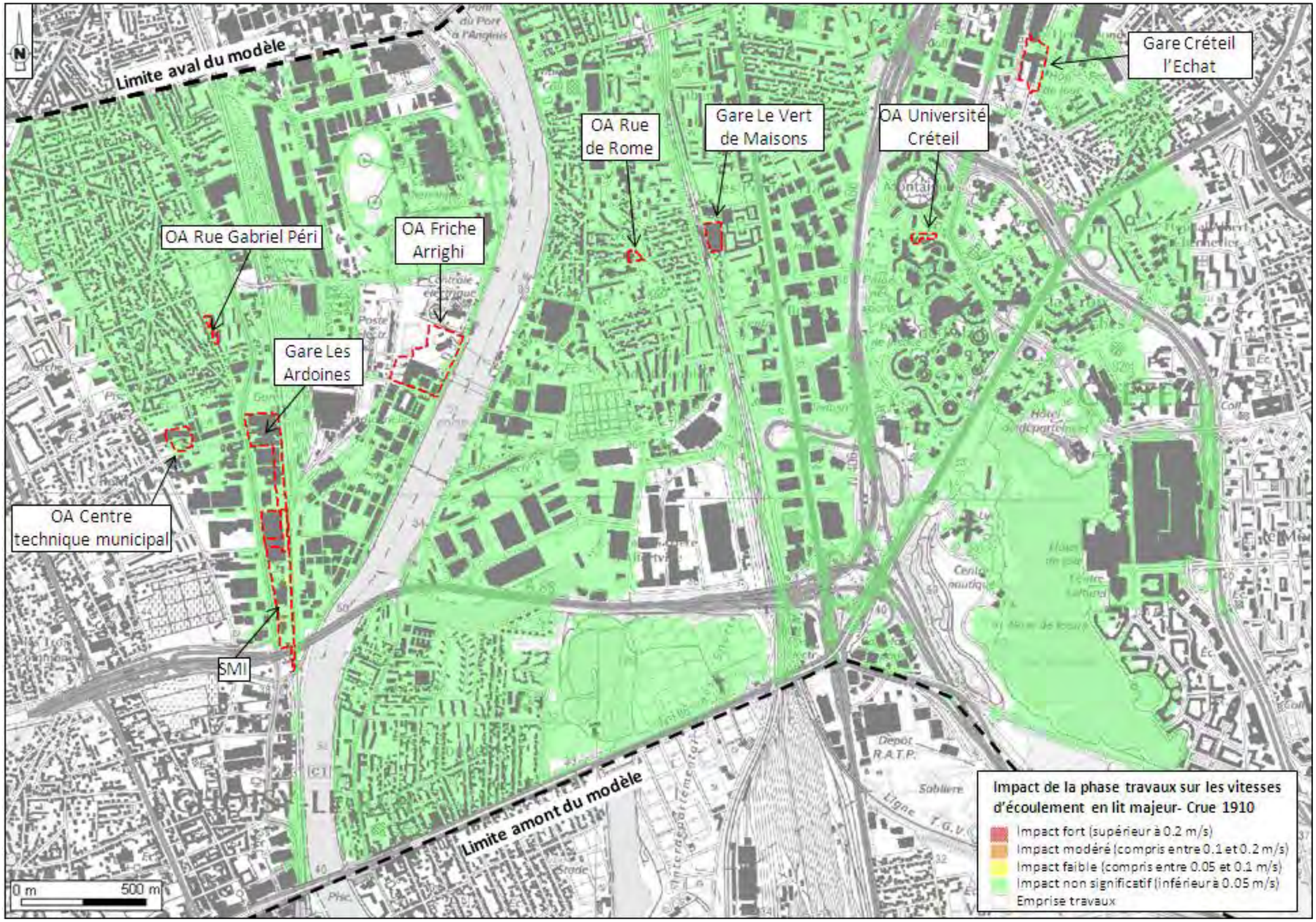
Carte 27 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom



Carte 28 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom



Carte 29 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom



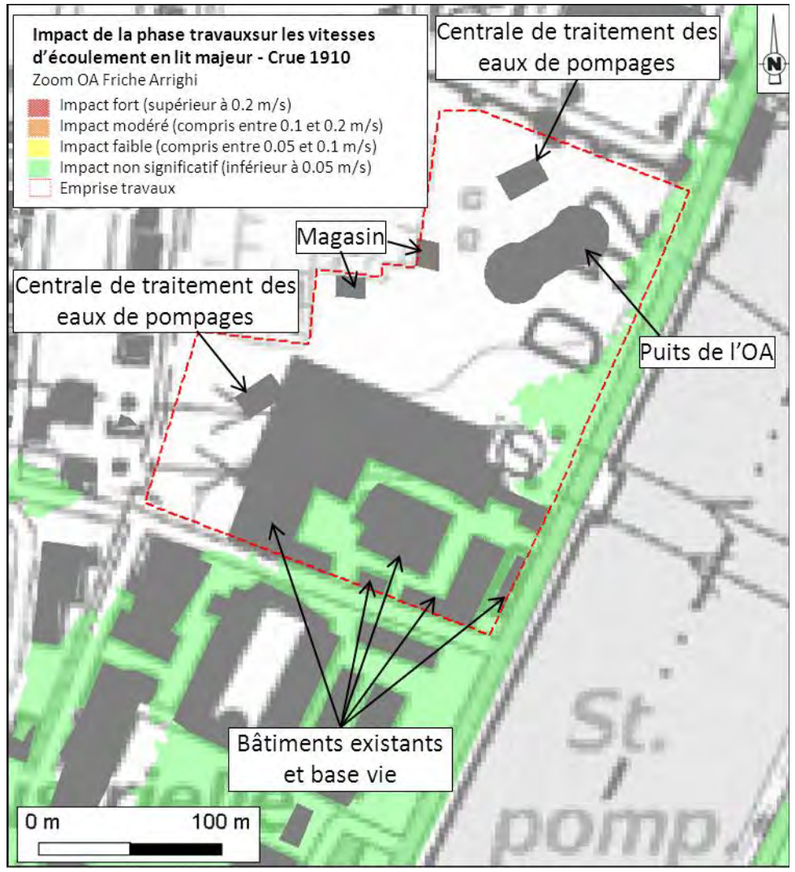
Carte 65 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910



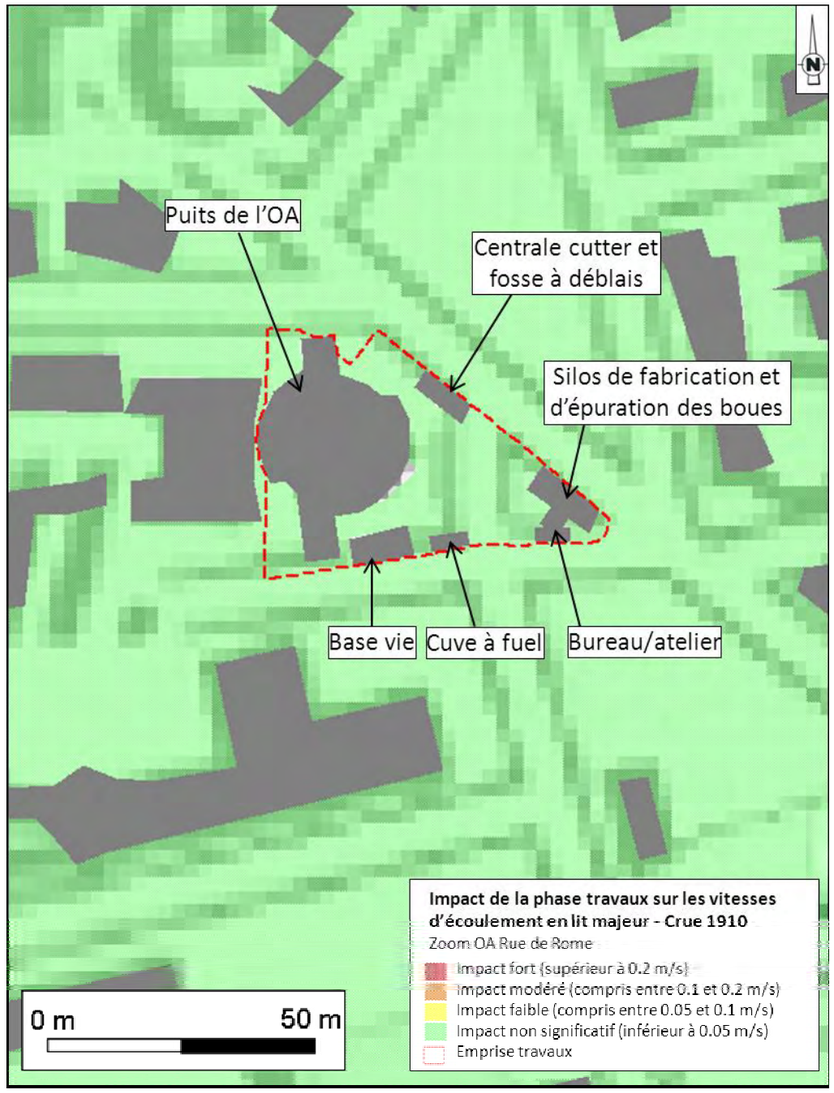
Carte 66 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Secteur des Ardoines



Carte 32 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom SMI



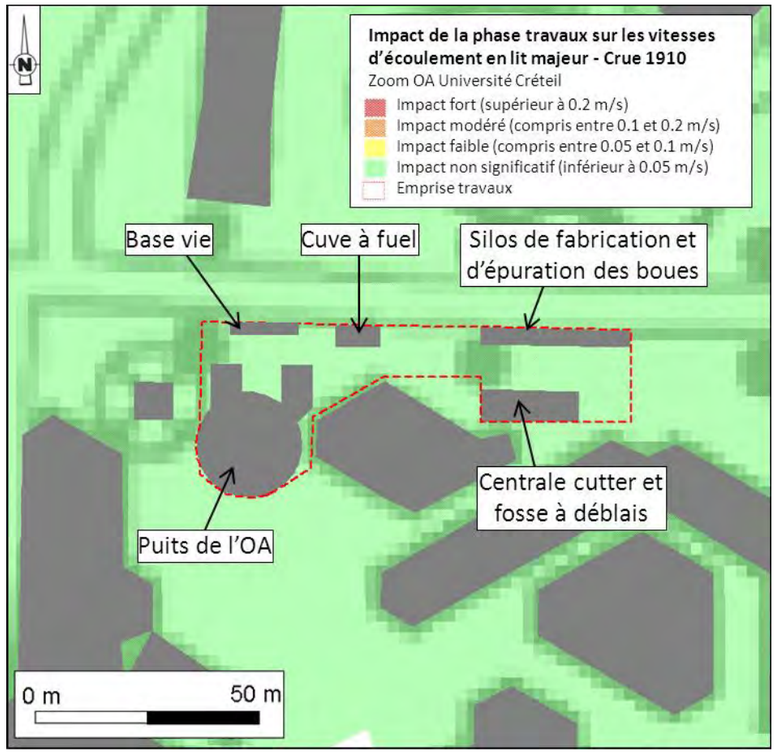
Carte 33 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Friche Arrighi



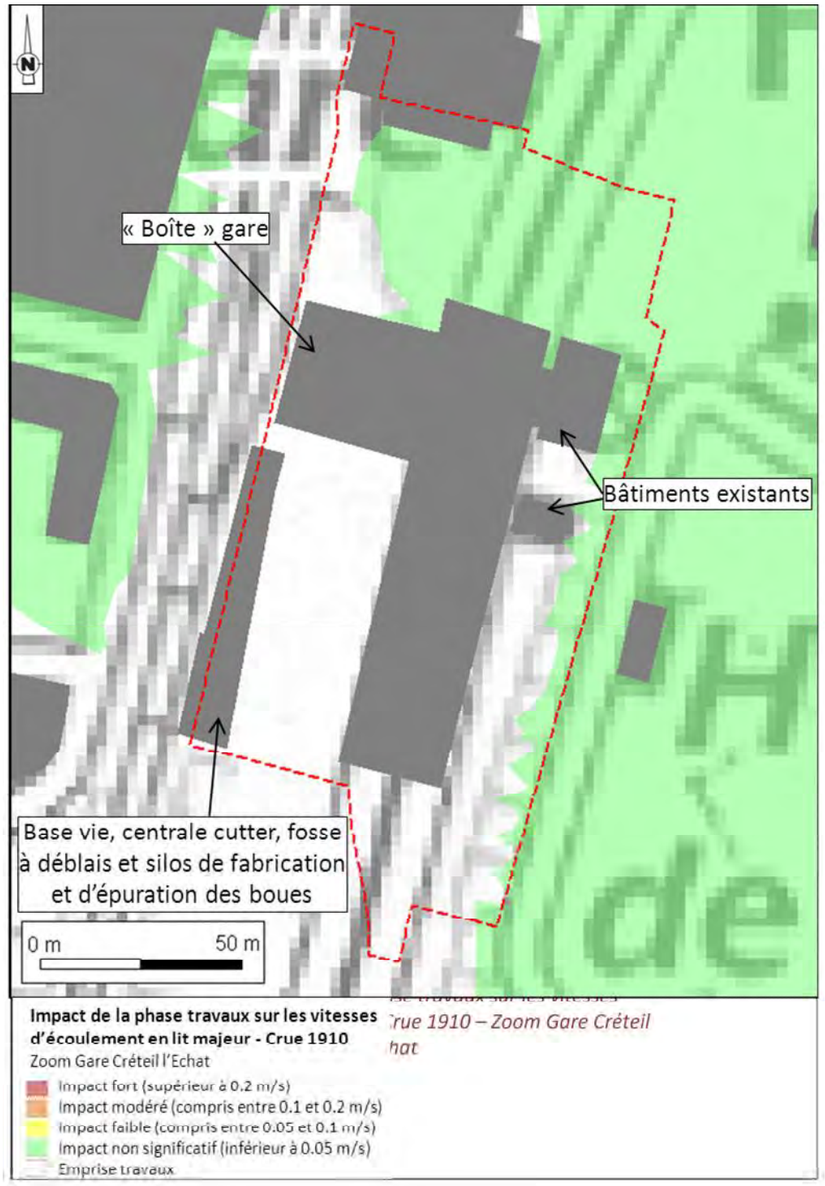
Carte 34 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue de Rome



Carte 35 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Le



Carte 36 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Université



Carte 37 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Créteil l'Echat

2.4.3 Phase exploitation

2.4.3.1 Définition et modélisation de la phase exploitation

La phase exploitation correspond à la période durant laquelle le métro de la ligne 15 Sud sera en service. Il s'agit de l'état final du projet.

a. OA Centre technique municipal

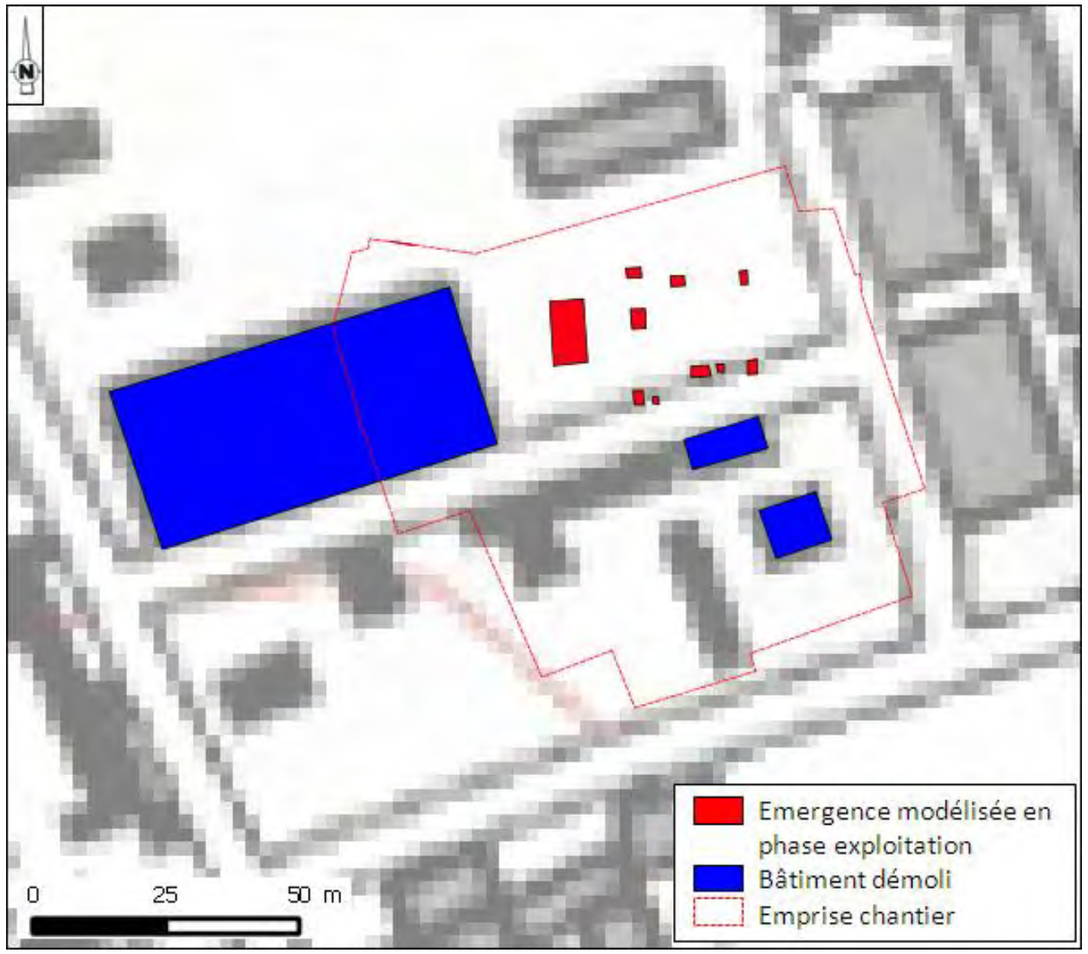
Au niveau de l'OA Centre technique municipal, les principales émergences en phase exploitation sont :

- une grille de désenfumage de 60 m² minimum
- divers grilles de prise et rejet d'air.
- une trappe d'accès secours,
- des trappes de colonne sèche, fourniture de matériel …

Les grilles de ventilation et autres émergences de l'ouvrage se situeront au minimum au niveau PHEC (Plus Hautes Eaux Connues) à 35,49 m NGF dans le secteur.

Les bâtiments démolis lors de la phase chantier ne sont plus modélisés.

Les émergences, ainsi considérées comme non submersibles et les bâtiments qui ne sont plus modélisés, sont présentés sur la carte ci-dessous.



Carte 73 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Centre technique municipal

b. OA Rue Gabriel Péri

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- une trappe d'accès secours pompiers,
- divers trappes pour trémie matériel, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- divers grilles pour la prise et le rejet d'air.

Les grilles de ventilation et autres émergences se situeront au minimum au niveau PHEC (Plus Hautes Eaux Connues) à 35,49 m NGF dans le secteur. Des édicules surélevés de 1,80 m par rapport au TN ont été réalisés pour le placement de prises et rejets d'air, ainsi que pour des trappes, accès…etc.

Les émergences, ainsi considérées comme non submersibles, sont présentées sur la carte ci-après.



Carte 74 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Rue Gabriel Péri

c. Gare Les Ardoines

La gare Les Ardoines est prévue en émergence : un bâtiment sera créé au-dessus de la gare. Ce bâtiment est considéré comme insubmersible dans la modélisation de la phase exploitation.

Des parvis seront créés de part et d'autres de la gare sur l'emprise chantier. Les niveaux altimétriques de ces parvis (38.47 à 39.58 m NGF) sont situés au-dessus de la cote d'inondation de la crue de 1910. Ces parvis sont donc considérés comme insubmersibles.

Des bâtiments situés au sud de la gare vont être démolis durant l'opération. Ceux-ci ne sont plus modélisés en phase exploitation.

Entre la gare et le SMI, le tunnel émerge au niveau du terrain naturel pour connecter le site de maintenance au réseau de la ligne 15 Sud. Cette émergence est conçue pour être hors d'eau en cas d'inondation par une crue de type 1910. Cette émergence est considérée comme insubmersible dans la modélisation de la phase exploitation.

Ainsi, la modélisation de la phase exploitation au droit de la gare Les Ardoines consiste à considérer non submersibles les emprises :

- du bâtiment gare,
- des parvis,
- de l'émergence du tunnel.

L'emprise insubmersible ainsi considérée et les bâtiments démolis sont présentés sur la carte suivante.



Carte 75 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de la gare Les Ardoines

d.SMI de Vitry-sur-Seine

Deux états projet sont actuellement envisagés pour le Site de Maintenance des Infrastructures de Vitry-sur-Seine.

Les aménagements prévus pour l'état projet 1 sont :

- une plate-forme de circulation ferroviaire et routière et de stockage, occupée seulement par quelques locaux en dur (cote 34,68 NGF),
- le bâtiment du SMI (rez-de-chaussée à la cote 35,83 NGF),
- le hall de maintenance VMI (rez-de-chaussée à la cote 34,68 NGF),
- le quai de chargement (cote 35.83 NGF).

L'état projet 2 est une variante de l'état projet 1. La seule différence consiste à placer la plate-forme de circulation ferroviaire à la cote 34,34 NGF (la plate-forme de circulation routière et de stockage étant maintenue à la cote 34.68 NGF.

Le cas le plus pénalisant vis-à-vis des inondations est le projet n°1 (nivellement de la plateforme de circulation ferroviaire à 34,68 m NGF). Ce projet a été utilisé pour la modélisation de la phase travaux.

Les bâtiments existant sur le site étant voués à être démolis, ceux-ci ne sont pas pris en compte dans la modélisation.

Ainsi, la modélisation de la phase exploitation au droit du SMI consiste à considérer non submersibles les emprises :

- du bâtiment SMI,
- du hall de maintenance VMI,
- du quai de chargement.

Le reste du site est considéré nivelé à la cote 34,68 m NGF.

Les émergences considérées comme non submersibles et les bâtiments démolis, sont présentés sur la carte ci-après.



Carte 76 : Emprise des zones modélisées en exploitation chantier au droit du SMI

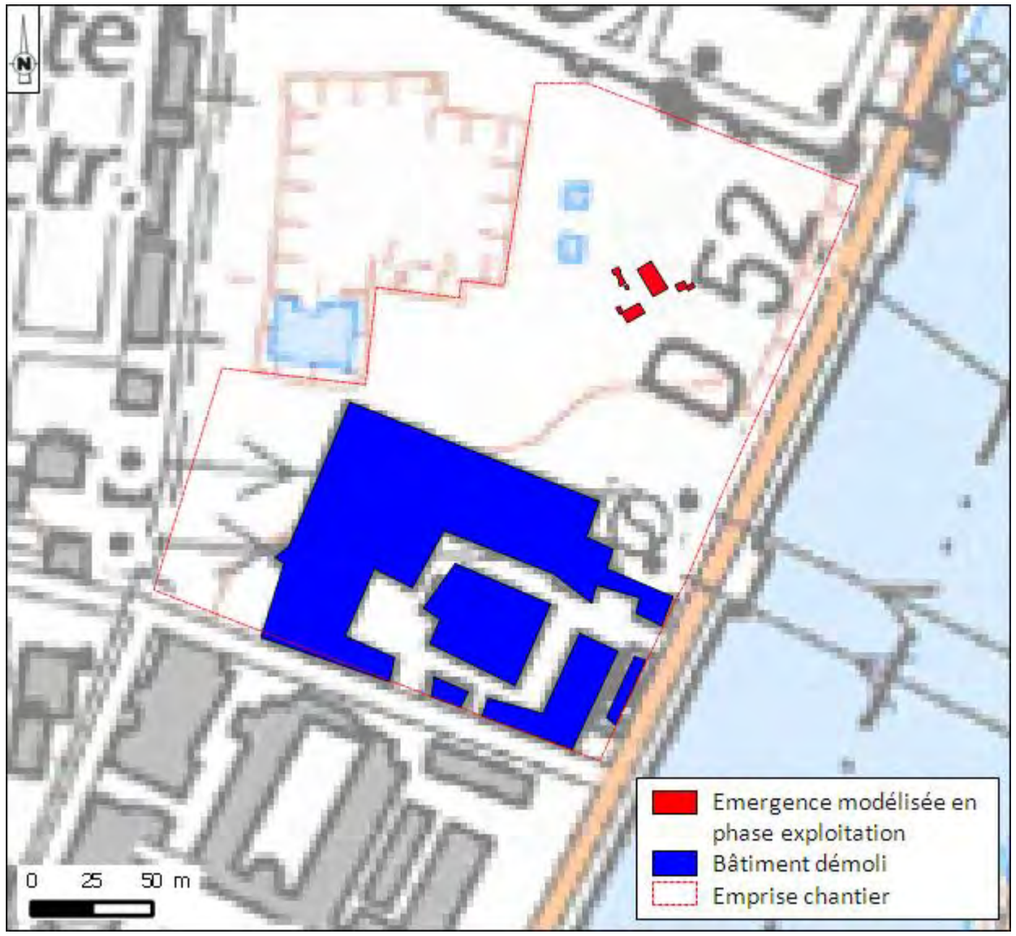
e. OA Friche Arrighi

Le puits d'attaque de la Friche Arrighi est situé hors zone inondable pour la crue de 1910.

Les futures émergences (grilles de désenfumage et de prises d'air, trappes d'accès et matériel, …) ont tout de même été modélisées.

Les bâtiments démolis lors de la phase chantier ne sont plus modélisés.

La carte suivante présente les émergences modélisées et les bâtiments démolis.



Carte 77 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Friche Arrighi

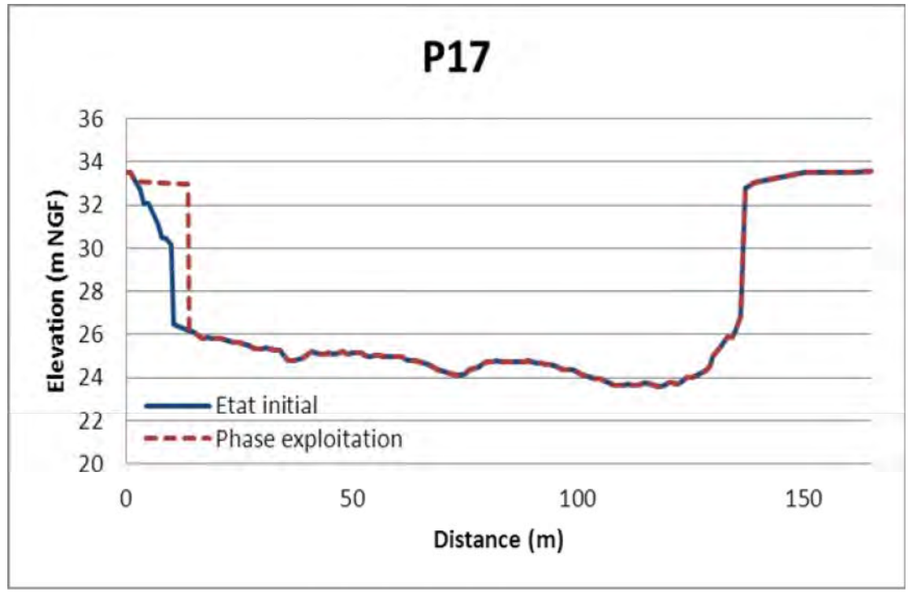
Au droit de la Friche Arrighi, il est prévu d'évacuer les déblais par la Seine. L'accostage des barges peut nécessiter de changer les ducs d'Albe déjà en place dans le cas ou ceux-ci soient en mauvais état.

Les ducs d'Albe étant laissé en place en phase exploitation, leur potentiel remplacement est pris en compte dans la modélisation de la phase définitive.

Les espaces libres entre les Ducs d'Albe de remplacement au droit de la Friche Arrighi étant estimés à moins de 5 m (d'après les plans masse disponibles), ceux-ci sont considérés comme complétement obstrués. L'implantation de nouveaux Ducs d'Albe est donc modélisée par un remblai en lit mineur (hypothèse pessimiste). En effet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », la distance entre les ducs d'Albe et la berge étant de l'ordre de 5 m, l'espace libre doit être considéré comme complètement obstrué (prise en compte d'éventuels embâcles).

Les infrastructures d'exploitation dans le lit mineur de la Seine (Ducs d'Albe) sont modélisées par un reprofilage des profils en travers au droit du secteur concerné sur un linéaire d'environ 250 m (du profil P15 à P19).

Le graphique ci-après illustre un exemple des reprofilages mis en œuvre pour la modélisation de la phase chantier.



Graphique 22 : Exemple de prise en compte de la phase exploitation en lit mineur – Profil P17

f. OA Rue de Rome

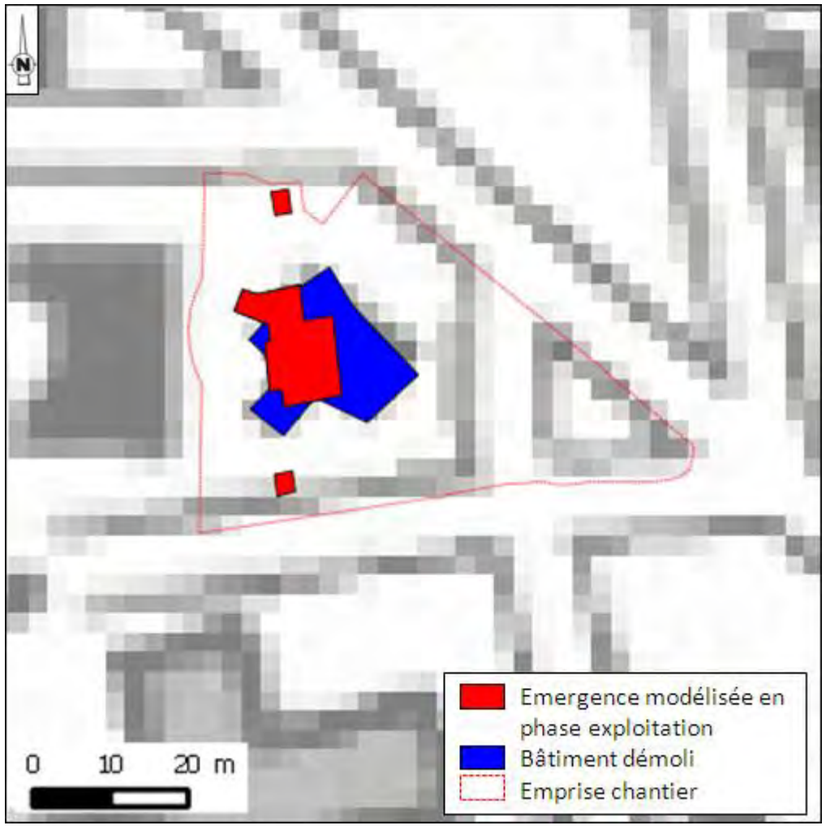
En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- une grille de désenfumage,
- une trappe d'accès secours pompiers,
- divers trappes pour trémie matériel, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- divers grilles pour la prise et le rejet d'air.

Les grilles de ventilation et autres émergences se situeront à environ 40 cm au dessus les PHEC (Plus Hautes Eaux Connues) de 35,49 m NGF dans le secteur. Ainsi, des édicules surélevés de 4,20 m par rapport au terrain naturel (31,69 m NGF) ont été réalisés pour le placement de prises et rejets d'air, ainsi que pour des trappes, accès…etc.

Le bâtiment démoli lors de la phase chantier n'est plus modélisé.

Les émergences, ainsi considérées comme non submersibles et le bâtiment qui n'est plus modélisé, sont présentés sur la carte ci-après.



Carte 78 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Rue de Rome

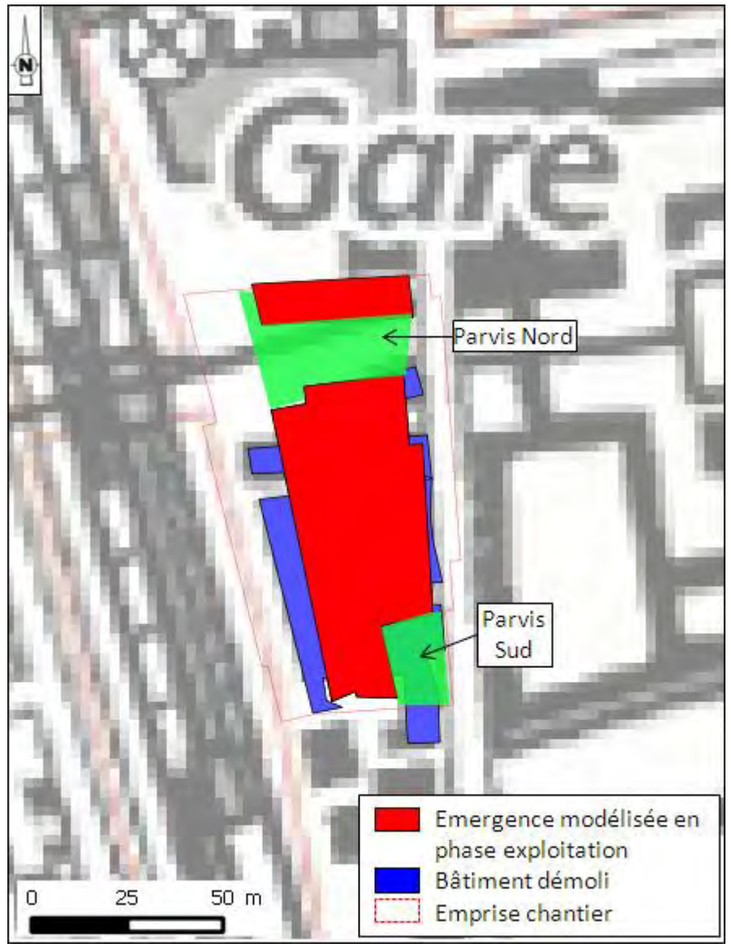
g. Gare Le Vert-de-Maisons

La gare Le Vert-de-Maisons est prévue en émergence : un bâtiment sera créé au-dessus de la gare permettant la jonction au quai du RER. Ce bâtiment est considéré comme insubmersible dans la modélisation de la phase exploitation.

Des parvis seront créés de part et d'autres de la gare sur l'emprise chantier. Le niveau du parvis nord sera à la cote 32.75 m NGF. Le parvis sud sera, quant à lui, à la cote 33.88 m NGF. Ces parvis, submersibles, ont été intégrés à la modélisation.

Les bâtiments existants actuellement sur l'emprise travaux seront démolis. Ils ne sont plus pris en compte dans la modélisation de la phase exploitation.

L'emprise insubmersible ainsi considérée, les parvis et les bâtiments démolis sont présentés sur la carte suivante.



Carte 79 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de la gare Le Vert-de-Maisons

h. OA Université Créteil

En surface, l'ouvrage présente les émergences suivantes :

- Une grille de désenfumage rehaussée,
- Une trappe d'accès secours pompiers,
- Divers trappes pour trémie matériel, colonne sèche, matériel d'épuisement,
- Divers grilles pour la prise et le rejet d'air.

Les grilles de ventilation et autres émergences se situeront à environ 30 cm au-dessus PHEC (Plus Hautes Eaux Connues) à 35,48 m NGF dans le secteur. Des édicules surélevés de 1,80 m par

rapport au terrain naturel (34 m NGF) ont été réalisés pour le placement de prises et rejets d'air, ainsi que pour des trappes, accès…etc.

Les émergences, ainsi considérées comme non submersibles, sont présentées sur la carte suivante.



Carte 80 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Université Créteil

i. Gare Créteil l'Echat

Au droit de la gare de Créteil l'Echat, un projet connexe prévoit la construction d'un bâtiment en prolongement de l'existant. Une sortie de la gare est prévue au sein de ce bâtiment.

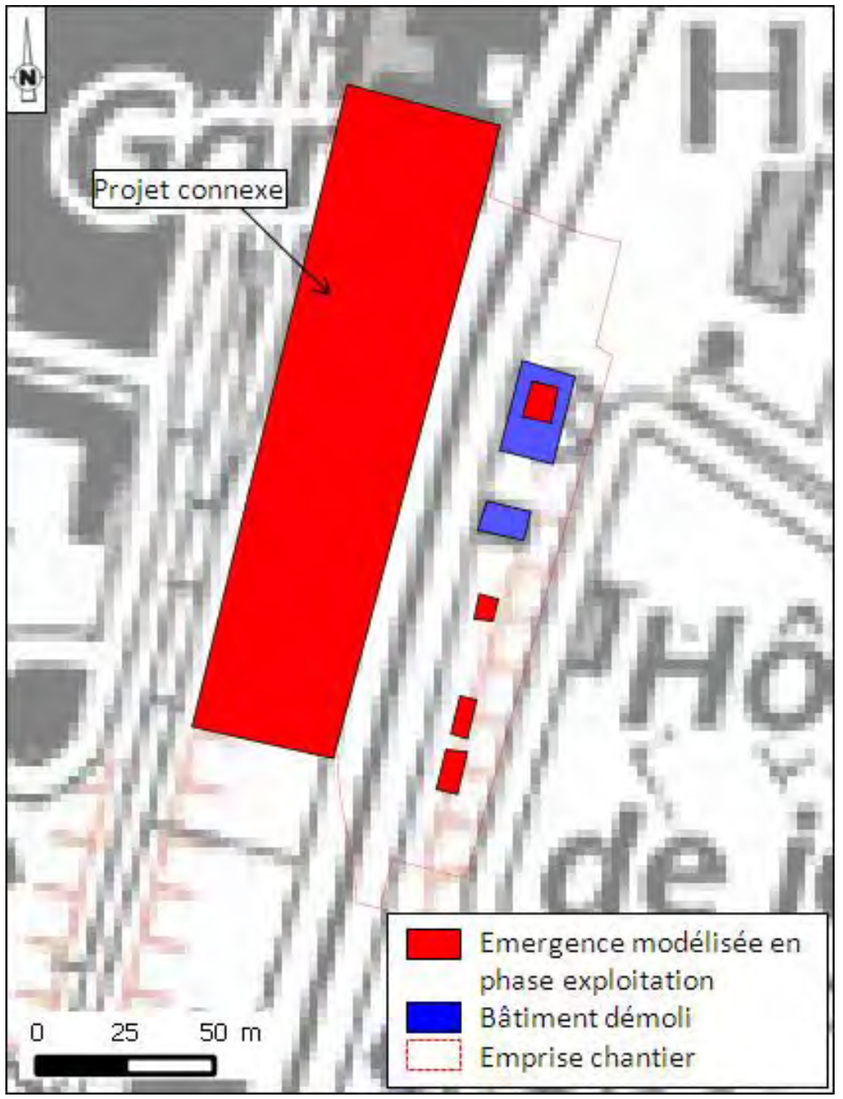
Le projet prévoit également l'émergence d'une des sorties de la gare ainsi que des grilles de décompression et de désenfumage.

Ainsi, la modélisation de la phase exploitation consiste à considérer non submersibles :

- le bâtiment du projet connexe,
- la sortie de la gare,
- les grilles de désenfumage et de décompression.

Par ailleurs, deux bâtiments existants actuellement seront démolis. Ils ne sont plus pris en compte dans la modélisation de la phase exploitation.

Les émergences modélisées ainsi que les bâtiments démolis sont présentés sur la carte suivante.



Carte 81 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de la gare Créteil l'Echat

2.4.3.2 Incidences hydrauliques en phase exploitation

a. Crue de 1982 (crue décennale)

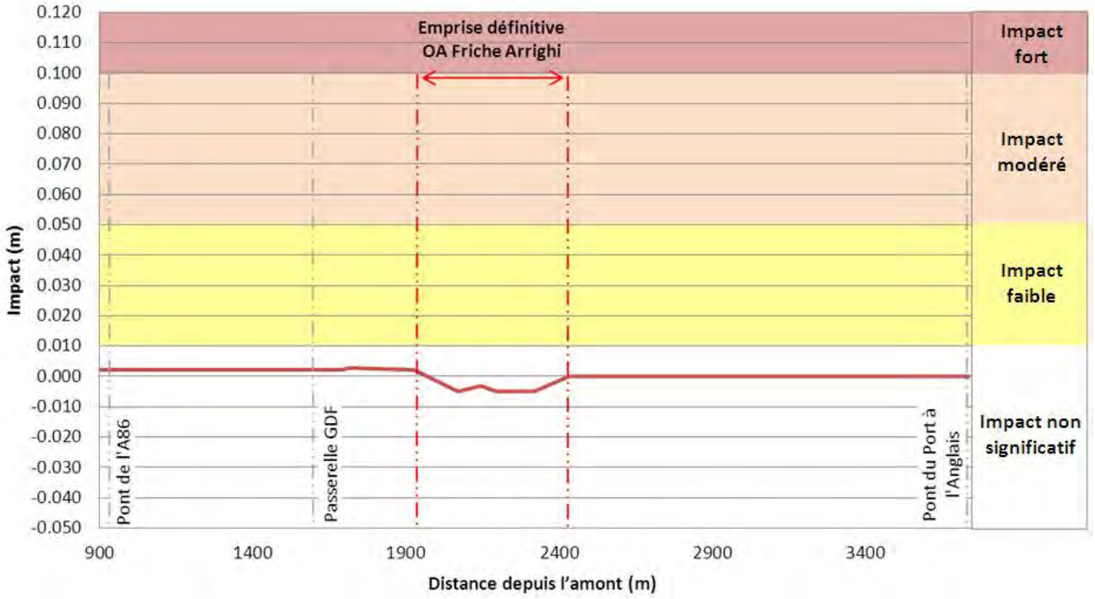
La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase d'exploitation, le projet a un impact non significatif sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 (variation du niveau de +/- 0.5 cm).

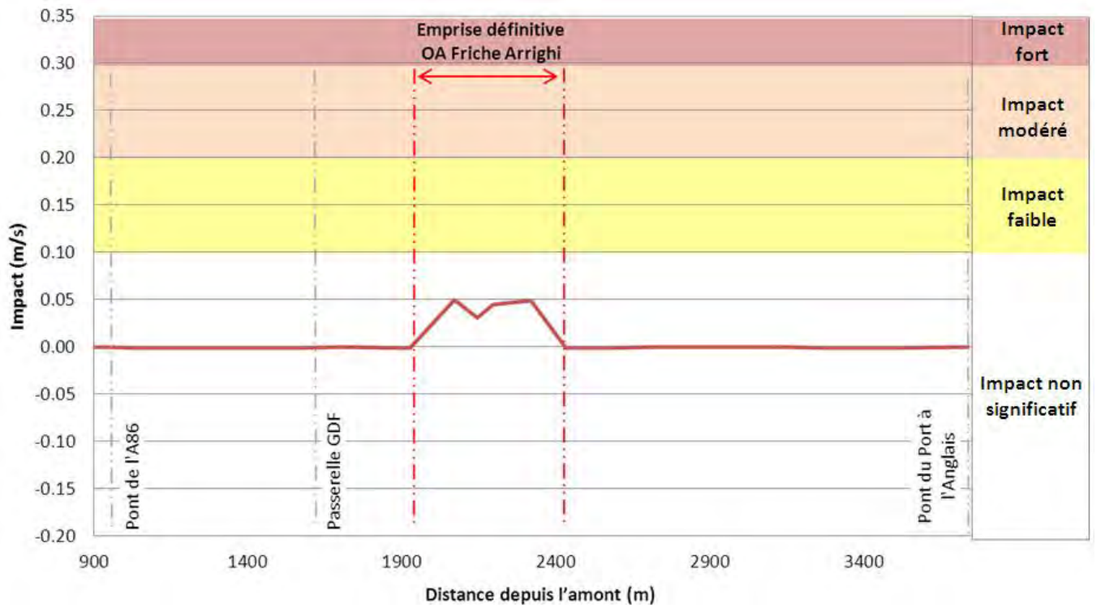
Lors de la phase d'exploitation, le projet a un impact non significatif sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1982 (incidence de l'ordre de 0.05 m/s).

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1 cm) et les vitesses d'écoulement en lit mineur (incidence inférieure à 0.1 m/s) pour la crue de 1982. Aucune incidence n'est observée en lit majeur (crue non débordante).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les profils en long ci-après.



Graphique 23 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982



Graphique 24 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1982

b. Crue de 1955 (crue trentennale)

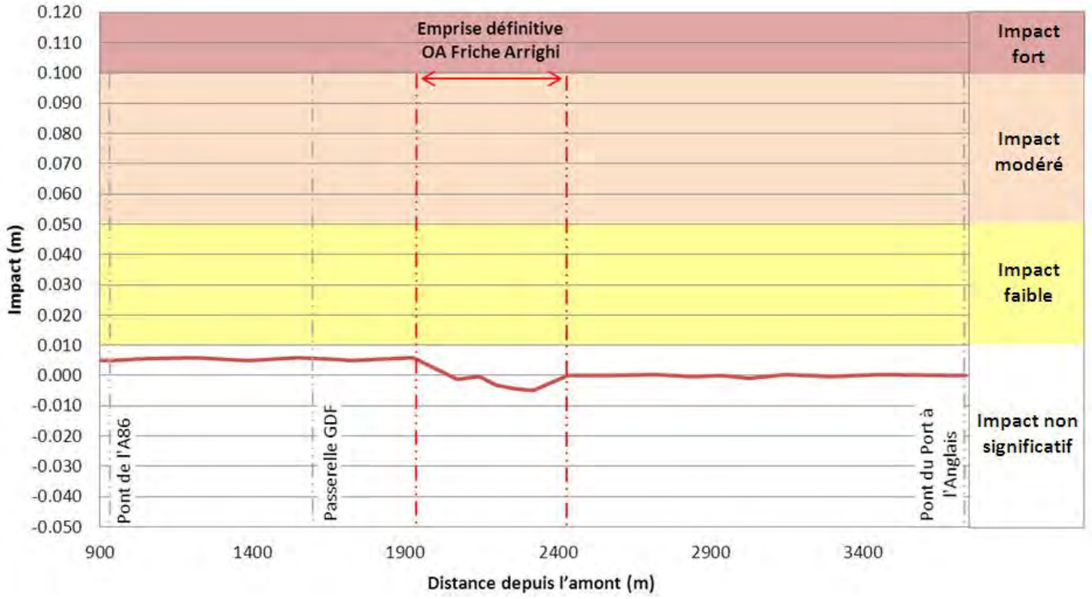
La crue de 1955 étant non débordante au droit des ouvrages, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase d'exploitation, le projet a un impact non significatif sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 (variation du niveau de +/- 0.5 cm).

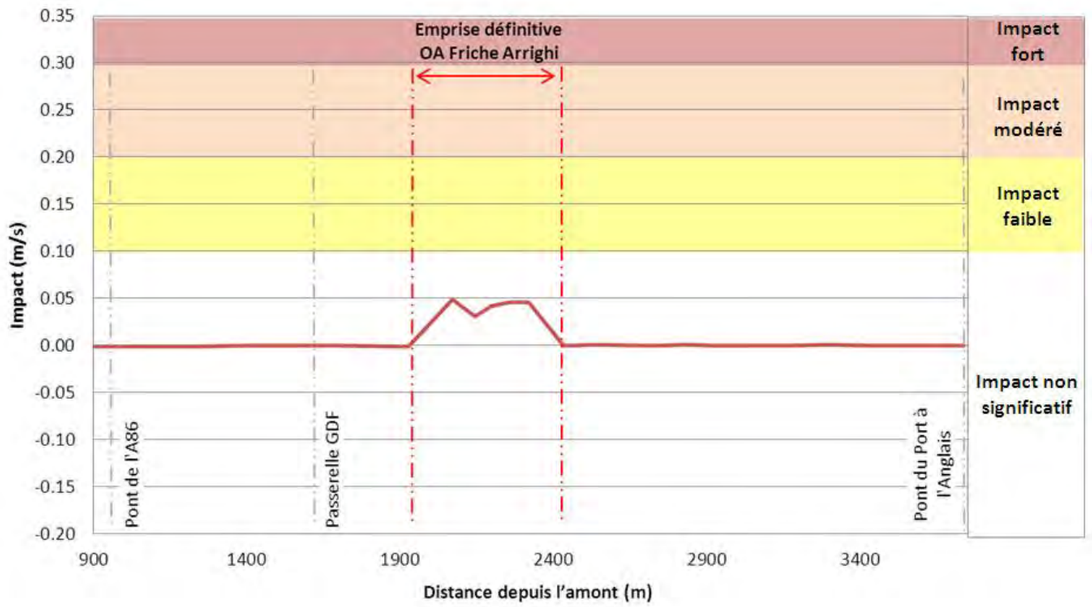
Lors de la phase d'exploitation, le projet a un impact non significatif sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1955 (incidence de l'ordre de 0.05 m/s).

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1 cm) et les vitesses d'écoulement en lit mineur (incidence inférieure à 0.1 m/s) pour la crue de 1955. Aucune incidence n'est observée en lit majeur (crue non débordante au droit des ouvrages).

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



Graphique 25 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955



Graphique 26 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur en lit mineur – Crue 1955

c. Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI du Val de Marne. Cette crue débordante peut être impactée par l'OA Centre technique municipal, l'OA Rue Gabriel Péri, la gare Les Ardoines, le SMI, l'OA Friche Arrighi, l'OA Rue de Rome, la gare Le Vert-de-Maisons, l'OA Université Créteil et la gare Créteil l'Echat. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

Lors de la phase exploitation, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

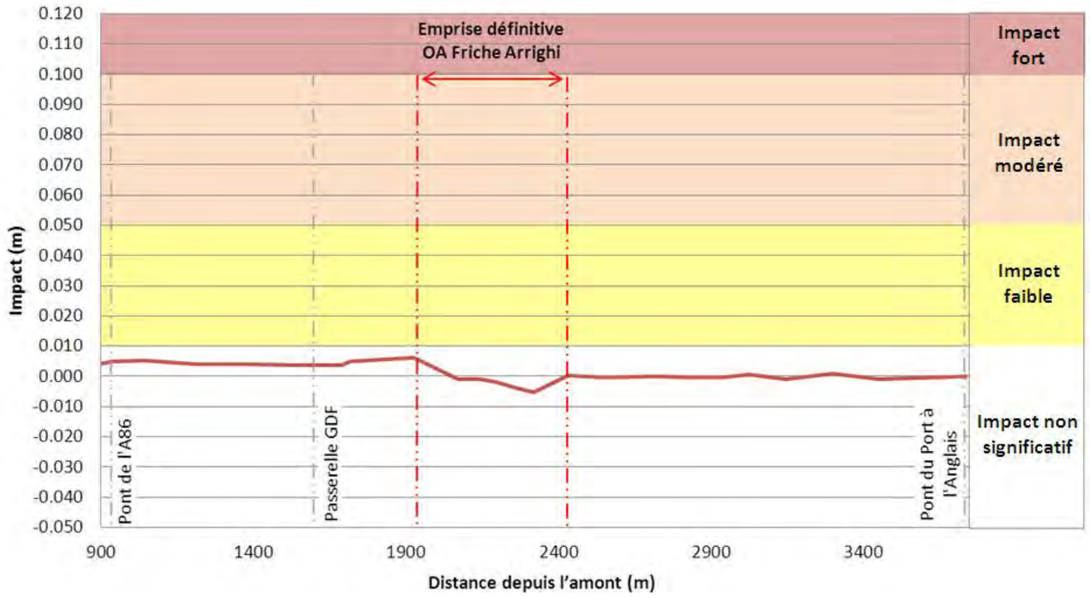
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Friche Arrighi (en lit mineur et majeur), correspondant à un impact non significatif,
- un abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre du centimètre) au droit de l'OA Friche Arrighi en lit mineur,
- un rehaussement très localisé des niveaux d'eau d'environ 1,5 cm à proximité de la future gare correspondant à un impact faible
- un rehaussement local des niveaux d'eau d'environ 2,5 cm au droit du futur SMI correspondant à un impact faible.

Lors de la phase exploitation, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 sont :

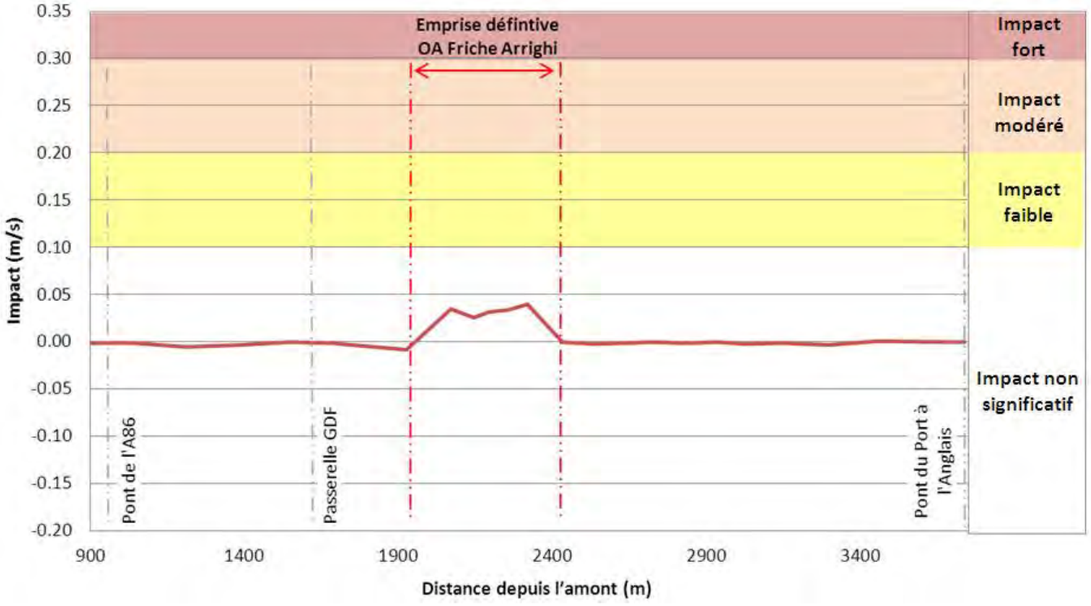
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,04 m/s) au droit de l'OA Friche Arrighi, correspondant à un impact non significatif,
- une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,07 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare Les Ardoines correspondant à un impact faible,
- une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,09 m/s) à proximité immédiate du SMI correspondant à un impact faible.

La phase exploitation présente donc un impact faible et local sur les niveaux d'eau (jusqu'à 2,5 cm au droit du futur SMI et de la gare Les Ardoines) et les vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,09 m/s) pour la crue de 1910. Un impact non significatif est observé en lit mineur et au droit des autres ouvrages présents sur le secteur modélisé.

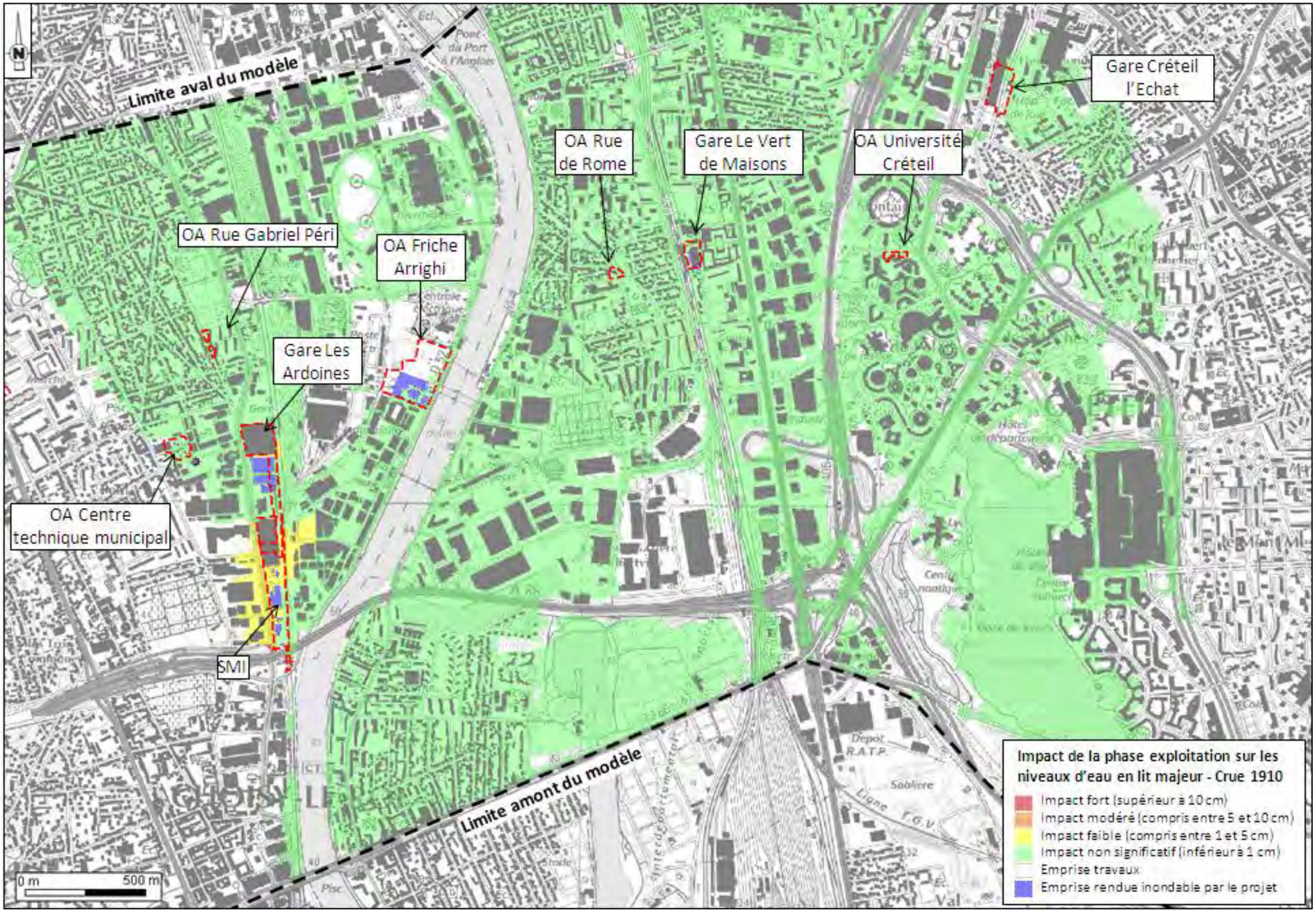
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



Graphique 27 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1910



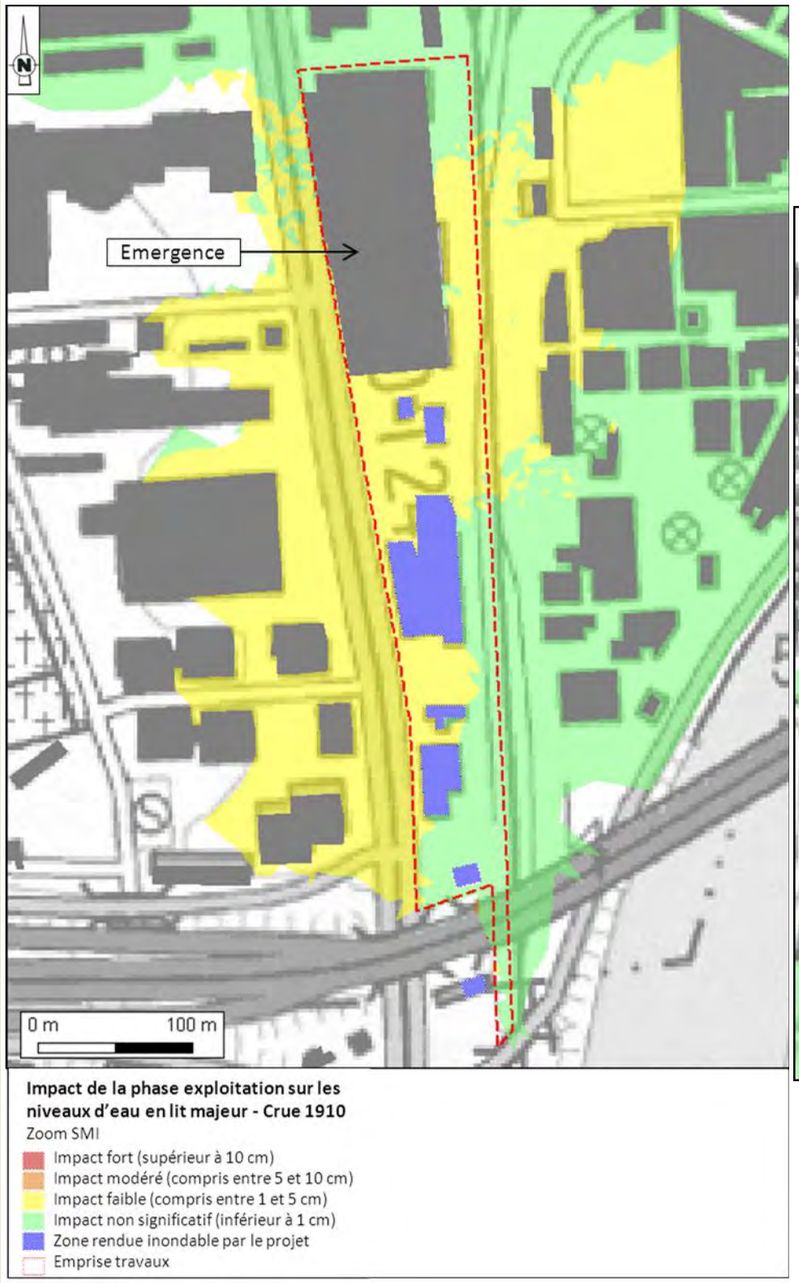
Graphique 28 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1910



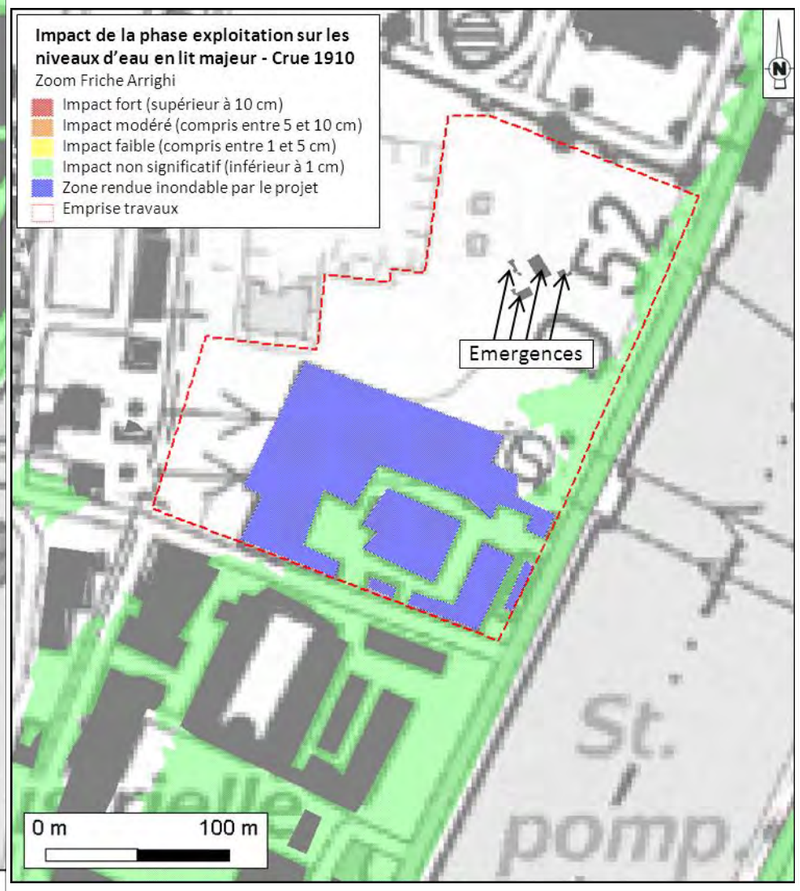
Carte 82 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910



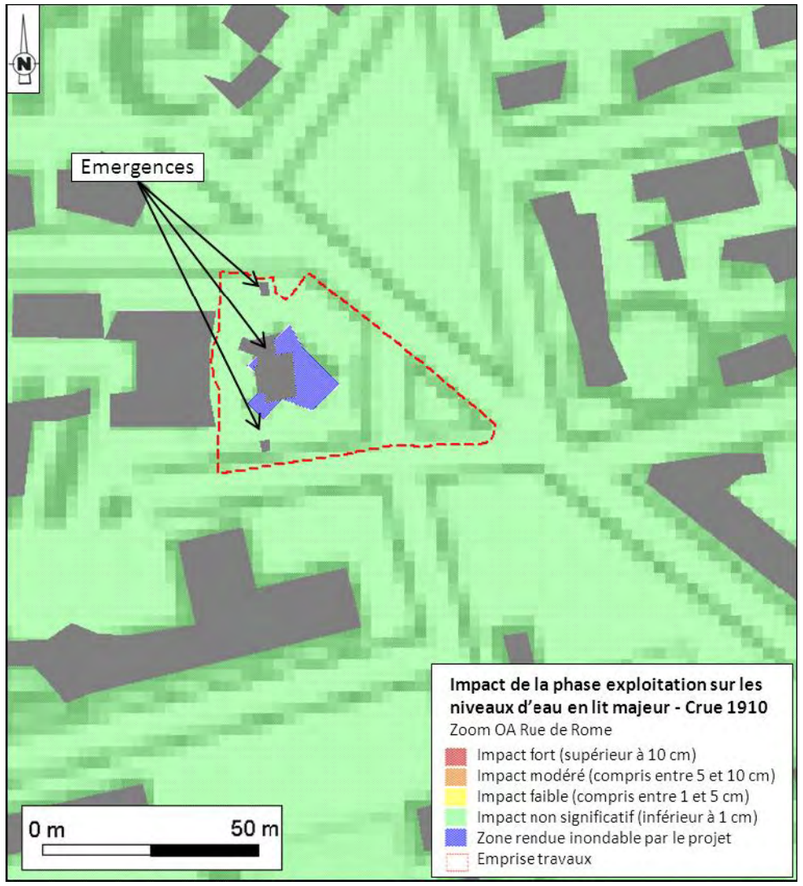
Carte 83 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Secteur des Ardoines



Carte 49 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom SMI



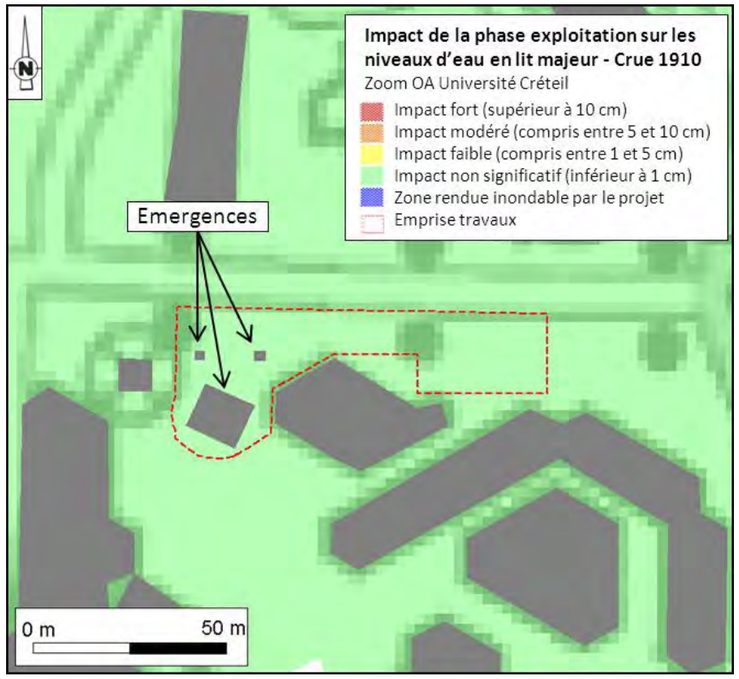
Carte 50 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Friche Arrighi



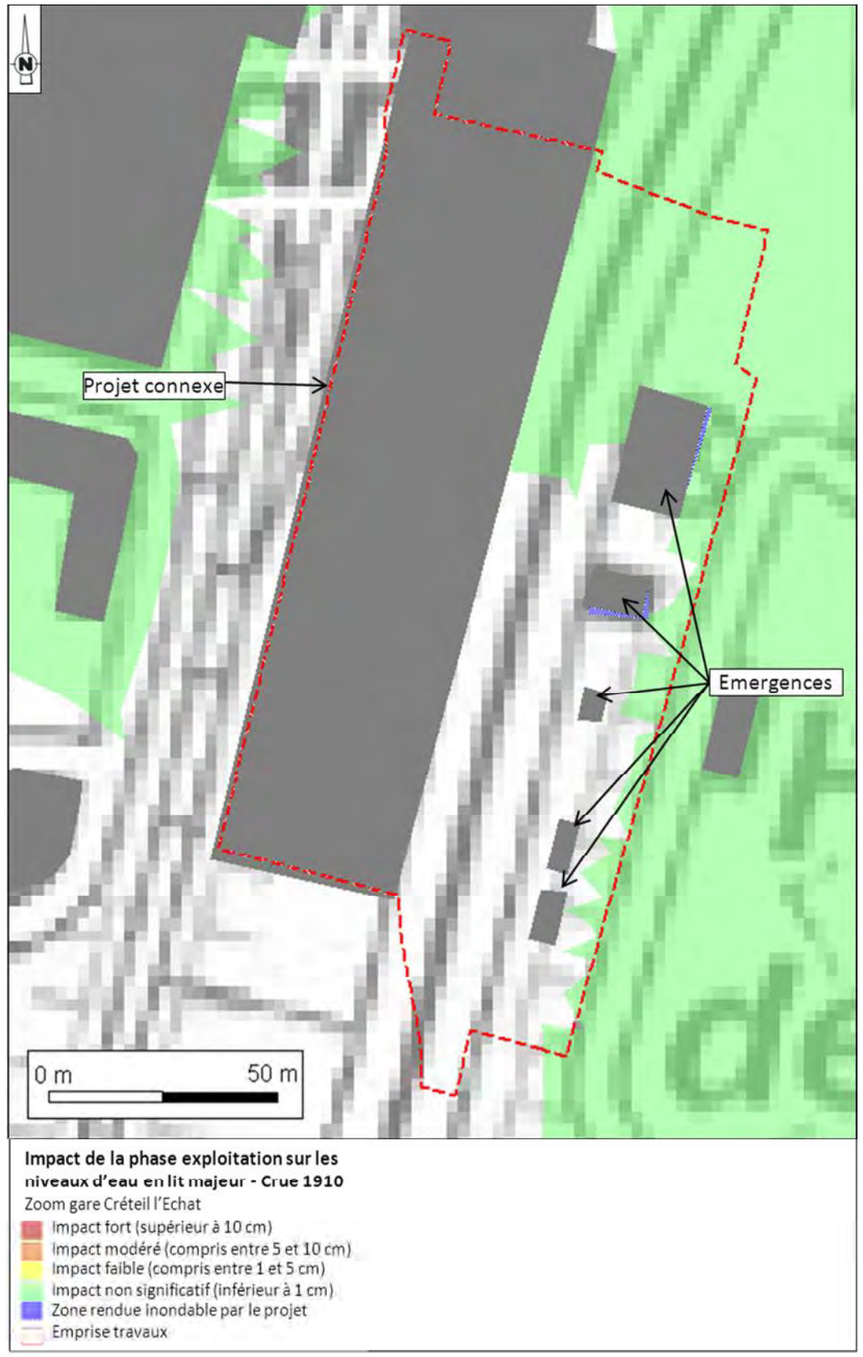
Carte 51 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue de Rome



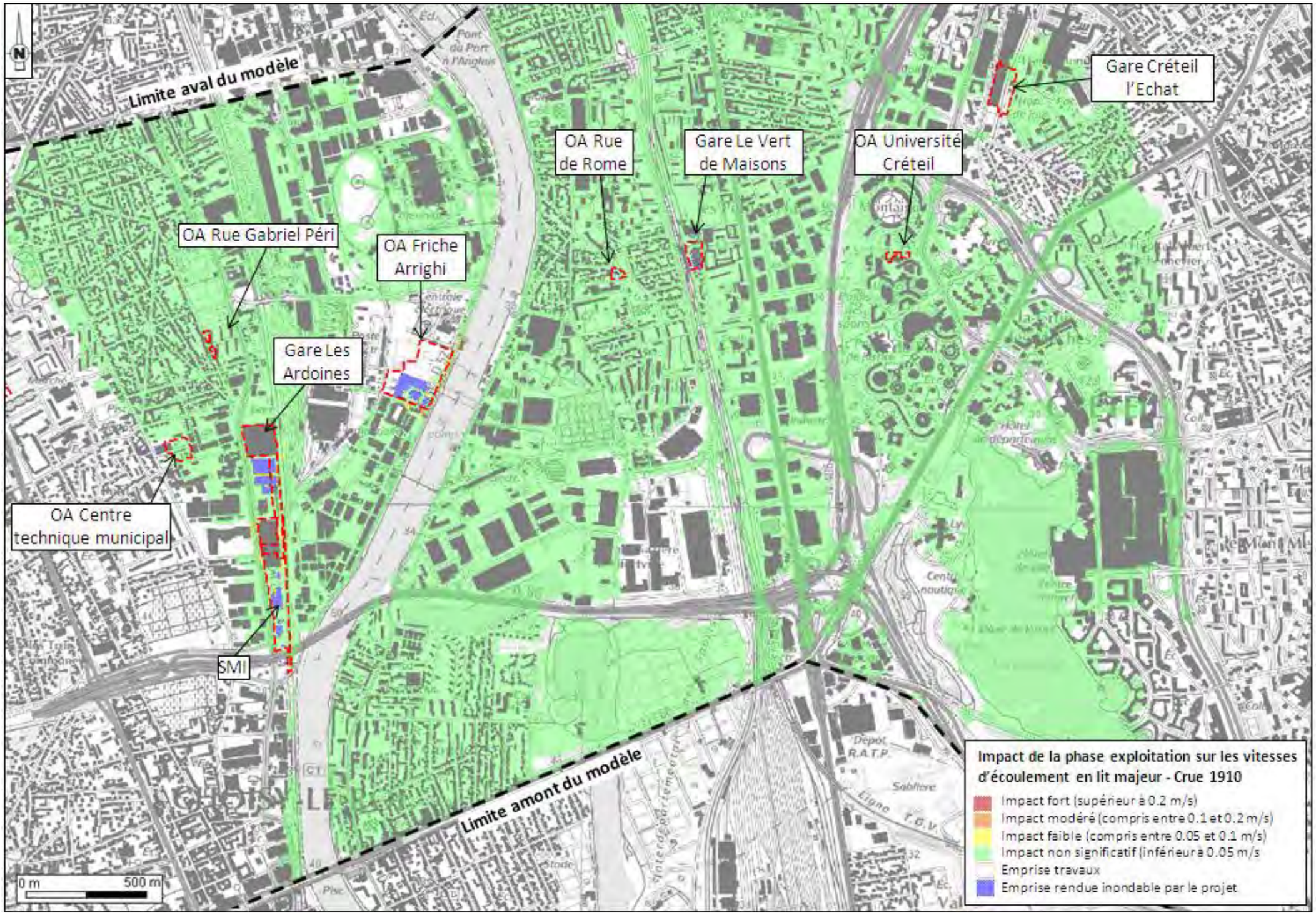
Carte 52 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Le Vert-de-Maisons



Carte 53 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Université Créteil



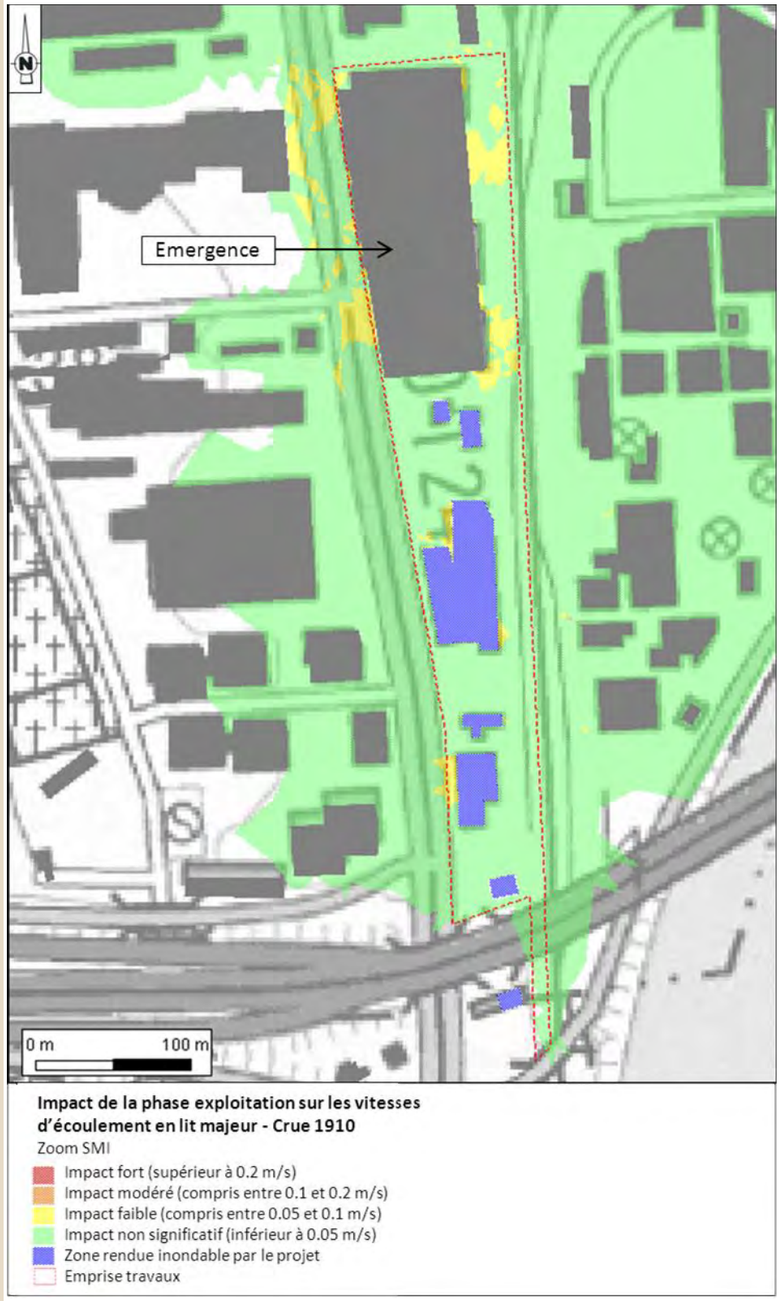
Carte 54 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Créteil l'Echat



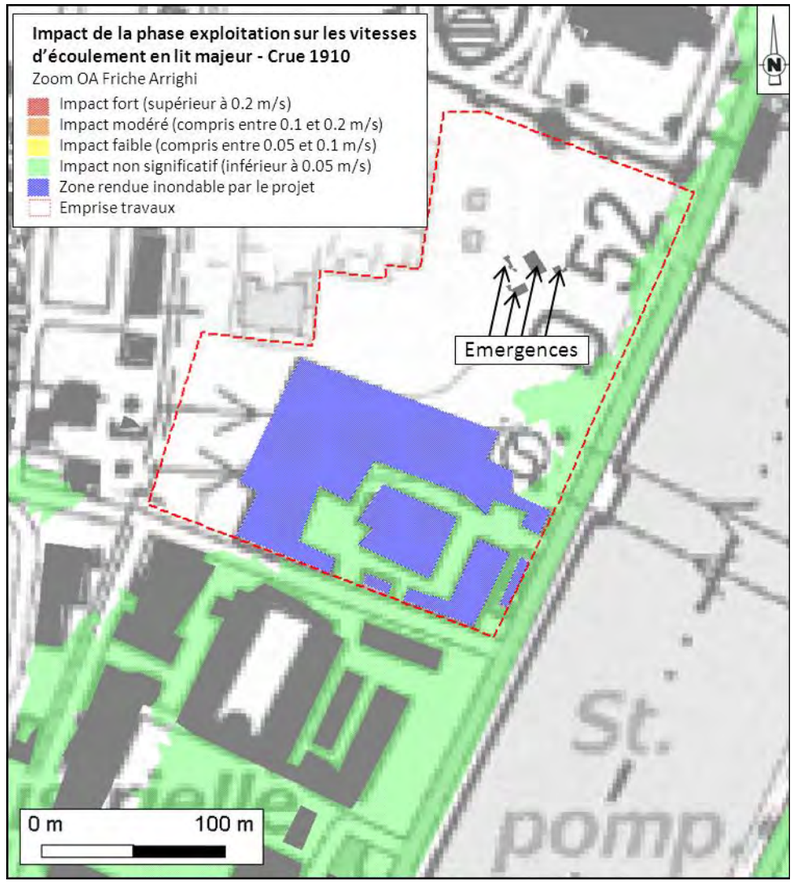
Carte 90 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910



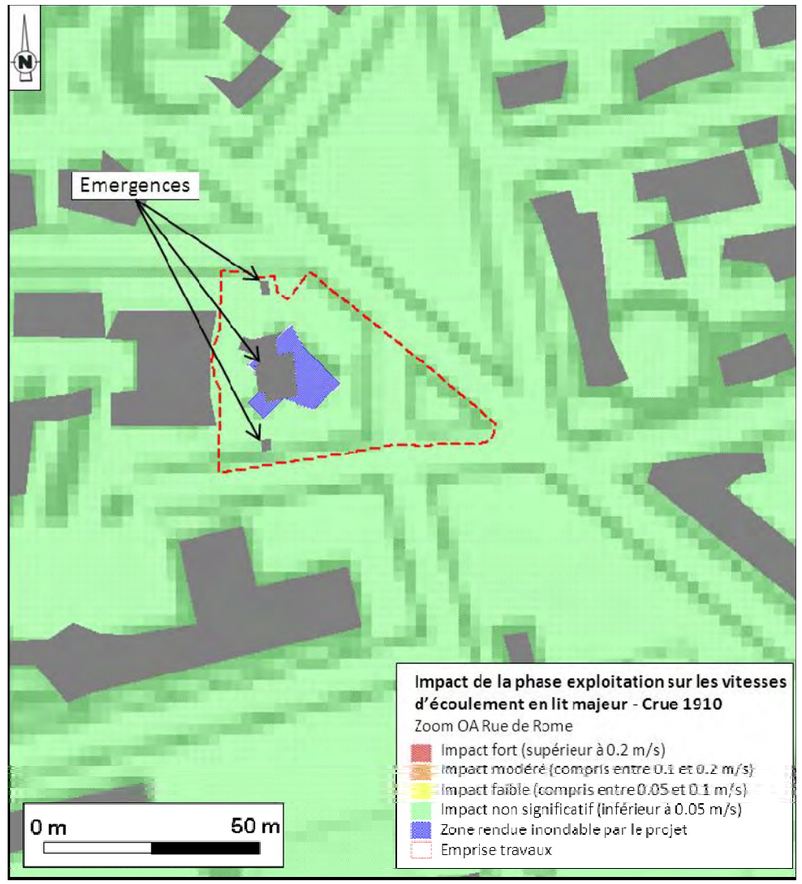
Carte 91 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910



Carte 57 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom SMI



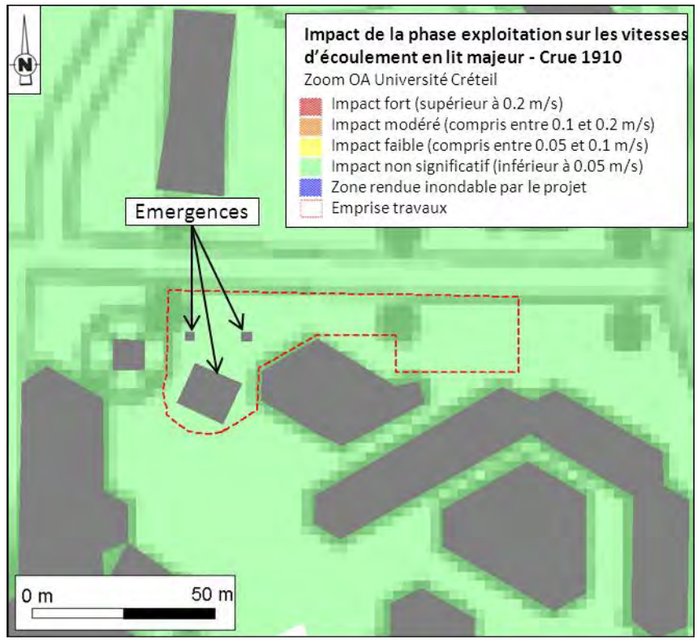
Carte 58 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Friche Arrighi



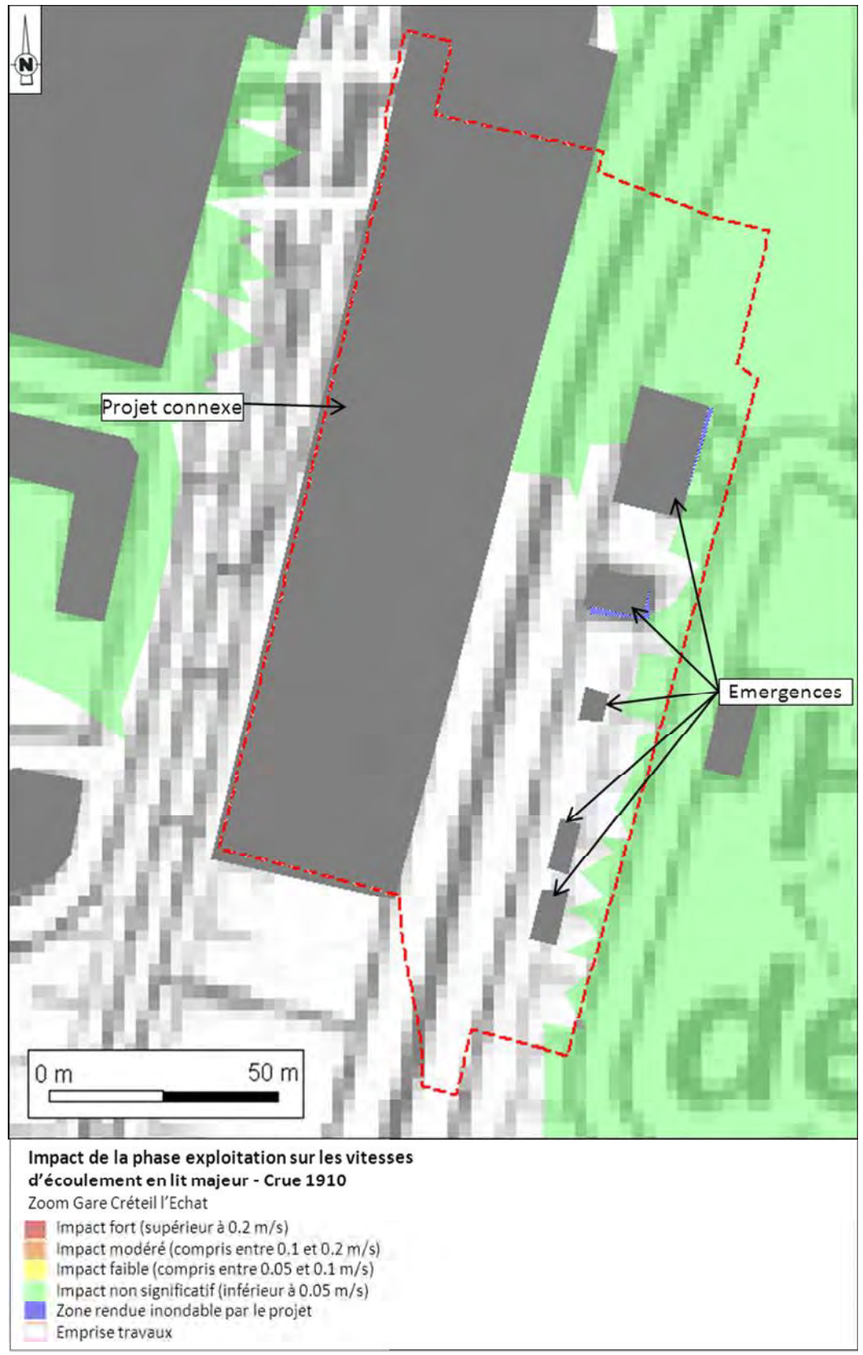
Carte 59 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Rue de Rome



Carte 60 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Le Vert-de-



Carte 61 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Université Créteil



Carte 62 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Créteil l'Echat

2.4.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques

2.4.4.1 Phase travaux

En phase travaux, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau (inférieur à 1 cm) et sur les vitesses d'écoulement en lit mineur (inférieur à 0.1 m/s) quelle que soit la crue étudiée. L'implantation de ducs d'Albe en lit mineur a donc un impact non significatif.

Des impacts faibles et très localisés sur les vitesses d'écoulement (jusqu'à 0.08 m/s) et sur les niveaux d'eau (environ 2.5 cm) apparaissent en lit majeur pour la crue de 1910 au droit du SMI. Les impacts au droit des autres ouvrages présents sur le secteur modélisé sont non significatifs (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.1 m/s pour les vitesses d'écoulement).

2.4.4.1 Phase exploitation

En phase exploitation, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau (inférieur à 1 cm) et sur les vitesses d'écoulement en lit mineur (inférieur à 0.1 m/s) quelle que soit la crue étudiée. L'implantation de ducs d'Albe en lit mineur a donc un impact non significatif.

Des impacts faibles et très localisés sur les vitesses d'écoulement (jusqu'à 0.09 m/s au droit du SMI et 0.07 m/s au droit de la gare Les Ardoines) et sur les niveaux d'eau (jusqu'à 2.5 cm au droit du SMI et 1.5 cm au droit de la gare Les Ardoines) apparaissent en lit majeur pour la crue de 1910. Les impacts au droit des autres ouvrages présents sur le secteur modélisé sont non significatifs (inférieur à 1 cm pour les niveaux d'eau et inférieur à 0.05 m/s pour les vitesses d'écoulement).

2.5 Mise en œuvre de mesures de réduction et/ou de compensation

2.5.1 Mesures générales de limitation des impacts

La principale mesure d'évitement du risque inondation est d'éviter de construire en zone inondable.

Les gares Les Ardoines, Le Vert-de-Maisons et Créteil l'Echat sont toutefois située en zone inondable.

Leur localisation, comme celle de l'ensemble des gares, a été arrêtée dans le cadre de l'approbation du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris par décret n°2011-1011 du 24 août 2011, version consolidée au 27 août 2011. Cette approbation repose en particulier sur l'acte motivé, prévu par l'article 3 de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris[3]. Ce document précise les modifications apportées au projet soumis au débat public et aux personnes consultées.

La principale mesure de réduction du risque inondation est de réduire la vulnérabilité des futurs aménagements. Pour ce faire, l'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm.

En phase travaux, l'ensemble des puits sera mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm. Une paroi périphérique permettra ainsi de rehausser celles des puits. Cette mesure essentielle permettra d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers et dans le tunnel.

Un important travail d'optimisation a été réalisé en phase de conception afin de réduire l'impact des aménagements sur les crues.

Un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage (voir détails par ouvrage dans le chapitre suivant).

Des mesures compensatoires ont été trouvées afin de compenser ces volumes soustraits, parmi les principales mesures :

- la suppression de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;
- le décaissement du terrain naturel ;
- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures ;
- la création de bassins enterrés dédiés à la compensation des crues.

En phase chantier, les bases vie seront installées sur pilotis au-dessus de la côte de crue centennale pour permettre la libre circulation des eaux. Les installations sur pilotis sont modélisées comme insubmersibles dans la modélisation hydraulique. Il s'agit d'une hypothèse pessimiste permettant de prendre en compte les éventuels embâcles pouvant perturber l'écoulement entre les pilotis.

[3] Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, version consolidée au 02 août 2014.

2.5.2 Compensation des volumes prélevés à la crue

2.5.2.1 Méthodologie retenue

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le Val-de-Marne fait que les « infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisées sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale » (Titre 2-Art.3.2.1, chapitres 1 à 5). Le règlement précise en outre que « tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. » (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5). Le projet s'attache à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur uniquement.

Le projet vise à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en phase exploitation et chantier, le cas échéant.

En effet, les textes réglementaires en vigueur imposent d'assurer la conservation des champs d'expansion des crues (principalement par la compensation des volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur) en phase exploitation, une fois la période de travaux achevée. La phase chantier n'est pas évoquée au sein des PPRI en vigueur.

2.5.2.2 Evaluation de la réduction de l'expansion des crues en phase travaux

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'évaluation des volumes soustraits à la crue.

a. Gare et ouvrages annexes du secteur des Ardoines

Au droit de la gare des ardoines, les volumes prélevés à la crue en phase chantier sont compensés par les volumes rendues à la crue grâce à la démolitiion des bâtiments existants.

b. SMI de Vitry-sur-Seine

Sans objet.

c. OA Friche Arrighi

Sans objet.

d. OA Rue de Rome

Sans objet.

e. Gare Le Vert-de-Maisons

Au droit de la gare de Vert de Maisons, les travaux se décomposent, globalement, en deux phases :

- Le terrassement et la construction du génie civil des volumes souterrains

Durant cette phase provisoire, les structures des gares ne sont pas construites dans leur intégralité. En cas de crue, le poids de ces structures ne permet pas de compenser la poussée verticale que subit l'ouvrage en raison du niveau d'eau. De même l'absence des dalles ne permet pas d'équilibrer la pression horizontale qui s'exerce entre les parois moulées. Ainsi, seule l'inondation des fouilles permet de garantir la stabilité des ouvrages et la sécurité.

Des niveaux de crue seront donc définis, à partir desquels les entreprises de génie civil évacueront les matériels et les personnels avant de laisser l'eau pénétrer dans les fouilles. Les portions de tunnel seront auparavant rendues étanches au moyen de parois situées au droit des tympans, afin de protéger les installations (notamment les tunneliers).

Durant cette première phase, les volumes des fouilles compensent très largement les volumes pris à la crue provenant des installations de chantier, même si la correspondance exacte par tranches altimétriques n'est pas assurée.

- La construction du génie civil des émergences, ainsi que des aménagements et du second œuvre de l'ensemble des volumes

Durant cette phase, les fouilles ne sont plus inondables. Des bassins de compensation sont prévus en phase définitive mais, à ce stade des études, il n'est pas garanti qu'ils soient disponibles dès le début de la phase. Néanmoins, la durée de cette phase transitoire est très inférieure à la durée totale des travaux, et ne justifie pas une compensation des volumes telle qu'en phase définitive. Les seules installations de chantier susceptibles de mobiliser un volume de crue sont les bungalows de chantier de la gare, représentant environ 1 625 m^3. Le tableau ci-dessous présente les volumes pris à la crue par les bungalows.

Tableau 11 : Volume pris à la crue par les bungalows

Hauteur d'eau			Surfaces Bungalows		Volume à compenser	
TN moyen	Cote PHEC	Δ	SGP	SNCF	SGP	SNCF
31,92	35,48	3,56	457	156	1,625	555

Remarque : les bungalows sont de forme parallélépipède et possède une section horizontale constante quelle que soit la hauteur.

Si ce volume est considéré comme trop important, les bungalows pourront être installés sur pilotis, ou une compensation pourra éventuellement être recherchée en dehors des emprises.

f. OA Université Créteil.

Sans objet.

g. Gare Créteil l'Echat

Au droit de la gare de Créteil l'Echat, les travaux se décomposent, globalement, en deux phases :

- Le terrassement et la construction du génie civil des volumes souterrains

Durant cette phase provisoire, les structures des gares ne sont pas construites dans leur intégralité. En cas de crue, le poids de ces structures ne permet pas de compenser la poussée verticale que subit l'ouvrage en raison du niveau d'eau. De même l'absence des dalles ne permet pas d'équilibrer la pression horizontale qui s'exerce entre les parois moulées. Ainsi, seule l'inondation des fouilles permet de garantir la stabilité des ouvrages et la sécurité.

Des niveaux de crue seront donc définis, à partir desquels les entreprises de génie civil évacueront les matériels et les personnels avant de laisser l'eau pénétrer dans les fouilles. Les portions de tunnel seront auparavant rendues étanches au moyen de parois situées au droit des tympans, afin de protéger les installations (notamment les tunneliers).

Durant cette première phase, les volumes des fouilles compensent très largement les volumes pris à la crue provenant des installations de chantier, même si la correspondance exacte par tranches altimétriques n'est pas assurée.

- La construction du génie civil des émergences, ainsi que des aménagements et du second œuvre de l'ensemble des volumes

Durant cette phase, les fouilles ne sont plus inondables. Des bassins de compensation sont prévus en phase définitive mais, à ce stade des études, il n'est pas garanti qu'ils soient disponibles dès le début de la phase. Néanmoins, la durée de cette phase transitoire est très inférieure à la durée totale des travaux, et ne justifie pas une compensation des volumes telle qu'en phase définitive. Les seules installations de chantier susceptibles de mobiliser un volume de crue sont les bungalows de chantier de la gare. Afin de ne pas prélever de volume à la crue, ceux-ci sont placés hors zone inondable.

2.5.2.3 Evaluation de la réduction de l'expansion des crues en phase d'exploitation

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'évaluation des volumes soustraits à la crue.

Les classes d'impacts sur les volumes soustraits ont été définies comme suit :

- Impact non significatif : volume soustrait à la crue inférieure à 200 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements limités en surface, tels que de l'habitat individuel ou des édicules ;
- Impact faible : volume soustrait à la crue entre 200 m^3 et 1 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface inférieure à 5 000 m², tels que de l'habitat collectif ou des émergences de gare ;
- Impact modéré : volume soustrait à la crue entre 1 000 m^3 et 5 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface de l'ordre de l'hectare, tels que des lotissements ;
- Impact fort : volume soustrait à la crue au-delà de 5 000 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements en surface au-delà de 5 hectares. Il s'agit alors de projets d'aménagement d'envergure, tels que des Zones d'Aménagement Concerté (ZAC).

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Tableau 26 : Définition des classes d'impact par rapports aux volumes soustraits à la crue

Classe	Critère sur les volumes soustraits à la crue
Impact non significatif	V < 200 m^3
Impact faible	200 m^3 ≤ V < 1 000 m^3
Impact modéré	1 000 m^3 ≤ V < 5 000 m^3
Impact fort	V ≤ 5 000 m^3

a. Gare et ouvrages annexes du secteur des Ardoines

Le secteur des Ardoines concerne la gare Les Ardoines et les ouvrages annexes Gabriel Péri et Centre technique municipal.

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de quatre pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 27 : Calcul des volumes soustraits à la crue – Secteur des Ardoines

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m^3)
1	[33,50 ; 34,00]	0,50	4 040	1 920
2	[34,00 ; 34,50]	0,50	4 550	1 960
3	[34,50 ; 35,00]	0,50	5 080	2 365
4	[35,00 ; 35,49]	0,49	4 915	2 370
TOTAL	[33,50 ; 35,49]	1,99	-	8 615

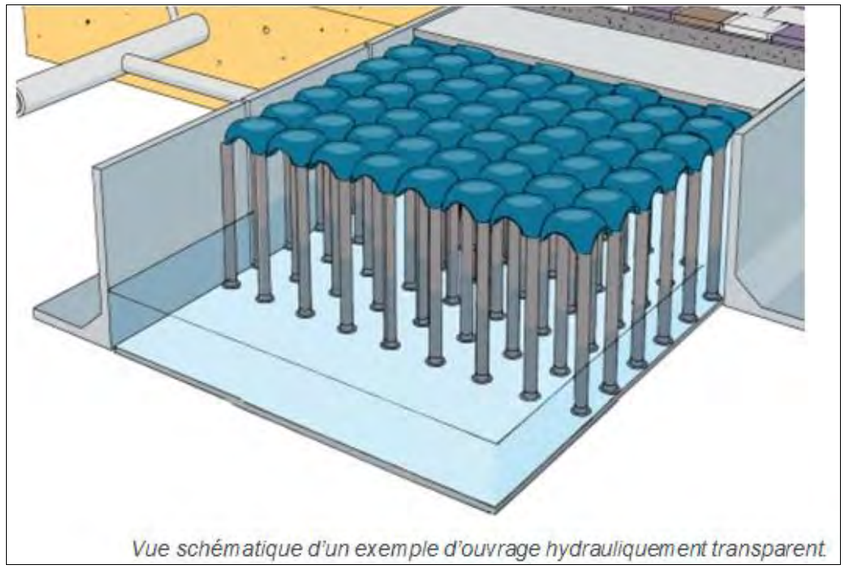
L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié à l'émergence de la gare, mise hors d'eau. L'émergence du tunnel en direction du SMI soustrait 15% du volume total. Les ouvrages annexes contribuent également mais dans une moindre mesure à limiter le champ d'expansion de crue, en raison principalement d'une emprise au sol limitée (moins de 150 m² pour chacun d'eux).

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants.

Le projet de la gare des Ardoines prévoit une interconnexion avec la gare existante du RER C de la SCNF. Le réaménagement des quais consiste à un élargissement pour assurer l'augmentation de la fréquentation du fait de l'arrivée de la gare de la Ligne 15 Sud.

La réalisation des extensions de quais par une méthode traditionnelle, de type grave compactée, conduit à un besoin de compensation de près de 4000 m³. Il a donc été décidé de rechercher des solutions techniques maximisant la transparence à la crue des extensions de quais.

Le principe général est de construire un ouvrage creux pouvant se remplir lors des crues. Une des techniques envisagées consiste à réaliser l'élargissement des quais par le biais de coffrages perdus en dôme reposant sur des « pilotis ».



Vue schématique d'un exemple d'ouvrage hydrauliquement transparent.

Figure 2 : Exemple de *coffrage perdu en dôme reposant sur des « pilotis »*

L'alimentation et la vidange de la structure se fera par des buses ou des ovoïdes en bout de quai. La mise en place de barbacanes, espacées régulièrement sur les bordures du quai permettra une transparence accrue : la restitution des eaux à la décrue sera plus diffuse.

Selon la technique utilisée et compte tenu de la spécificité du site et du programme d'interconnexions à réaliser, il est imaginé, à ce stade des études, de pouvoir réaliser des extensions de quais présentant une transparence de 50%.Il restera donc à compenser un volume de 2000 m³.

Ces 2000 m³ s'ajoutent à ceux nécessaires pour la réalisation de la gare des Ardoines et des ouvrages annexes. Il convient donc de compenser sur ce secteur 10 615 m³.

La réalisation du projet de la Ligne 15 Sud nécessite sur ce secteur des démolitions de bâtiments existants. Elles sont réalisées sur des parcelles dont la Société du Grand Paris est propriétaire. Ces bâtiments considérés comme non inondables vont permettre de contribuer à assurer l'équilibre pour le maintien des volumes d'expansion des crues.

Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les volumes ainsi libérés.

Tableau 14 : Calcul des volumes redonnés à la crue – Secteur des Ardoines

Localisation	Surface libérée (en m²)	Niveau TN (m NGF)	Volume libéré (en m³)
Tranchée SMI	5 905	34,36	5 482
Gare Les Ardoines	7 312	33,50	14 231
OA Centre Technique Municipal	710	35,40	0
TOTAL	13 927	-	19 714

Les démolitions prévues sur le secteur permettent de dégager des volumes d'expansion pour les crues. Ce volume est estimé à environ 19 714 m3.

Les bâtiments concernés par la démolition sont sur des terrains de la Société du Grand Paris et de l'EPAORSA. Un accord de l'EPAORSA a été donné pour retenir ce volume pour le projet du Grand Paris Express.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont totalement compensés. Les volumes supplémentaires dégagés permettront de contribuer à la compensation du site de maintenance des infrastructures de la Ligne 15 Sud, situé à proximité, au Sud de ce secteur. Cet ouvrage est analysé à partir de la page suivante.

b.<u>SMI de Vitry-sur-Seine</u>

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de cinq pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Le site concerné comporte actuellement des bâtiments d'activités considérés comme non inondable. La construction du SMI nécessitera leur démolition, ce qui permettra de récupérer un volume d'expansion des eaux de crue, pris en compte dans le calcul d'équilibre déblais/remblais. Ces bâtiments occupent une surface de 12 500 m² et se développent jusqu'à la cote de la crue centennale.

Tableau 28 : Calcul des volumes soustraits à la crue – SMI

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[32,50 ; 33,00]	0,50	170
2	[33,00 ; 33,50]	0,50	1 105
3	[33,50 ; 34,00]	0,50	2 070
4	[34,00 ; 34,50]	0,50	5 060
5	[34,50 ; 34,68]	0,18	2 910
6	[34,68 ; 35,00]	0,32	- 2 290
7	[35,00 ; 35,49]	0,49	- 1 040
TOTAL	[32,50 ; 35,49]	2,99	7 985

En prenant en compte les démolitions des bâtiments existants sur le site du SMI, l'aménagement du SMI soustrait un volume à la crue de 7 985 m^3 pour la crue centennale.

Pour la réalisation de la gare des Ardoines et des ouvrages annexes, des démolitions de bâtiments existants sont nécessaires (voir rubrique précédente). Cela permet de dégager un volume disponible pour l'expansion des crues. En retirant les besoins de compensation de ces ouvrages de la Ligne 15 Sud, il restait 9 099 m^3 disponibles.

Du fait de l'implantation du SMI dans le même secteur urbain et soumis au même aléa, cette compensation est considérée comme cohérente. Par conséquent, les volumes soustraits à la crue par le site de maintenance des infrastructures (SMI) sont totalement compensés.

c. OA Friche Arrighi

Dans ce secteur, le niveau des PHEC est à 35,49 m NGF. Bien que l'ouvrage se situe dans la zone PPRI, le TN actuel, dans la zone d'implantation future de l'ouvrage de la friche, est à 35,80 m NGF en moyenne, soit au-dessus des PHEC. En effet, le niveau du TN a été remonté à 35,50 m NGF au moment de la construction de la centrale Arrighi, démolie depuis.

L'ouvrage s'inscrit sur un site essentiellement hors d'eau pour la crue centennale. Par conséquent, les volumes pour cet ouvrage sont nuls.

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, l'aménagement de l'ouvrage annexe ne nécessite pas de volume compensatoire.

d. OA Rue de Rome

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 16 : Calcul des volumes soustraits à la crue – OA Rue de Rome

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m^3)
1	[32,19 ; 32,69]	0,50	130	65
2	[32,69 ; 33,19]	0,50	130	65
3	[33,19 ; 33,69]	0,50	130	65
4	[33,69 ; 34,19]	0,50	130	65
5	[34,19 ; 34,69]	0,50	130	65
6	[34,69 ; 35,19]	0,50	130	65
7	[35,19 ; 35,49]	0,30	130	35
TOTAL	[32,19 ; 35,49]	3,30	-	425

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau.

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants.

Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les surfaces et les volumes ainsi libérés.

Tableau 17 : Calcul des volumes redonnés à la crue – OA Rue de Rome

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface libérée par tranche (en m²)	Volume libéré par tranche (en m^3)
1	[32,19 ; 32,69]	0,50	170	85
2	[32,69 ; 33,19]	0,50	170	85
3	[33,19 ; 33,69]	0,50	170	85
4	[33,69 ; 34,19]	0,50	145	70
5	[34,19 ; 34,69]	0,50	145	70
6	[34,69 ; 35,19]	0,50	145	70
7	[35,19 ; 35,49]	0,30	145	45
TOTAL	[32,19 ; 35,49]	3,30	-	510

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont totalement compensés. Un surplus de 85 m^3 est constaté, soit près de 20 % en plus du volume soustrait.

e. Gare Le Vert-de-Maisons

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 18 : Calcul des volumes soustraits à la crue – Gare Le Vert-de-Maisons

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m^3)
1	[32,06 ; 32,56]	0,50	2 460	485
2	[32,56 ; 33,06]	0,50	2 460	1 015
3	[33,06 ; 33,56]	0,50	2 460	1 225
4	[33,56 ; 34,06]	0,50	2 460	1 225
5	[34,06 ; 34,56]	0,50	2 460	1 225
6	[34,56 ; 35,06]	0,50	2 460	1 225
7	[35,06 ; 35,48]	0,42	2 460	1 045
TOTAL	[32,06 ; 35,48]	3,42	-	7 445

L'essentiel des surfaces et des volumes pris à la crue est lié à l'émergence de la gare, mise hors d'eau. Les locaux nord et la mise en place de système anti-crue contribuent également à limiter le champ d'expansion de crue.

Toutefois, l'aménagement du site prévoit la démolition de bâtiments existants. Ces démolitions vont contribuer de manière significative à rendre de nouveaux espaces libres pour l'expansion de la crue. Le tableau suivant détaille, pour chaque tranche altimétrique, les volumes ainsi libérés.

Tableau 19 : Calcul des volumes redonnés à la crue – Gare Le Vert-de-Maisons

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface libérée par tranche (en m²)	Volume libéré par tranche (en m³)
1	[32,06 ; 32,56]	0,50	1 590	270
2	[32,56 ; 33,06]	0,50	1 750	850
3	[33,06 ; 33,56]	0,50	1 750	875
4	[33,56 ; 34,06]	0,50	1 750	875
5	[34,06 ; 34,56]	0,50	1 750	875
6	[34,56 ; 35,06]	0,50	1 750	875
7	[35,06 ; 35,48]	0,42	1 750	735
TOTAL	[32,06 ; 35,48]	3,42	-	5 355

Par conséquent, en tenant compte de ces démolitions, les volumes soustraits sont réduits, comme le présente le tableau suivant. Le volume global soustrait à la crue passe ainsi de 7 445 m³ à 2 090 m³, soit une diminution de plus de 70%. Cet abattement est sensiblement homogène pour chacune des tranches garantissant ainsi une « compensation dynamique » de la crue.

Tableau 20 : Calcul des volumes réellement soustraits à la crue – Gare Le Vert-de-Maisons

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[32,06 ; 32,56]	0,50	870	215
2	[32,56 ; 33,06]	0,50	710	165
3	[33,06 ; 33,56]	0,50	710	350
4	[33,56 ; 34,06]	0,50	710	350
5	[34,06 ; 34,56]	0,50	710	350
6	[34,56 ; 35,06]	0,50	710	350
7	[35,06 ; 35,48]	0,42	710	310
TOTAL	[32,06 ; 35,48]	3,42	-	2 090

Il nécessaire de compenser 2 090 m3 pour la gare de Vert de Maisons.

Au vu du contexte urbain de ce secteur, il n'est pas possible de prévoir un décaissement du niveau du terrain naturel pour récupérer ce volume. Dans le cadre du projet connexe prévu au niveau de cette gare, il est prévu la création d'un parking souterrain qui permettra d'assurer la compensation en cas de crue.

Par conséquent, les volumes soustraits à la crue par la gare de Vert de Maisons sont totalement compensés.

f. OA Université Créteil.

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 21 : Calcul des volumes soustraits à la crue – OA Université Créteil

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[34,21 ; 34,71]	0,50	180	90
2	[34,71 ; 35,21]	0,50	180	90
3	[35,21 ; 35,71]	0,50	180	50
TOTAL	[34,21 ; 35,71]	1,50	-	230

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence des grilles de ventilation, mise hors d'eau, soit un volume soustrait global de 230 m³.

La réalisation d'un bassin de compensation à proximité de l'ouvrage est prévue, équipé des dispositifs nécessaires pour la temporisation de la compensation (respect des tranches de compensation). Le fond du bassin ne descendra en-dessous de la cote de la Retenue Normale +29.65 NGF (RN). Ce bassin doit permettre la compensation du volume occupé, soit 230 m³.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait sera totalement compensé grâce à l'aménagement du bassin de compensation.

g.Gare Créteil l'Echat

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de sept pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.Tableau 21 : Calcul des volumes soustraits à la crue – Gare Créteil l'Echat

Tableau 22 : Calcul des volumes soustraits à la crue – Gare de Créteil l'Echat

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[33,29 ; 33,79]	0,50	390	130

2	[33,79 ; 34,29]	0,50	490	240
3	[34,29 ; 34,79]	0,50	1 080	330
4	[34,79 ; 35,29]	0,50	1 930	740
5	[35,29 ; 35,48]	0,19	2 590	490
TOTAL	[34,21 ; 35,48]	2,19	-	1 930

L'essentiel des volumes pris à la crue est lié notamment à l'émergence de la gare et la mise hors d'eau du parvis, soit un volume soustrait global de 1 930 m^3.

Dans le cadre de la gare de Créteil l'Echat, il est prévu l'implantation d'un projet dit connexe porté par un promoteur pour développer une opération immobilière sur la parcelle mitoyenne à la gare du Grand Paris Express. Ce projet est notamment présenté dans la pièce B.2 de la présente étude d'impact, au niveau des éléments sur la gare concernée.

Pour compenser les volumes pris à la crue par la gare de Créteil l'Échat, le cahier des charges élaboré par la Société du Grand Paris pour la désignation d'un promoteur prend bien en compte ce besoin, et prescrit la mise en place d'un volume dédié au 1930 m^3 nécessaire.

Cette mesure pourra se traduire par la mise en place par le promoteur d'un parking souterrain à proximité immédiate de la gare permettant de libérer 3000 m^3. Elle permettra de compenser le volume pris à la crue par l'implantation de la gare de Créteil l'Echat. Du fait du fonctionnement de la gare et de la nécessité d'assurer l'accès aux quais de la gare, il n'est pas possible d'intégrer ces volumes de compensation directement dans la boite souterraine de la gare.

Des dispositifs seront prévus dans le parking du projet connexe pour assurer l'évacuation des eaux de crue en dehors de l'ouvrage.

Par conséquent et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait devra être totalement compensé grâce à l'aménagement du parking souterrain du projet connexe.

2.5.3 Conformité et compatibilité des aménagements de la Ligne 15 sud sur le secteur de Vitry-sur-Seine

2.5.3.1 PPRI 94

Le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne précise, pour chacune des zones réglementées, à l'article 3.1 que les « infrastructures de transport ainsi que les équipements nécessaires à leur fonctionnement et leur exploitation sont autorisés […] ».

A la lecture du règlement, l'aménagement des gares Les Ardoines, Le Vert-de-Maisons, Créteil l'Echat et des sept ouvrages annexes concernés apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Marne et de la Seine dans le département du Val-de-Marne.

L'article 3.1 conditionne toutefois l'autorisation « sous réserve d'étude hydraulique et de mesures compensatoires garantissant la transparence hydraulique et le maintien du champ d'expansion des crues pour une crue centennale ».

Le règlement précise en outre que « tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage des eaux de la crue de référence devra être compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement. » (Titre 2-Art.3.2.2, chapitres 1 à 5).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences des ouvrages annexes est compensé (cf. paragraphe 5.2). Le règlement précise explicitement la nécessité de la réalisation d'une étude hydraulique. Cette étude hydraulique, basée sur une modélisation hydrodynamique, est l'objet de ce présent rapport

Le règlement du PPRI fixe des prescriptions sur les cotes plancher des aménagements en fonction des zones réglementaires concernées mais aussi de la typologie d'aménagement ou de bâtiment (habitations, activités…).

En terme de cote réglementaire, la plus contraignante est celle de fixer la cote du 1er plancher au minimum à la cote des PHEC (crue centennale).

Commentaires : l'ensemble de l'infrastructure (gare, ouvrage annexe, tunnel…) sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

2.5.3.2 SDAGE du bassin de la Seine et cours d'eau côtiers normands

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands rappelle que la prévention du risque d'inondation doit être cohérente à l'échelle d'un bassin versant et intégrer l'ensemble des composantes suivantes : évaluation du risque, information préventive, réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes, préservation des zones naturelles d'expansion des crues, urbanisation raisonnée, gestion adaptée des eaux de ruissellement pluviales.

La prévention du risque doit systématiquement être privilégiée à la protection qui peut aggraver la situation en amont et en aval de la zone protégée et dégrader les espaces naturels.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations, dont notamment :

- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues.

Chacune de ces orientations est déclinée en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- Orientation 30, disposition 134. « Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »

  L'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau jusqu'à la cote de crue centennale + 20 cm. D'autre part, chaque ouvrage a fait l'objet d'une compensation systématique des volumes soustraits à la crue et a fait l'objet d'une analyse des incidences en lit mineur et lit majeur par une modélisation hydro-dynamique (objet du présent rapport) ;

- Orientation 31, disposition 139. « Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »

  Bien qu'on ne puisse pas considérer, compte tenu du caractère très urbanisé du secteur du projet, que les zones actuelles d'expansion des crues sont des zones « naturelles », le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

Révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est en cours de révision. Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

Le défi 8 du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.

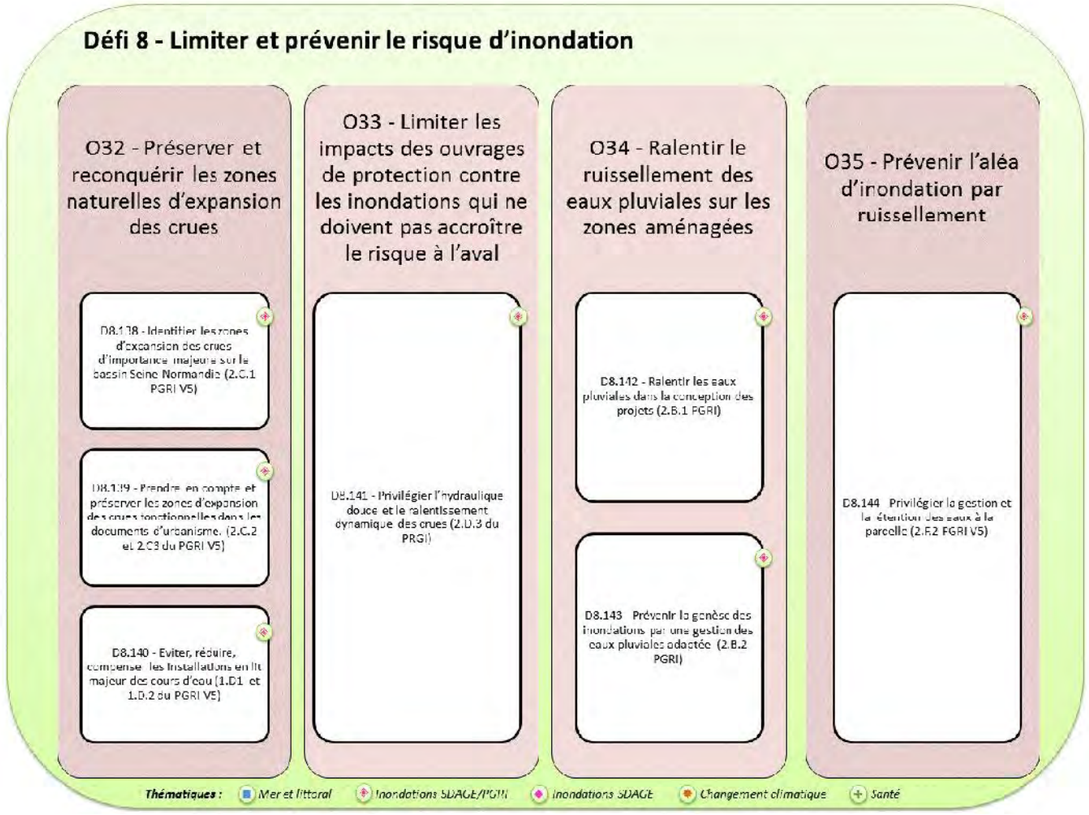


Figure 5 : Projet des orientations et des dispositions du défi 8 de la révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

Le projet d'infrastructure détaillé dans le présent rapport est compatible avec le SDAGE en vigueur et conforme à la réglementation en vigueur (PPRI notamment).

En fonction des dispositions qui seront in fine approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Eviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.

Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.

S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.

Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.

Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.

Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.

La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

2.5.3.3 SAGE Bièvre

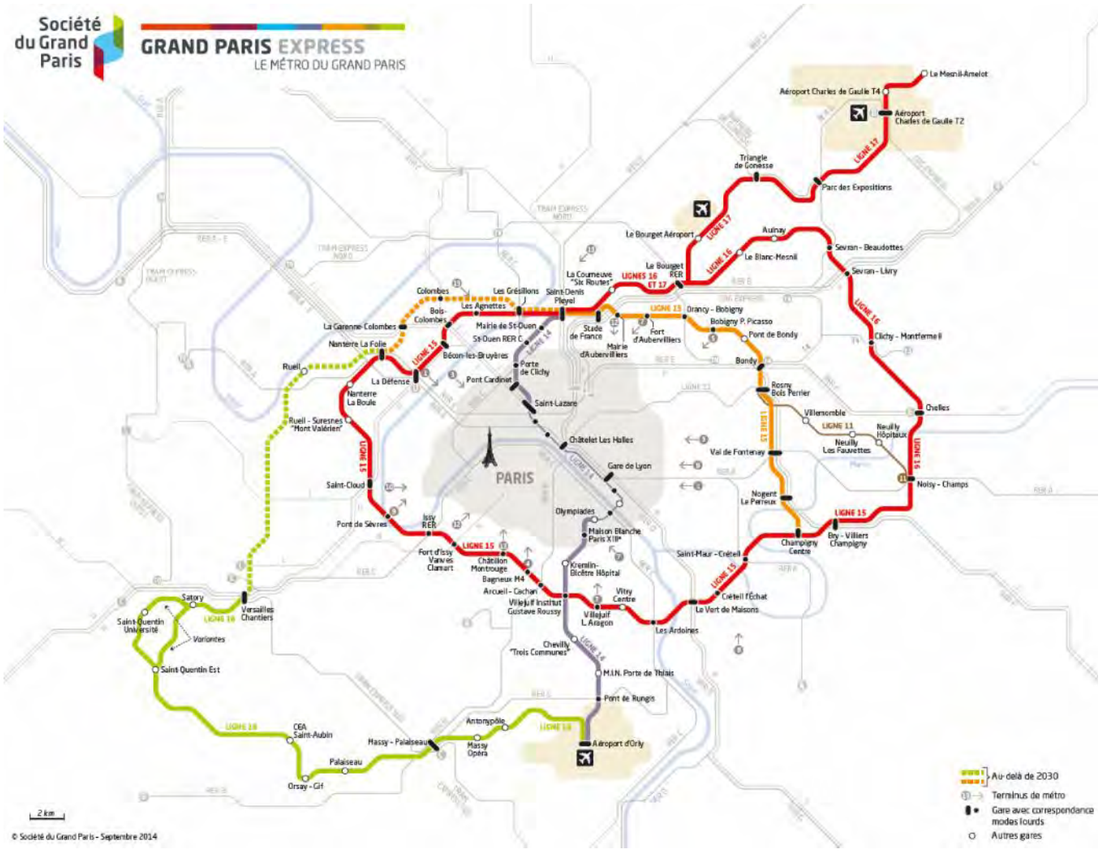
Le SAGE Bièvre est actuellement en cours d'élaboration, aucune compatibilité réglementaire n'est nécessaire, toutefois, le projet est compatible avec les préconisations du SAGE dans sa version actuelle.

3 Annexe 3 : Gestion du risque inondation – Modélisation de la Seine du pont du Garigliano à la passerelle de l’Avre

3.1 Contexte et objet de l'étude

3.1.1 Contexte général

Le Grand Paris est un projet d'aménagement à l'échelle de la métropole francilienne ayant pour objectif d'améliorer le cadre de vie des habitants, de corriger les inégalités territoriales et de construire une ville durable. Ce projet prévoit la création d'un nouveau réseau de métro : le Grand Paris Express. Ce nouveau réseau porte sur l'extension du réseau existant et sur la création de 4 nouvelles lignes de métro automatique (cf. illustration ci-dessous).



Carte 98 : Projet du Grand Paris Express (Source : Société du Grand Paris, Septembre 2014)

La ligne 15 est une ligne entièrement nouvelle qui constitue une rocade proche de Paris d'une longueur d'environ 75 km. Il s'agit d'un métro totalement souterrain qui reliera 36 nouvelles gares. Cette rocade est composée de trois tronçons dont la mise en service s'échelonne dans le temps :

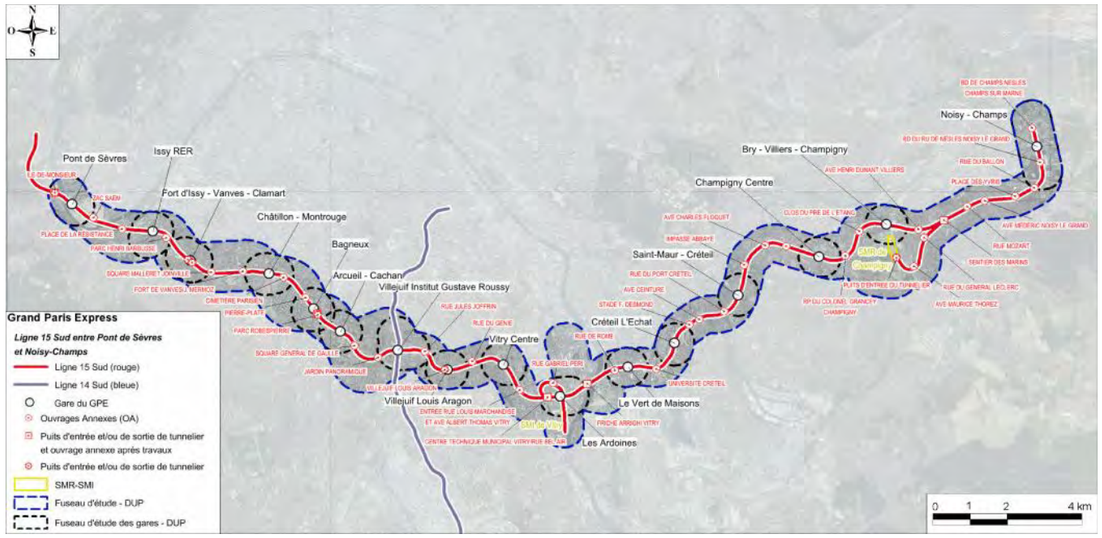
- La Ligne 15 Sud (environ 33 km), sous maîtrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris (SGP), qui relie la gare de Pont de Sèvres et celle de Noisy-Champs (mise en service à horizon 2022),

- La Ligne 15 Ouest (environ 21 km), sous maîtrise d'ouvrage SGP, qui relie la gare de Pont de Sèvres à celle de Saint-Denis Pleyel (mise en service à horizons 2025 et 2027),

- La ligne 15 Est (environ 24 km), sous maîtrise d'ouvrage Stif, qui relie la gare de Saint-Denis Pleyel à celle de Champigny-Centre (mise en service à horizons 2025 et 2030).

Ainsi, à l'horizon 2022, le tronçon Sud de la Ligne 15 reliera les gares de Noisy-Champs et Pont de Sèvres sur un linéaire de 33 km en 35 minutes. La totalité des 16 gares de la Ligne 15 Sud seront en correspondance avec les lignes de RER, de métro, de tramway et/ou de transport en commun en site propre.

Cette ligne sera dotée d'un Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) situé au sud du secteur des Ardoines sur la commune de Vitry-sur-Seine et d'un Site de Maintenance et Remisage (SMR) sur la commune de Champigny-sur-Marne.



Carte 99 : Ligne 15 Sud du Grand Paris Express (Source : BURGEAP/BIOTOPE, 2014)

Le tracé de la ligne 15 Sud traverse trois cours d'eau :

- la Seine sur le secteur de Vitry-sur-Seine/Alfortville et le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt,
- la Marne sur le secteur de la boucle de Saint-Maur-des-Fossés,
- la Bièvre pour le secteur Arcueil-Cachan.

La présente étude porte sur le secteur de la boucle de la Seine à Boulogne-Billancourt au droit duquel 2 gares et 3 ouvrages annexes dont un puit d'attaque tunnelier sont présents en zone inondable d'après la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) (cf. cartographie suivante).



Carte 100 : Extrait de la cartographie des Plus Hautes Eaux Connues (Source : CARMEN)

3.1.2 Contexte réglementaire

3.1.2.1 Le Plan de Prévention des Risques Inondation des Hauts de Seine (PPRI 92)

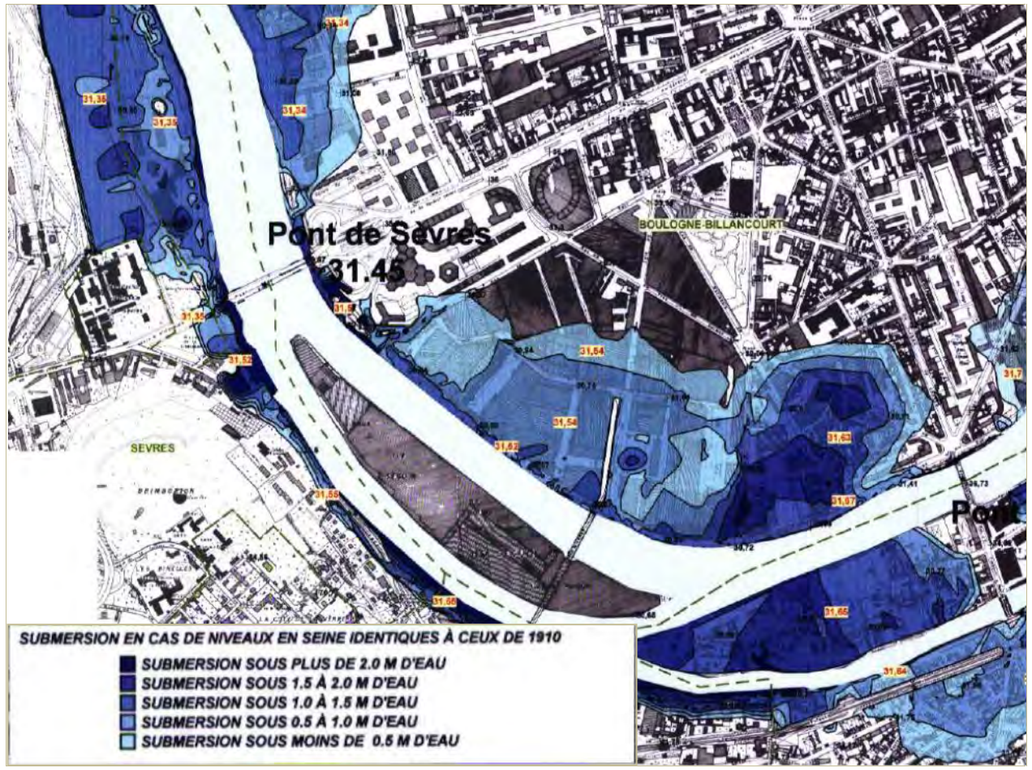
Sur le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt, le projet est concerné par le Plan de Prévention des Risques d'Inondation (PPRI) de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

Ce PPRI concerne 18 communes du département des Hauts-de-Seine. Il a été prescrit par arrêté préfectoral du 29 mai 1998 puis approuvé par arrêté préfectoral du 9 janvier 2004.

Trois niveaux d'aléas ont été retenus :

- aléas très forts correspondant à des hauteurs de submersion de plus de deux mètres,
- aléas forts correspondant à des hauteurs de submersion comprises entre 1 et 2 mètres,
- autres aléas correspondant à des hauteurs de submersion inférieures à 1 mètre.

La carte ci-dessous présente un extrait de la carte de l'aléa « hauteur d'eau » sur les communes de Sèvres et Boulogne-Billancourt dans les Hauts-de-Seine, au droit du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.



Carte 101 : Extrait de la carte de l'aléa « hauteur d'eau » sur les communes de Sèvres et Boulogne-Billancourt dans les Hauts-de-Seine (source : PPRI 92)

Conformément à la réglementation en vigueur à la date d'approbation du PPRI , un zonage réglementaire a été élaboré sur la base d'une analyse croisée de l'aléa et des enjeux sur le territoire concerné par le PPRI. Le zonage délimite quatre zones ainsi définies :

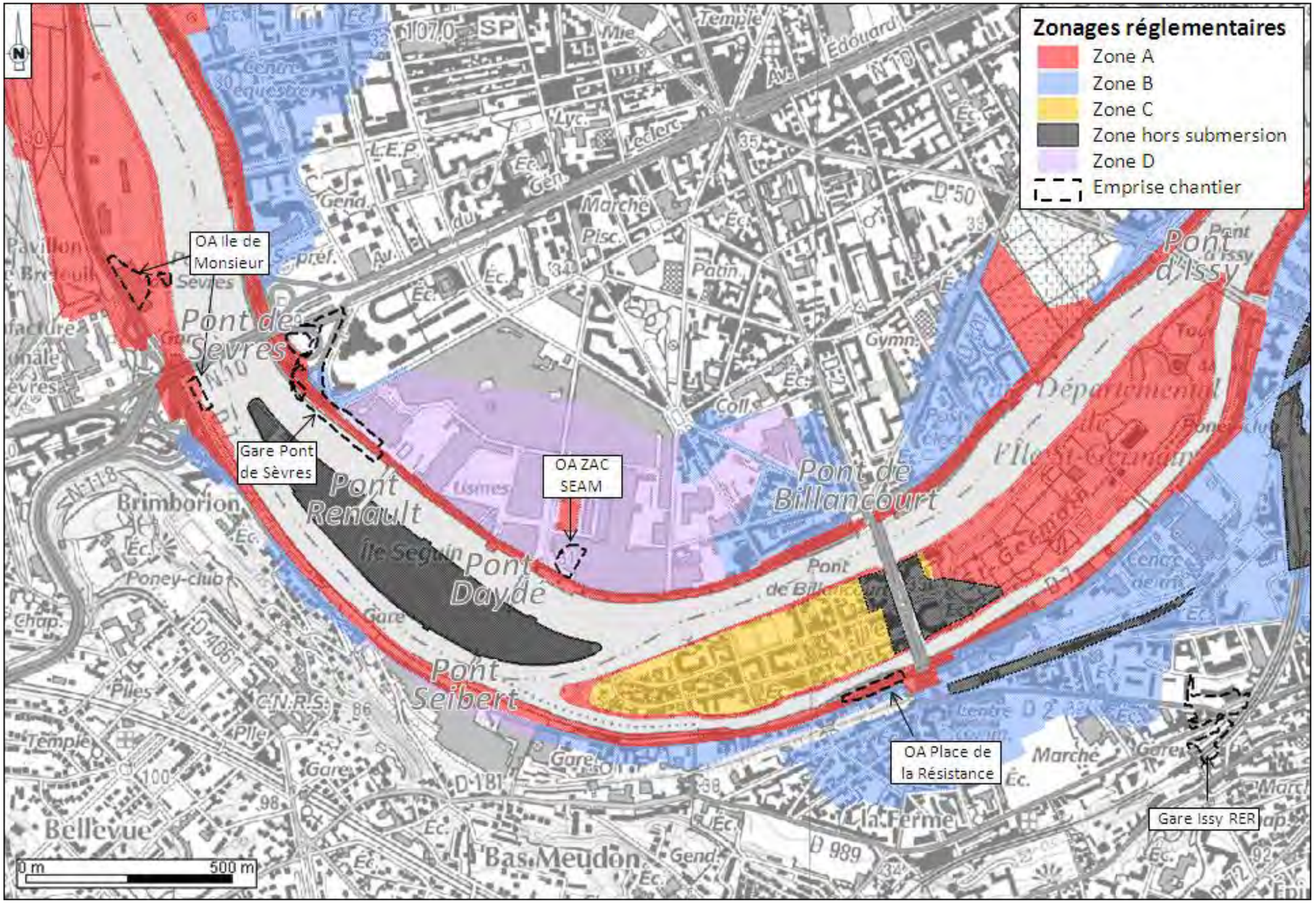
- une zone rouge dite « zone A » correspondant aux zones à forts aléas et aux zones à préserver au titre de la capacité de stockage de la crue quel que soit le niveau d'aléa (berges du fleuve et espaces non bâtis ou très peu bâtis qui constituent des zones d'expansion de crues),
- une zone bleue dite « zone B » correspondant aux « centres urbains ». Ce sont des espaces urbanisés caractérisés par leur histoire, une occupation du sol importante, une continuité du bâti et la mixité des usages entre logements, commerces et services,
- une zone orange dite « zone C » correspondant aux « zones urbaines denses ». Il s'agit de secteurs qui ne répondent pas à toutes les caractéristiques des « centres urbains ». Il convient de limiter la densification de ces territoires,
- une zone violette dite « zone D » correspondant aux « zones de mutations urbaines ». Il s'agit de secteurs dont l'urbanisation est prévue au Schéma Directeur de la Région Ile-de-France et présente un intérêt stratégique au niveau régional. Ces zones concernent les terrains Renault sur Boulogne et Meudon et les terrains Gaz de France à Gennevilliers et Villeneuve-la-Garenne.

Au droit du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt, 5 sites sont concernés par le zonage réglementaire du PPRI 92 :

- le puits d'attaque de l'Ile de Monsieur est situé en zone rouge,
- le centre de traitement des boues, proche de l'OA[4] Ile de Monsieur, est installé en zone rouge,
- la gare de pont de Sèvres est située en zone rouge,
- l'ouvrage annexe OA ZAC SEAM est situé en zone violette,
- l'ouvrage annexe OA Place de la Résistance est situé en zone rouge.

La carte suivante présente les positions des emprises du projet en phase chantier au droit du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt par rapport au zonage réglementaire du PPRI 92.

[4] Ouvrage Annexe : Puits secondaires servant d'aération et de sortie de secours au tunnel.



Carte 102 : Extrait de la carte des zonages réglementaires du PPRI des Hauts de Seine (Source : PPRI 92)

3.1.2.2 Le Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) de la métropole francilienne

Le secteur de la boucle de la Seine à Boulogne-Billancourt est concerné par le Territoire à Risque important d'Inondation (TRI) « Métropole francilienne ».

Les TRI découlent de l'application de la directive « inondation », qui fixe une méthode de travail permettant aux territoires exposés au risque d'inondation de travailler à réduire ses conséquences négatives.

Sur le bassin Seine-Normandie, comme sur les autres bassins, cette méthode s'articule autour de trois grands objectifs, auxquels sont associés des délais de réalisation :

- l'Evaluation Préliminaire des Risques d'Inondation (EPRI) constituant un diagnostic global à l'échelle du bassin Seine-Normandie ;
- l'établissement de cartes des zones inondables et des risques d'inondation pour les crues de faible, moyenne et forte probabilité à l'échelle des Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) (arrêté d'approbation du 20 décembre 2013). Le choix des TRI a été arrêté le 27 novembre 2012 pour le bassin Seine-Normandie ;
- l'élaboration d'un Plan de Gestion des Risques d'Inondation (PGRI) à l'échelle du bassin Seine-Normandie présentant les objectifs de gestion du risque inondation fixés et les mesures retenues pour les atteindre (échéance décembre 2015).

La directive introduit donc une nouvelle obligation en droit français : réduire les conséquences négatives de tous les types d'inondation pour la santé humaine, l'environnement, le patrimoine culturel et l'activité économique.

3.1.2.3 Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

La ligne 15 Sud est concernée dans sa totalité par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands. Il s'agit d'un document de planification de la ressource en eau.

Il permet, à la suite d'un état des lieux, de fixer pour six années les orientations et actions pour atteindre les objectifs de qualité et de quantité pour chaque masse d'eau.

Le SDAGE a valeur réglementaire et est opposable aux documents d'urbanisme et aux décisions administratives dans le domaine de l'eau. Il est complété par un plan d'actions, dit « programme de mesures » (PDM), élaboré par l'Etat.

Approuvé fin 2009, le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands 2010-2015 comporte 8 défis généraux et un programme de mesures défini au niveau de chaque masse d'eau.

Le défi n°8 a pour objectif de limiter et de prévenir le risque d'inondation.

Les priorités données à ce thème sont, d'une part de limiter les dégâts liés au risque d'inondation [...], et, d'autre part de ne pas aggraver l'aléa [...]. Il faut systématiquement privilégier la prévention plutôt que la protection qui peut aggraver la situation en amont de la zone protégée et pénaliser les milieux aquatiques.

Les principales orientations de ce défi liées au risque d'inondation sont :

- l'orientation 30 : « Réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ». Elle contient, notamment, la disposition 134 : « Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable » ;
- l'orientation 31 : « Préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues », avec, notamment, la disposition 139 : « Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues ».

Une révision du SDAGE pour la période 2016-2021 est en cours pour une adoption prévue en décembre 2015. L'état des lieux du SDAGE a ainsi été validé en décembre 2013.

3.1.2.4 Code de l'environnement et Loi sur l'eau

Ce que l'on appelle couramment Loi sur l'eau est en fait codifié depuis 2009 dans le Code de l'Environnement aux articles L214-1 et suivants.

Une nomenclature des installations, ouvrages, travaux et aménagements (iota) a été élaborée pour définir les seuils et les procédures dont relèvent ces iotas. Elle fait l'objet de l'article R214-1 du Code de l'Environnement.

Les rubriques de cette nomenclature relatives aux lits mineur et majeur d'un cour d'eau et concernées par le projet sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 29 : Position du projet vis-à-vis du titre 3 de la nomenclature de la loi sur l'eau

Rubrique	Intitulé	Critère		Régime	Projet au droit de la boucle de Boulogne-Billancourt
Titre 3 : Impacts sur le milieu aquatique ou la sécurité publique					
3.1.1.0	Installations, ouvrages, remblais et épis, dans le lit mineur d'un cours d'eau, constituant :	1° Un obstacle à l'écoulement des crues		Autorisation	Gare de Pont de Sèvres : remblai en lit mineur et estacade Ile Monsieur : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe
		2° Un obstacle à la continuité écologique :	a) Entraînant une différence de niveau supérieure ou égale à 50 cm, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Autorisation	Non concerné – Pas d'obstacle à la continuité écologique
			b) Entraînant une différence de niveau supérieure à 20 cm mais inférieure à 50 cm pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage ou de l'installation	Déclaration	
3.1.2.0	Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou le profil en travers du lit mineur d'un cours d'eau, à l'exclusion de ceux visés à la rubrique 3.1.4.0, ou conduisant à la dérivation d'un cours d'eau :	1° Sur une longueur de cours d'eau supérieure ou égale à 100 m		Autorisation	Gare de Pont de Sèvres : remblai en lit mineur et estacade Ile Monsieur : Installations portuaires sous forme de Ducs d'Albe
		2° Sur une longueur de cours d'eau inférieure à 100 m		Déclaration	
3.2.1.0	Entretien de cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien visé à l'article L. 215-14 réalisé par le propriétaire riverain, des dragages visés à la rubrique 4. 1. 3. 0 et de l'entretien des ouvrages visés à la rubrique 2. 1. 5. 0, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année Est également exclu jusqu'au 1er janvier 2014 l'entretien ayant pour objet le maintien et le rétablissement des caractéristiques des chenaux de navigation lorsque la hauteur de sédiments à enlever est inférieure à 35 cm ou lorsqu'il porte sur des zones d'atterrissement localisées entraînant un risque fort pour la navigation. L'autorisation est valable pour une durée qui ne peut être supérieure à dix ans. L'autorisation prend également en compte les éventuels sous-produits et leur devenir.	1° Supérieur à 2 000 m^3		Autorisation	Dragages envisagés à Ile de Monsieur et Friche Arrighi
		2° Inférieur ou égal à 2 000 m^3 dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1		Autorisation	Dragages envisagés à Ile de Monsieur et Friche Arrighi
		3° Inférieur ou égal à 2 000 m^3 dont la teneur des sédiments extraits est inférieure au niveau de référence S1		Déclaration	Dragages envisagés à Ile de Monsieur et Friche Arrighi
3.2.2.0	Installations, ouvrages, remblais dans le lit majeur d'un cours d'eau :	1° Surface soustraite supérieure ou égale à 10 000 m²		Autorisation	Deux zones concernées pour toute la ligne 15 Sud : - Ile Monsieur – Issy RER (exclue) : lit majeur de la Seine - Ardoines – Saint Maur Créteil (exclue) : lit majeur de la Seine et lit majeur de la Marne Pour chaque gare, la surface soustraite à la crue dépasse 400 m². La surface cumulée de tous les ouvrages dépasse 10 000 m². Le SMI Vitry dépasse à lui seul 10 000 m².
		2° Surface soustraite supérieure ou égale à 400 m² et inférieure à 10 000 m²		Déclaration	

3.1.2.5 Doctrine DRIEE « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux »

La Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie d'Ile de France (DRIEE IF) a émis une doctrine, mise à jour en octobre 2010, afin de présenter aux pétitionnaires les préconisations concernant les aménagements présentant un impact sur le libre écoulement des eaux.

Cette doctrine présente, entre autre :

- les éléments réglementaires de référence,
- des éléments techniques sur les crues, les impacts potentiels,
- les éléments attendus dans l'étude des impacts,
- les préconisations de la DRIEE en matière de mesures compensatoires.

Par ailleurs, cette doctrine demande à ce que le pétitionnaire produise une étude hydraulique permettant l'évaluation des impacts pour l'établissement des mesures correctives et/ou compensatoire de son projet.

Cette doctrine a servi de ligne directrice à la rédaction du présent rapport.

3.1.3 Objet de l'étude

Compte tenu des caractéristiques du projet, notamment l'empiètement sur le lit mineur en phase chantier et exploitation au droit de la gare de pont de Sèvres, ce dernier nécessite l'élaboration d'un dossier d'autorisation au titre de la Loi sur l'eau. Dans le cadre de ce dossier, une étude hydraulique permettant d'évaluer les incidences du projet sur le fonctionnement hydraulique de la Seine est nécessaire.

Cette étude a pour vocation de caractériser les impacts du projet vis-à-vis du risque inondation. Compte tenu de la complexité du projet et de son périmètre (plusieurs ouvrages sont référencés en zone inondable au niveau de la boucle de Boulogne-Billancourt), une modélisation hydraulique a été réalisée.

Ce rapport présente donc les caractéristiques du modèle numérique réalisé et les incidences des phases travaux et exploitation du projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express sur les vitesses d'écoulement et les hauteurs d'eau lors de différentes crues de la Seine. Les modélisations prennent en compte les mesures de compensation volumique.

3.2 Contexte hydrologique et hydraulique

3.2.1 Hydrologie de la Seine

3.2.1.1 Le bassin versant de la Seine

Second fleuve français après la Loire par sa longueur, la Seine prend sa source en Côte-d'Or (21) sur le plateau de Langres pour se jeter après 777 km de parcours au droit de son embouchure dans la Manche, à l'extrémité de l'estuaire de la Seine, au sud du Havre (76).

Cours d'eau pour l'essentiel de plaine, la Seine a formé de multiples et profonds méandres de par sa faible déclivité. Ces méandres sont parfois d'une forte sinuosité sur plusieurs dizaines de kilomètres, comme c'est le cas pour le méandre de Boulogne-Billancourt.

A Paris, son bassin versant s'étend sur 43 800 km². Ses principaux affluents sont la Marne, l'Yonne et l'Aube.

Au droit du secteur d'étude, la Seine est navigable et aménagée. Les berges sont principalement artificialisées. A l'aval, le barrage-écluse de Suresnes, situé au droit du Bois de Boulogne, régule le niveau d'eau dans le bief comprenant le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt à 26,72 m NGF (retenue normale).

La Seine est un cours d'eau domanial. La berge et le lit appartiennent à l'État, les tronçons navigables sont gérés par l'établissement public Voies Navigables de France.

3.2.1.2 Crues historiques

Au 20ème siècle, la Seine a connu 9 crues majeures. Les quatre principales sont celle de janvier 1910, janvier 1924, janvier 1955 et janvier 1982.

La crue la plus importante est celle de janvier 1910, avec une hauteur d'eau maximale relevée au pont d'Austerlitz de 8,62 m. La durée totale de la crue avait été de 51 jours, dont 13 proches de l'amplitude maximale. Cette crue est dite « centennale ».

Les caractéristiques de la crue de 1910 servent de référence historique pour les crues exceptionnelles sur la Seine et sur la partie aval de la Marne, en application des circulaires interministérielles du 24 avril 1996 et 5 février 1998 relatives à la prise en compte du risque inondation en région Ile-de-France. Il s'agit de la crue de référence du PPRI des Hauts de Seine.

La crue de 1924 est la seconde crue majeure du 20ème siècle avec des niveaux d'eau mesurés à 7,32 m au pont d'Austerlitz à Paris. D'après les ajustements statistiques effectués lors de la cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole Francilienne, cette crue a une période de retour d'environ 30 ans.

La crue de 1955 présente des débits et hauteurs d'eau similaires à la crue de 1924. La hauteur d'eau mesurée au pont d'Austerlitz le 23 janvier 1955 est de 7,12 m. La période de retour de cette crue est également de l'ordre de 30 ans.

La crue de 1982 a eu lieu après la création des grands lacs permettant d'écrêter les crues en amont de Paris et de protéger la capitale. Cette crue est la moins importante des 4 crues majeures du 20ème siècle avec des hauteurs observées à 6,15 m au pont d'Austerlitz. Cette crue est dite décennale.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des quatre crues majeures enregistrées au pont d'Austerlitz à Paris au cours du 20ème siècle.

Tableau 30 : Hauteur d'eau mesurée au droit du pont d'Austerlitz pour les 4 crues majeures du 20ème siècle

Crues	Hauteur d'eau mesurée au pont d'Austerlitz (m)	Date de la mesure	Débit estimé au pont d'Austerlitz (m^3/s)	Période de retour estimée
Janvier 1910	8,62	28/01/1910	2 560	100 ans
Janvier 1924	7,32	06/01/1924	2 140	30 ans
Janvier 1955	7,12	23/01/1955	2 085	30 ans
Janvier 1982	6,15	14/01/1982	1 790	10 ans

Le tableau suivant présente les repères de crues disponibles sur le secteur d'étude (du pont de Garigliano à la passerelle de l'Avre) pour ces différentes crues.

Tableau 31 : Hauteur d'eau mesurée au droit des ponts du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt pour les 4 crues majeures du 20ème siècle

Source	Pont du Garigliano				Pont d'Issy			
	1982	1955	1924	1910	1982	1955	1924	1910
SNS (Subdivision de Suresnes)	30.35	31.10	31.36	32.16	30.25	31.04	31.14	31.91
Port Autonome de Paris	30.20	31.09	-	32.15	30.25	31.14	-	31.91
DRIEE IF*	30.20	31.08	31.35	32.15	-	31.04	31.14	31.91
Source	Pont de Billancourt				Pont de Sèvres			
	1982	1955	1924	1910	1982	1955	1924	1910
SNS (Subdivision de Suresnes)	29.89	30.80	30.99	31.68	29.59	30.49	30.63	31.45
Port Autonome de Paris	29.89	30.80	-	31.68	29.63	30.49	-	31.45
DRIEE IF*	-	30.80	30.99	31.68	-	30.48	30.62	31.45
Source	Pont de Saint-Cloud				Passerelle de l'Avre			
	1982	1955	1924	1910	1982	1955	1924	1910
SNS (Subdivision de Suresnes)	29.54	30.32	30.53	31.26	29.42	30.22	30.40	31.12
Port Autonome de Paris	29.64	30.32	-	31.26	29.42	30.22	-	31.12
DRIEE IF*	-	30.32	30.53	31.26	-	30.22	30.40	31.12

* Niveaux extraits du document DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM répertoriant les niveaux d'eau pour les crues de la Seine à Paris et fournit en 2011 (cf. annexe 1).

3.2.1.3 Evénements hydrologiques étudiés

Six événements hydrologique sont modélisés afin d'évaluer les éventuels impacts du projet :

- 3 crues historiques :
  - la crue de janvier 1982 (période de retour d'environ 10 ans),
  - la crue de janvier 1955 (période de retour d'environ 30 ans),
  - la crue de janvier 1910 (période de retour d'environ 100 ans) ;
- 1 crue théorique : la crue de période de retour 50 ans.

Deux évènements exceptionnels ont également été modélisés afin d'établir leur aléa :

- la crue « EA2012 R1.15 » dont le débit correspond au débit de la crue de 1910 multiplié d'un coefficient de 1.15 (période de retour d'environ 500 ans),
- la crue extrême au sens de la directive inondation et définit dans le cadre de l'élaboration des TRI (période de retour d'environ 1 000 ans).

Ces crues sont conformes aux demandes de la doctrine DRIEE intitulée « Aménagements impactant le libre écoulement des eaux ». En effet, celle-ci définie les crues à considérer lors de l'étude des impacts :

- en zone urbaine, la crue de plein bord ou faiblement débordante est à prendre en compte. Ce scénario est étudié à travers les crues de 1982 (faiblement débordante) et 1955 (faiblement débordante).
- en zone où les enjeux sont vulnérables au risque inondation, la crue de référence PPRI et crue moyenne (période de retour entre 35 et 60 ans) sont à considérer. L'étude de la crue d'occurrence 50 ans (crue moyenne) et de la crue de 1910 (crue de référence du PPRI 92) permet de répondre à cette demande ;
- en zone impactée par le chantier ou subissant des obstructions temporaires, il faut considérer au minimum la crue décennale ou la crue de période de retour 10 fois la durée du chantier en années. La crue centennale (occurrence supérieure à la crue décennale ou à 10 fois la durée des chantiers) a été considérée pour évaluer les impacts.

Le tableau suivant présente les débits des différentes crues simulées à l'aide du modèle numérique construit.

Tableau 32 : Récapitulatif des débits de crue étudiés

Crue (période de retour)	Débit (m^3/s)	Source
1982 (environ 10 ans)	1 790	DRIEE IF, 2013*
1955 (environ 30 ans)	2 085	DRIEE IF, 2011**
50 ans	2 220	Calculé par la méthode de Gumbel
1910 (environ 100 ans)	2 600	DRIEE IF, 2013
R1.15 (environ 500 ans)	2 990	Calculé (Q1910 x 1.15)
Extrême (environ 1 000 ans)	3 300	DRIEE IF, 2013

* Débits au droit du pont d'Austerlitz, extraits du rapport explicatif de la Cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole francilienne, DRIEE-IF, Décembre 2013

** Débit au droit du pont d'Austerlitz, extrait du document DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM répertoriant les niveaux d'eau pour les crues de la Seine à Paris et fournit en 2011 (cf. annexe 1).

Niveaux de crues – Source DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM

DRIEE IF - SPRN/PCPAN/UEHM

PK **AESN** : Kilométrage dans le système de repérage de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, le PK 1000.000 correspond à l'embouchure de la Seine
PK **SNS** : Kilométrage dans le système de repérage du Service de la Navigation de la Seine.

	Pont d'Austerlitz	Pont-Viaduc d'Auteuil (Pont de Garigliano)	Pont d'Issy	Pont de Billancourt	Pont RNUR	Pont de Sèvres	Pont de St Cloud	Passerelle de l'Avre	Pont de Suresnes	Barrage de Suresnes amont	Barrage de Suresnes aval	Pont de Puteaux	Pont de Neuilly	Pont de Courbevoie	Pont de Levallois	Pont SNCF d'Asnières	Pont d'Asnières	Pont de Clichy
PK AESN précision : 100 m			665.950	666.950	668.000 668.000	668.950 0.950	670.500 1.550	671.750 1.250	673.350 1.600	673.900 0.550	673.900							
PK SNS			9.342	10.342	11.162 11.162	12.012 0.850	13.492 1.480	14.782 1.290	16.432 1.650	16.822 0.390		18.072	19.322	20.662	21.692	22.532	22.652	23.612
PK en km distances partielles	-0.980	8.230	9.342	10.342	11.162	12.012	13.492	14.782	16.432	16.822		18.072	19.322	20.662	21.692	22.532	22.652	23.612
n°carte IGN Correction Lallemand-IGN69	0.34		0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Rive																		
PHEN	30.22	28.73	28.63	28.56		28.34	28.16	28.04	27.89	27.84	27.74	27.74	27.61	27.50	27.39	27.30	27.29	27.20
RN	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.72	26.73	23.56	23.56	23.56	23.56	23.56	23.56	23.56	23.56
débordement																		
submersion grave																		
Crue centennale PHEC 1910	**34.60**	**32.15**	**31.91**	**31.68**	*31.57 ?*	**31.45**	**31.26**	**31.12**	**30.97**	**30.91**	**30.80**	**30.80**	**30.49**	**30.30**	**30.19**		**30.12**	**30.01**
1920																		
1924	33.22	31.35	31.14	30.99		30.62	30.53	30.40	30.29	30.26	30.13	30.13	29.94	29.75	29.63		29.49	29.35
1936																		
1939																		
1952																		
Crue cinquantennale 1955	**33.02**	**31.08**	**31.04**	**30.80**		**30.48**	**30.32**	**30.22**	**30.00**	**29.95**	**29.77**	**29.77**	**29.68**	**29.43**	**29.32**	**29.25**	**29.20**	**29.04**
1970	31.53	29.81	29.55	29.46		29.24	29.16	29.06	28.84	28.83	28.55	28.55	28.37	28.30	28.15		28.07	27.94
1977	30.81	28.96																
1978	31.63									28.65	28.37	28.37						
Crue décennale 1982	**32.05**	**30.20**				*29.94*				**29.16**	**28.77**	**28.77**		*28.51*	*28.40*	*28.32*	*28.31*	*28.21*
1983	31.12					29.08				28.32	27.83	27.83						
1988	31.27	29.57				29.28				28.55	28.11	28.11						
1994	30.73																	
1995	30.86	29.12				28.93				28.21	27.71	27.71						
1999	31.12					29.12				28.38	27.87	27.87						
2000	31.11																	
2001	31.13					29.23				28.53	28.13	28.13						
2002	30.02					28.12				27.42								
2003	30.05					28.10				27.38								
2004	29.66					*27.68*				26.95								
2005	27.89					*26.98*				26.64								
2006	29.33					*27.41*				26.70								

Les valeurs en italique sont des cotes interpollées à partir de cotes relevées sur les profils en long du SNS ou calculées dans ce tableau.

3.2.2 Fonctionnement Hydraulique

Les crues de Seine sont des crues lentes : la montée des eaux est en général de l'ordre de 30 à 50 cm par jour. Elles sont la conséquence de plusieurs phénomènes concomitants :

- L'arrivée de fortes pluies sur les massifs amont : plateau de Langres pour la Seine, l'Aube et la Marne, plateau du Morvan pour l'Yonne et ses affluents ;
- L'imperméabilisation naturelle et temporaire (gel ou saturation des sols) ou artificielle des sols.

Les crues majeures surviennent généralement entre novembre et mars. En Ile-de-France, les inondations les plus importantes se produisent lorsqu'il y a concomitance des crues des différents affluents de la Seine. Les crues majeures sont généralement dues à la superposition des crues lentes de l'Aube, de la Seine et de la Marne avec les crues rapides de l'Yonne et des affluents de la Marne tels que le Petit et le Grand Morin.

Au droit du secteur de la boucle de la Seine à Boulogne-Billancourt, des murettes anti-crues ont été installées afin de protéger les constructions existantes contre les crues de période de retour similaires à la crue de 1924 (période de retour d'environ 30 ans).

Afin d'augmenter la protection de la capitale contre le risque inondation, quatre barrages-réservoirs ont été installés en amont de l'agglomération parisienne sur la Seine, la Marne, l'Aube et l'Yonne. Ces bassins assurent trois fonctions :

- le soutien d'étiage,
- l'alimentation en eau potable,
- l'écrêtement des crues.

Grâce aux barrages, la majeure partie de la région parisienne est protégée de crues identiques à celles de 1924 et 1955. Leur rôle écrêteur a diminué la fréquence d'apparition et a permis de réduire les temps de submersion des crues petites et moyennes. Cependant, les barrages ont un effet limité sur les crues exceptionnelles du fait de l'importance des volumes de ruissellement mis en jeu et de la limitation de leur capacité de stockage. En effet, la fonction de stockage n'est pas assurée efficacement pour des crues tardives (avril-mai) du fait du remplissage des réservoirs pendant la période hivernale.

3.2.3 Définition des classes d'impact

Les incidences du projet d'aménagement du Grand Paris Express sur les écoulements de la Seine en cas de crue sont définies selon deux critères : les impacts sur les niveaux d'eau et sur les vitesses d'écoulement. Etant donnés les enjeux différents en lit mineur et lit majeur, une distinction des classes d'impacts concernant les vitesses d'écoulement est réalisée.

Les classes d'impact sur les écoulements ont été définies comme suit :

- Classes d'impacts sur les niveaux d'eau :
  - Impact non significatif : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 1 cm. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique ;
  - Impact faible : 1 à 5 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur d'un remous très localisé créé par un petit obstacle dans une zone d'écoulement marqué (véhicule par exemple) ;
  - Impact modéré : 5 à 10 cm de différence entre les niveaux d'eau de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'amplitude des vagues générées lors des crues ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 10 cm. L'impact de l'ouvrage sur les lignes d'eau est supérieur à l'amplitude des vagues observées lors d'une crue.

- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur :
  - Impact non significatif : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 5 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle hydraulique ;
  - Impact faible : 5 à 10 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations créé par un petit obstacle (véhicules) ;
  - Impact modéré : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à un risque de changement d'une classe d'aléa ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 20 cm/s. Cette classe correspond à un risque de changement d'une à deux classes d'aléa.

- Classes d'impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur :
  - Impact non significatif : différence de vitesse d'écoulement entre l'état aménagé et l'état initial inférieure à 10 cm/s. Cette classe correspond à la plage d'incertitude du modèle sur la vitesse maximale au sein de la section en travers ;
  - Impact faible : 10 à 20 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond aux ordres de grandeur des variations naturelles des vitesses au sein d'une section en travers ;
  - Impact modéré : 20 à 30 cm/s de différence entre les vitesses de l'état aménagé et de l'état initial. Cette classe correspond à l'ordre de grandeur des accélérations de vitesses générées par une pile de pont ;
  - Impact fort : différence de niveau d'eau entre l'état aménagé et l'état initial supérieure à 30 cm/s. Cette classe correspond à une forte perturbation de l'écoulement pouvant déstabiliser des embarcations légères.

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Tableau 33 : Définition des classes d'impact par rapports aux écoulements des crues

Classe	Critère sur les différences (ΔN) de niveaux d'eau	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en lit mineur	Critère sur les différences (ΔV) de vitesses d'écoulement en lit majeur
Impact non significatif	ΔN < 1 cm	ΔV < 0.10 m/s	ΔV < 0.05 m/s
Impact faible	1 cm ≤ ΔN < 5 cm	0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s	0.05 m/s ≤ ΔV < 0.10 m/s
Impact modéré	5 cm ≤ ΔN < 10 cm	0.20 m/s ≤ ΔV < 0.30 m/s	0.10 m/s ≤ ΔV < 0.20 m/s
Impact fort	10 cm ≤ ΔN	0.30 m/s ≤ ΔV	0.20 m/s ≤ ΔV

3.3 Modélisation Hydraulique

3.3.1 Généralités

3.3.1.1 Système de mesure altimétrique

Dans la suite de l'annexe, les niveaux altimétriques sont exprimés en mètre NGF (Nivellement Général de la France) normal soit IGN 69. Ainsi, les niveaux et altitudes seront exprimés en m NGF.

3.3.1.2 Présentation du logiciel

La modélisation hydraulique a été réalisée grâce au logiciel InfoWorks® RS de la société INOVYZE. Ce logiciel permet de construire des modèles 1D-linéaire à casiers ou 2D et ainsi de réaliser des simulations en régime permanent ou transitoire. Les facteurs qui déterminent la solution sont classés suivant trois types :

- les effets hydrodynamiques : les écoulements à surface libre peuvent être décrits par les équations de Barré de Saint-Venant qui expriment la conservation de la masse et des quantités de mouvement. Elles prennent en compte l'ensemble des forces de diffusion, de gravité, et de friction sans aucune simplification. Elles sont résolues par la méthode du schéma implicite de Preissman ;
- les conditions limites internes : sous ce terme, sont regroupés les ouvrages de contrôle, les pertes de charge singulières ou les confluences/diffluences. Ces structures imposent des relations débit-hauteur aux points considérés et divisent le modèle en biefs ;
- les conditions limites externes : des conditions limites sont nécessaires aux deux extrémités amont et aval du système étudié. Elles peuvent être représentées par des relations reliant deux des paramètres débit, hauteur, temps.

Ce logiciel a été développé afin de reproduire les écoulements de la Tamise au Royaume-Uni. Ce fleuve présente des caractéristiques similaires à la Seine (largeur, pente, débits, etc.). Infoworks RS est donc bien adapté à la modélisation de la Seine à Paris.

NB : Pour ce logiciel, le remous en amont d'un ouvrage (de type pont, busage ou seuil) est calculé par la mise en charge des ouvrages, les réductions de sections induites par les culées et les piles. Pour le calcul des pertes de charge d'un ouvrage, il n'utilise pas les fentes de Preissman, principalement utilisées pour modéliser un long linéaire de cours d'eau couvert par un écoulement à surface libre.

3.3.1.3 Emprise du modèle hydraulique

L'emprise du modèle a été définie de manière à intégrer l'ensemble des gares, ouvrages annexes et emprises travaux situées en zone inondable pour une crue millénale.

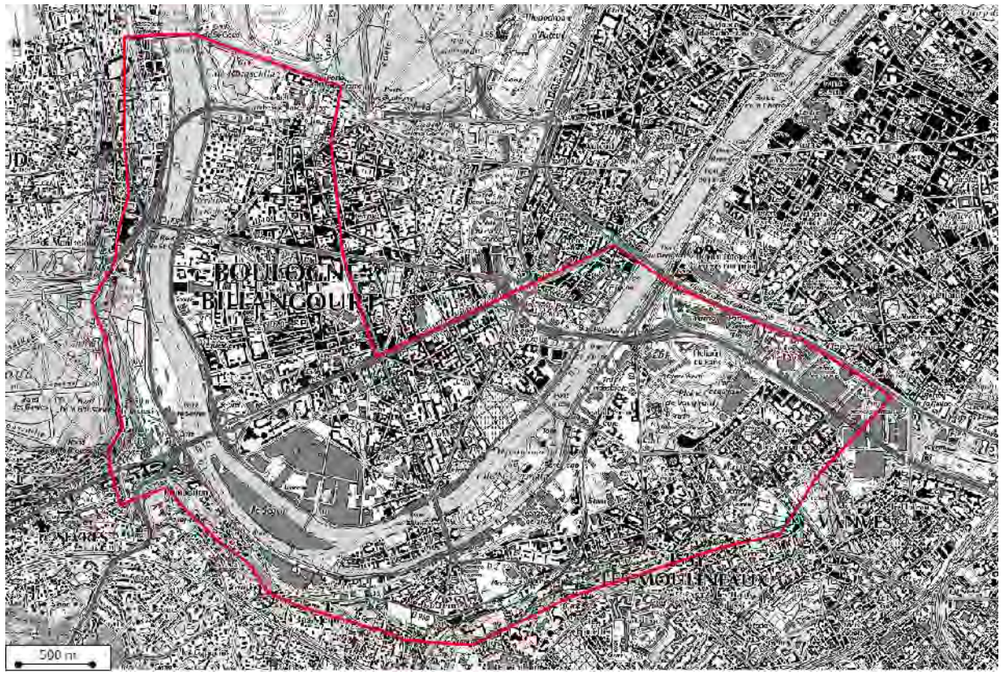
Les limites latérales du modèle ont donc été choisies de manière à intégrer la totalité de la zone inondable telle que définie dans la cartographie de l'événement millénale par la DRIEE-IF.

La condition limite aval est prise au droit d'observation historiques et de résultats de modélisations validées obtenus pour la réalisation du PPRI et du TRI ce qui permet des modèles plus court avec une condition aval réaliste. Ainsi, les éventuelles incertitudes sur la condition limite aval sont liées aux incertitudes des observations ou des modèles hydrauliques validés. Pour rappel, l'objectif est de comparer un état aménagé à un état de référence réaliste.

La limite aval du modèle a été choisie au niveau de la passerelle de l'Avre. Au droit de cet ouvrages, les niveaux d'eau historiques sont connus et validés. En effet, ils ont été soit mesurés lors de crues historiques, soit calculés et validés par modélisation lors de l'élaboration des TRI. Ainsi, les éventuelles incertitudes sur la condition limite aval sont négligeables (incertitude de la mesure ou du modèle hydraulique).

La condition limite amont a été choisie au pont de Garigliano, suffisamment loin en amont des principales zones d'études (Ile de Monsieur et Pont de Sèvres) afin de se placer, le plus possible, en dehors de la zone des éventuelles incidences du projet.

L'emprise du modèle est présentée sur la cartographie suivante.



Carte 103 : Emprise du modèle hydraulique

3.3.2 Construction du modèle hydraulique – Etat de référence

3.3.2.1 Données de construction

Les données utilisées pour la construction du modèle hydraulique sont :

- Les données bathymétriques pour le chenal de navigation, fournies par Voies Navigables de France (2009).
- Le Modèle Numérique de Terrain obtenu par des relevés LIDAR (pas d'espace de 1 m, précision altimétrique de 0.2 m), fourni par l'Institut Géographique National (2014).
- L'implantation des bâtiments (couche de la BDtopo référençant les bâtiments) acquis auprès de l'IGN (2009).
- Les profils en long des murettes anti-crue, fournies par le CG92 (1995).
- L'occupation du sol (Corine Land Cover, 2006).
- Le fond de plan cartographique acquis auprès de l'IGN (SCAN 25, 2008).
- Les photos aériennes acquises auprès de l'IGN (BDortho, 2012).
- Le rapport explicatif de la cartographie des zones inondables et des risques inondation du TRI Métropole francilienne (DRIEE IF, décembre 2013).
- Les données disponibles auprès de la maîtrise d'œuvre (plans, coupes, topographie, etc.) au droit des futurs aménagements (SETEC, octobre 2014).

3.3.2.2 Architecture du modèle

Le modèle construit repose sur le couplage d'un modèle filaire à une dimension avec un maillage en deux dimensions :

- les écoulements au sein du lit mineur de la Seine étant principalement monodirectionnels, celui –ci est modélisé en une dimension (modèle filaire) ;
- les lits majeurs en rive droite et rive gauche sont modélisées en deux dimensions afin de reproduire de manière fidèle les écoulements complexes des crues (forte urbanisation, présence de remblais jouant le rôle de digue (route, voie ferrée, etc.)).

a. Construction du lit mineur

Le modèle hydraulique filaire est composé de 84 profils en travers dont 58 sur le bras principal de la Seine (bras droit) soit environ 1 profil tous les 120 m. Le nombre de profil en travers a été densifié (environ 1 profil tous les 30 m) au droit de la future gare de Pont de Sèvres et au droit du futur puits d'attaque de l'Ile de Monsieur afin d'étudier plus précisément les éventuels impacts en lit mineur.

11 ouvrages transversaux (exclusivement des ouvrages de franchissement) ont été modélisés afin de reproduire leurs influences sur les écoulements.

Profil en travers

Le lit mineur de la Seine (bras droit et bras gauche au droit de l'Ile Seguin) est construit sur la base des données bathymétrique de VNF (pour les fonds de lit des cours d'eau) et sur les données LIDAR pour les berges.

La jonction entre les deux types de données est réalisé par interpolation et en considérant une pente des berges plus ou moins verticale (berges quasiment verticale au droit des quais et pente plus douce lorsque la berge est végétalisée).

Au droit du projet de la gare de pont de Sèvres, la géométrie des berges étant disponible sur les plans en coupe établis par la maitrise d'œuvre, celle-ci a été intégrée au profil au travers (géométrie plus précise que les données LIDAR).

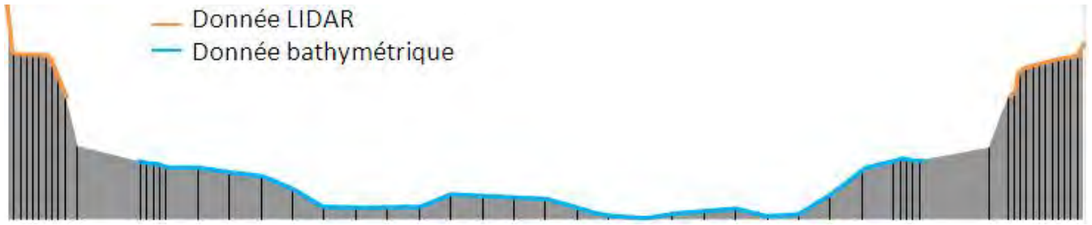


Figure 6 : Exemple d'interpolation entre les données LIDAR et bathymétriques

Pour le bras gauche de l'Ile Saint-Germain où aucune donnée bathymétrique n'est disponible, des profils types ont été construits. Les profils ont été construits de manière à avoir une pente moyenne entre les profils amont et aval de l'Ile. Leur largeur ont été fixées à partir des données MNT.

La forme des profils construits est basée sur la forme générale des profils amont et aval comme présentée sur la figure suivante. Les pieds de berge et le fond du lit sont déterminés par interpolation entre les profils amont et aval.



Figure 7 : Exemple d'un profil situé sur le bras gauche de la Seine au niveau de l'Ile Saint-Germain

Ouvrages de franchissement

Pour les ponts dont la géométrie (largeur des arches, nombre de piles, altimétrie de l'arche…) est imprécise, des hypothèses ont été fixées afin de reproduire au mieux les conditions d'écoulement.

Le nombre et les dimensions des piles de ponts ont été fixés à partir des observations de terrains et des données disponibles (photos, schémas des ouvrages, présence des piles sur la bathymétrie…). La longueur des piles est supposée égale à la largeur des tabliers des ponts.

La mise en charge de chaque ouvrage a été appréciée sur la base des données disponibles (MNT, observations in situ, plans disponibles) afin de représenter au mieux l'influence de l'ouvrage sur les écoulements (accélération des vitesses et augmentation des niveaux d'eau).

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques retenues pour les ouvrages de franchissement afin de les modéliser.

Tableau 34 : Caractéristiques des pont situés entre le pont de Garigliano et la passerelle de l'Avre

Pont	Nombre de pile	Largeur de la pile (m)	Niveau altimétrique du tablier* (m NGF)	Epaisseur estimée du tablier (m)	Niveau sous poutre supposé (m NGF)	Niveau crue 1910 (m NGF)
Boulevard Périphérique	2	5	41	5	36	>32.15
Issy (Bras droit)	1	3	36	3	33	31.91
Issy (Bras gauche)	1	3	36	3	33	31.91
Parc de l'Ile Saint Germain	0	0	31.5	2.5**	29	>31.91
Billancourt (Bras droit)	1	4	36	3	33	31.68
Billancourt (Bras gauche)	0	0	33	2.5**	31.5	31.68
Seibert***	0	0	37	2	35	>31.68
Daydé	2	4	36.5	2	34.5	>31.68
Renault	1	3	37.5	4	33.5	>31.68
Sèvres	3	5	38	4	34	31.45
Saint Cloud	4	2	34.5	3	31.5	31.26
A13	2	3.5	36.5	4	34.5	>31.26

*Niveau estimé à partir des données LIDAR à proximité immédiate des ponts.
**Epaisseur estimée lors des observation in situ.
*** Non modélisé : aucune pile en lit mineur et cote sous-poutre du tablier supérieure à la cote de la crue millénale telle que définie par la cartographie de l'évènement extrême dans le cadre du TRI métropole francilienne.

b.Construction du lit majeur

Le lit majeur est construit sur la base des données LIDAR et des données disponibles sur les bâtiments existants (BDtopo IGN). Les données concernant les bâtiments datant de 2009, une mise à jour a été effectuée sur la base de la BDortho (IGN, 2012). Ainsi, des bâtiments non existant en 2009 ont été pris en compte. Les bâtiments sont modélisés en tant qu'obstacles insubmersibles.

L'aménagement de l'île Seguin n'a pas été pris en compte dans la modélisation hydraulique. En effet, cette île est insubmersible pour une crue de type 1910 : les futurs bâtiments n'auront donc pas d'impact sur les caractéristiques de l'écoulement. De plus, cet aménagement ne prévoit pas, à priori, de modification de lit mineur. Les incidences dues aux ouvrages de la ligne 15 sud seront alors inchangées.

Les données MNT ont été retravaillées ponctuellement afin d'intégrer les tunnels et ouvertures au sein des remblais permettant l'inondation des secteurs situés derrière ces barrières naturelles.

Le maillage est constitué, pour l'état initial, de 124 864 mailles dont la surface varie de 1 m² à 500 m². Le maillage a été densifié au droit des futurs aménagements et travaux afin d'en mesurer plus finement les incidences. Ainsi, la surface des mailles y est au maximum de 50 m².

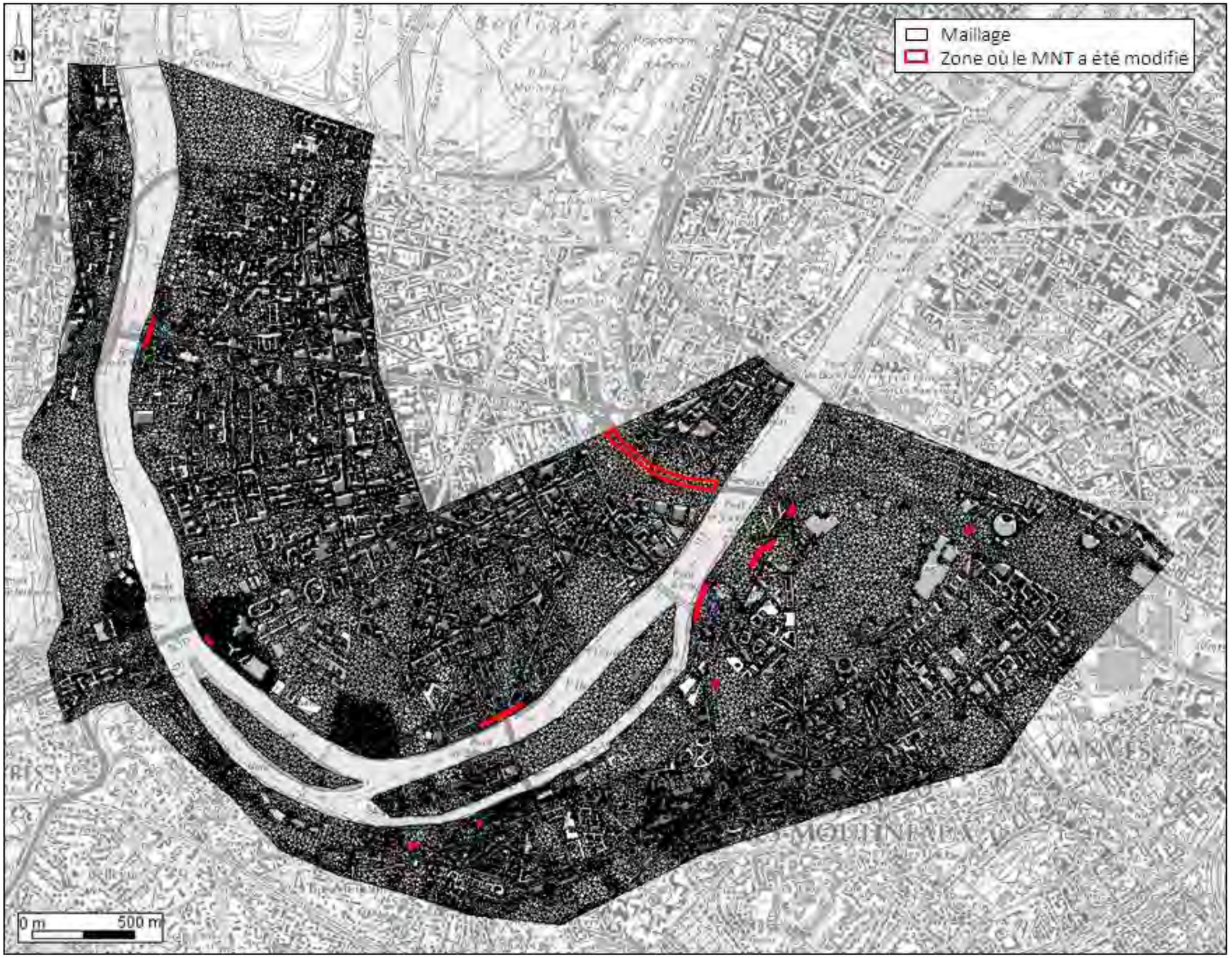
Le maillage ainsi que les zones au droit desquelles le MNT a été retravaillé sont présentés sur la cartographie figurant page 24.

c. Interface lit mineur / lit majeur

Les connexions entre le lit mineur et le lit majeur sont assurées par des surverses latérales. Ces surverses sont construites :

- sur la base des données altimétriques fournies par le CG92 pour les murettes anti-crue lorsqu'elles existent. De manière générale, les murettes protègent contre les crues de type 1924 ou 1955 ;
- à partir du LIDAR lorsqu'aucune murette n'est existante (Ile Seguin et Ile Saint Germain) : le niveau des surverses correspond au niveau du terrain naturel.

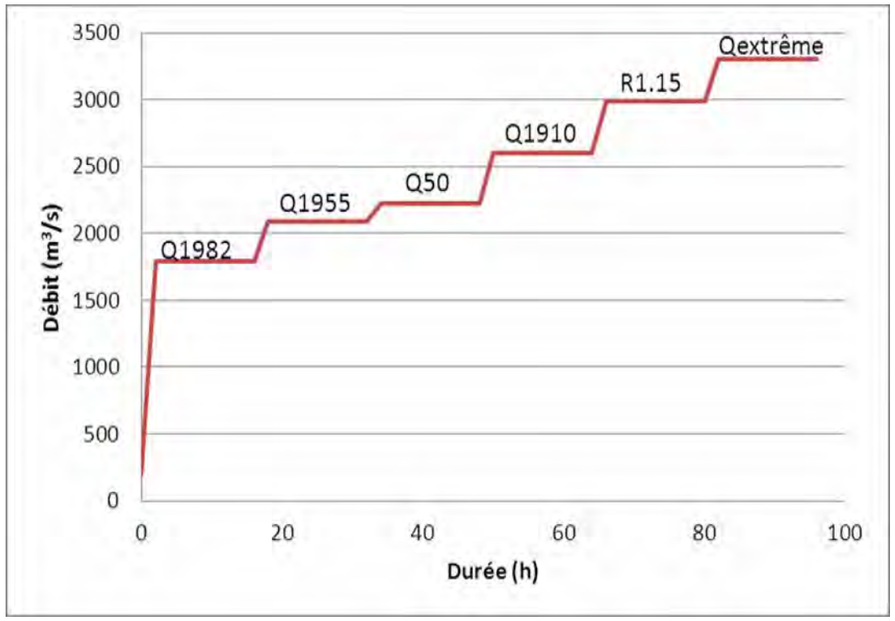
124 surverses latérales ont ainsi été construites afin d'assurer la connexion entre le modèle 1D et le modèle 2D.



Carte 104 : Présentation du maillage modélisant le lit majeur

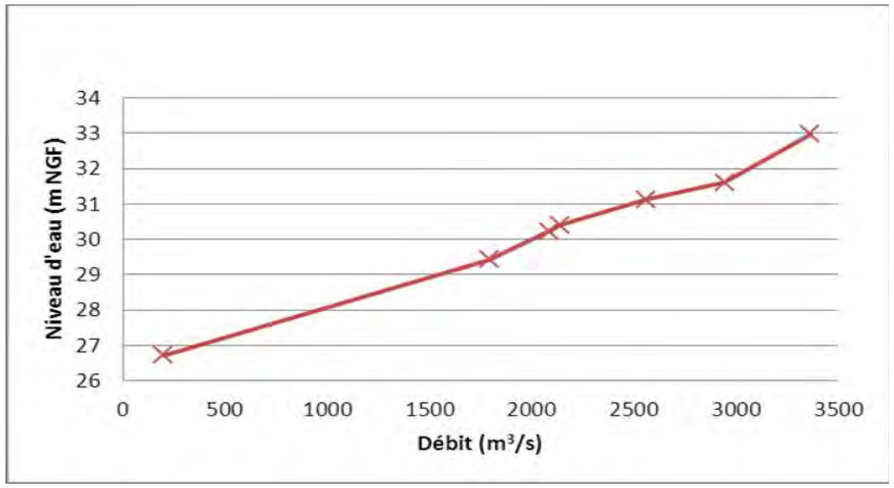
3.3.2.3 Conditions aux limites

Les conditions limites amont sont les débits des différentes crues étudiées (cf. paragraphe 2.1.3). L'évolution de la condition limite amont dans le temps est présentée sur le graphique suivant.



Graphique 29 : Condition limite amont du modèle hydraulique

La condition limite aval du modèle est une loi niveau-débit construite à partir des repères de crues disponibles. Le graphique suivant représente la condition limite aval au niveau de la passerelle de l'Avre.



Graphique 30 : Condition limite aval du modèle hydraulique

3.3.3 Régime de simulation

Les crues de la Seine sont des crues lentes et durent plusieurs jours (13 jours proche de l'amplitude maximale pour la crue de 1910).

Afin de reproduire les inondations de la Seine les simulations ont été réalisées en régime pseudo-permanent : le débit de chaque évènement est injecté pendant une durée suffisamment longue afin que la ligne d'eau devienne stable sur l'ensemble de la zone modélisée.

Ainsi, les durées de simulation ont été ajustées de manières à avoir des lignes d'eau stabilisées en lit mineur et en lit majeur pendant au moins deux heures.

3.3.4 Calage du modèle hydraulique – Etat de référence

3.3.4.1 Principe

Le calage consiste à injecter le débit total mesuré lors d'un évènement historique en entrée du modèle et à ajuster les paramètres de modélisation (rugosité des lits mineur et majeur) afin d'obtenir les niveaux d'eau des repères de crues et les emprises de zones inondables observées lors de ce même évènement.

3.3.4.2 Crues de calage

Le calage du lit mineur est réalisé à partir des niveaux d'eau des crues de 1982 (crue non débordante), 1955 et 1910 et des débits correspondants présentés au paragraphe 2. Ainsi :

- le calage du lit mineur est effectué pour la crue de 1982 (crue non débordante) ;
- le calage des coefficients de rugosité du lit majeur est effectué pour la crue centennale (1910) ;
- la crue de 1955 sert de crue de validation des paramètres.

3.3.4.3 Résultats du calage

Le calage des coefficients de rugosité du lit mineur est réalisé grâce à la crue historique non débordante de 1982. Cette étape a permis de fixer la rugosité du lit mineur de la Seine. Afin d'obtenir des niveaux d'eaux modélisés similaires aux niveaux d'eau historiques, les coefficients de Manning (n, paramètre de rugosité) ont été fixés entre 0.03 $s.m^{-1/3}$ et 0.034 $s.m^{-1/3}$. Ces valeurs sont proches de celle généralement admises pour un lit naturel propre à fond rugueux (n = 0.03 $s.m^{-1/3}$).

Les résultats du calage du lit mineur sont présentés dans le tableau suivant. L'écart moyen calculé entre la ligne d'eau modélisée et les niveaux d'eau mesurés pour la crue de 1982 est de 4 cm à 6 cm, correspondant à l'ordre de grandeur de la précision absolue du modèle. Le lit mineur est donc convenablement calé avec des coefficients de rugosité réalistes.

Tableau 35 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1982

Pont	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau mesuré (m NGF)			Δ = Nmodélisé – Nmesuré (m)		
		SNS	Port de Paris	DRIEE	SNS	Port de Paris	DRIEE
Garigliano	30.29	30.35	30.2	30.2	-0.06	0.09	0.09
Issy	30.15	30.25	30.25	-	-0.10	-0.10	-
Billancourt (Bras droit)	29.90	29.89	29.89	-	0.01	0.01	-
Sèvres	29.68	29.59	29.63	-	0.09	0.05	-
Saint Cloud	29.54	29.54	29.64	-	0.00	-0.10	-
Avre	29.43	29.42	29.42	-	0.01	0.01	-
Ecart maximal (m)					0.10	0.10	0.09
Ecart moyen (m)					0.04	0.06	0.09

Le calage du lit majeur est réalisé grâce à la crue historique débordante de 1910. Cette étape a permis de fixer la rugosité du lit majeur de la Seine. Afin d'obtenir des niveaux d'eaux modélisés similaires aux niveaux d'eau historiques, les coefficients de Manning (n, paramètre de rugosité) ont été fixé à :

- 0.04 $s.m^{-1/3}$ pour les parcs,
- 0.10 $s.m^{-1/3}$ pour les espaces urbanisés.

Les résultats du calage du lit majeur sont présentés dans le tableau suivant. L'écart moyen calculé entre la ligne d'eau modélisée et les niveaux d'eau mesurés pour la crue de 1910 est d'environ 4 cm, correspondant à l'ordre de grandeur de la précision absolue du modèle. Le lit majeur est donc convenablement calé avec des coefficients de rugosité réalistes.

Tableau 36 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1910

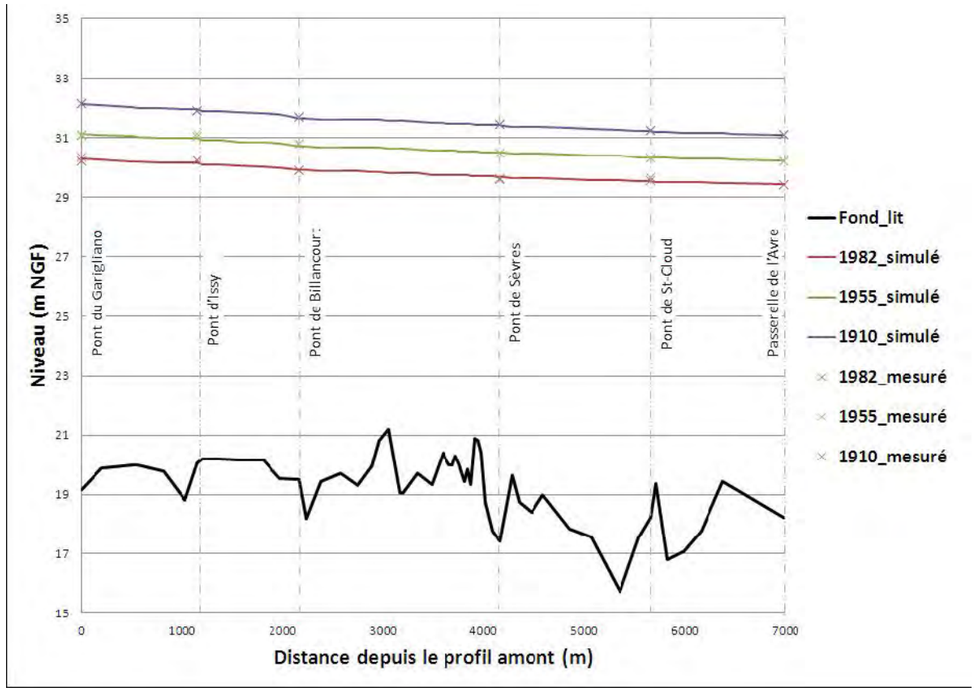
Pont	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau mesuré (m NGF)			Δ = Nmodélisé – Nmesuré (m)		
		SNS	Port de Paris	DRIEE	SNS	Port de Paris	DRIEE
Garigliano	32.11	32.16	32.15	32.15	-0.05	-0.04	-0.04
Issy	31.97	31.91	31.91	31.91	0.06	0.06	0.06
Billancourt (Bras droit)	31.66	31.68	31.68	31.68	-0.02	-0.02	-0.02
Sèvres	31.42	31.45	31.45	31.45	-0.03	-0.03	-0.03
Saint Cloud	31.23	31.26	31.26	31.26	-0.03	-0.03	-0.03
Avre	31.08	31.12	31.12	31.12	-0.04	-0.04	-0.04
Ecart maximal (m)					0.05	0.05	0.05
Ecart moyen (m)					0.04	0.04	0.04

La crue de 1955, dont le débit et les niveaux d'eau au droit des ponts sont connus, permet de vérifier le calage du modèle hydraulique. Malgré un écart ponctuel de 16 cm, l'écart moyen calculé

Tableau 37 : Comparaison des niveaux d'eau modélisés et mesurés pour la crue de 1955

Pont	Niveau modélisé (m NGF)	Niveau mesuré (m NGF)			Δ = Nmodélisé – Nmesuré (m)		
		SNS	Port de Paris	DRIEE	SNS	Port de Paris	DRIEE
Garigliano	31.12	31.10	31.09	31.08	0.02	0.03	0.04
Issy	30.98	31.04	31.14	31.04	-0.06	-0.16	-0.06
Billancourt (Bras droit)	30.71	30.80	30.80	30.80	-0.09	-0.09	-0.09
Sèvres	30.51	30.49	30.49	30.48	0.02	0.02	0.03
Saint Cloud	30.35	30.32	30.32	30.32	0.03	0.03	0.03
Avre	30.21	30.22	30.22	30.22	-0.01	-0.01	-0.01
Ecart maximal (m)					0.09	0.16	0.09
Ecart moyen (m)					0.04	0.06	0.04

Le graphique suivant présente les lignes d'eau calculées comparativement aux niveaux d'eau observés lors des événements hydrologiques de calage (1982, 1955 et 1910).



Graphique 31 : Comparaison des niveaux d'eau simulés et mesurés pour les crues de 1910, 1955 et 1982

3.3.5 Test de sensibilité

Dans les règles de l'art, la condition limite aval d'un modèle hydraulique peut être soit :

- une cote fiable extraite de repère de crues ou de documents réglementaires découlant d'un modèle hydraulique reconnu, approuvé et validé par les services de l'Etat ;
- une cote incertaine : aucune mesure disponible, cote estimée à partir de souvenir, de calcul hydraulique empirique ou de la hauteur normale (pas d'influence d'éventuel ouvrage aval).

La disponibilité de valeurs fiables permet de créer des modèles hydrauliques courts. En effet, ces valeurs prennent en compte les influences des ouvrages situés en aval du modèle et pouvant influencer les conditions d'écoulement. Ainsi, grâce à une condition limite aval ne présentant pas ou peu d'incertitude, les lignes d'eau simulées par la modélisation sont réalistes (ce qui est confirmé par le calage du modèle).

A l'inverse, si aucune valeur fiable n'est disponible, le modèle hydraulique doit posséder une longueur suffisamment importante afin de s'affranchir des incertitudes liées à la condition limite aval. Dans ce cas un test de sensibilité doit être réalisé afin de quantifier l'impact de cette donnée d'entrée incertaine sur les résultats du modèle et de s'assurer de la validité de la modélisation (modèle suffisamment long pour que la zone étudiée ne soit pas influencée par la condition limite aval).

Dans le cas du modèle hydraulique de la Seine du Pont de Garigliano à la passerelle de l'Avre, les conditions limites aval correspondent à des niveaux d'eau mesurés pour des crues historiques. Il s'agit donc de données connues et validées. Les repères de crues disponibles au droit de la passerelle de l'Avre sont rappellés dans le tableau suivant.

Repères de crues disponibles à la passerelle de l'Avre

Source	1982	1955	1924	1910
SNS (Subdivision de Suresnes)	29.42	30.22	30.40	31.12
Port Autonome de Paris	29.42	30.22	-	31.12
DRIEE IF*	-	30.22	30.40	31.12
PPRI 92 (carte des aléas)	-	-	-	31.12
Valeur retenue pour la condition limite aval	29.42	30.22	30.40	31.12

* Niveaux extraits du document DRIEE IF – SPRN/PCPAN/UEHM répertoriant les niveaux d'eau pour les crues de la Seine à Paris et fournit en 2011 (cf. tableau 5, page 137).

Le tableau précédent montre que la condition limite aval a été extraite d'au moins deux sources différentes (trois pour la crues de 1955 et quatre pour la crues de 1910). De plus, concernant la crue de 1910, la cote de crue est disponible dans le PPRI 92, document réglementaire approuvé, reconnu et validé par les services de l'Etat. La condition limite aval du modèle hydraulique peut donc être qualifiée de fiable.

Dans ce cas, la possibilité de créer un modèle court, basé sur ces valeurs fiables, est réaliste et suffisante.

De plus, le modèle est calé convenablement (cf. paragraphe 3.3.4) : les lignes d'eau simulées sont cohérentes avec les mesures historiques sur le secteur d'études. Les niveaux d'eau au droit des zones impactées par le projet étant réalistes et la condition limite aval fiable, un test de sensibilité sur cette dernière n'est pas nécessaire.

Enfin, il convient de rappeler que l'objectif des modélisations est d'étudier l'impact du projet sur les écoulements et non la détermination de niveaux d'inondation (ceux-ci étant déjà déterminés dans le cadre des études hydraulique pour l'établissement des cartes PPRi et TRI). Par conséquent, la seule modification entre les états initiaux et les phases aménagées (travaux et exploitation) consiste en l'intégration des ouvrages qui seront créés. Les différents états modélisés (initial et travaux/exploitation) possèdent donc les mêmes conditions aval (il en est de même pour les coefficients de rugosité, ouvrages hors travaux, etc.) afin de ne pas introduire de perturbations autres que les travaux envisagés.

3.4 Incidences hydrauliques du projet

3.4.1 Etat de référence

3.4.1.1 Descriptifs des zones inondées en fonction des crues simulées

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982, d'occurrence décennale, est une crue non débordante : aucune inondation du lit majeure n'est observée.

Cette crue étant contenue dans le lit mineur, seuls des ouvrages qui y sont implantés peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement.

b. Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955, d'occurrence environ trente ans, est une crue faiblement débordante. En effet, comme le montre les cartographies ci-après, les seules inondations observées lors de cet évènement se situent au niveau de l'Ile Saint Germain et en aval immédiat du pont de Sèvres, en rive gauche.

Ainsi, seuls des ouvrages présents au droit de ces zones ou en lit mineur peuvent avoir une incidence sur les caractéristiques de l'écoulement. L'Ouvrage Annexe (OA) Ile de Monsieur, en partie inondé par cette crue sera donc le seul ouvrage annexe à pouvoir générer un impact en lit majeur.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont faibles (inférieures à 0,2 m/s). Les hauteurs de submersion varient entre 0 et 1,5 m en aval du pont de Sèvres et entre 0 et 2 m sur l'Ile St-Germain.

c. Crue cinquantennale

La crue d'occurrence cinquante ans présente des débordements similaires à la crue de 1955. Les zones inondables sont toutefois légèrement plus étendues que celles de la crue historique.

Les ouvrages risquant de modifier les conditions d'écoulement sont les mêmes que pour la crue de 1955. L'Ouvrage Annexe (OA) Ile de Monsieur, en partie inondé par cette crue sera a donc le seul ouvrage annexe à pouvoir générer un impact en lit majeur.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont faibles (inférieures à 0,2 m/s). Les hauteurs de submersion varient entre 0 et 1,5 m en aval du pont de Sèvres et entre 0 et 2 m sur l'Ile St-Germain.

d. Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence centennale, est la crue de référence du PPRI 92. Cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Ainsi, tout ouvrage présent dans la zone inondable telle que définie au PPRI des Hauts de Seine peut influer sur les caractéristiques des écoulements de la Seine.

Les ouvrages inondés par cette crue sont : l'OA ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA Place de la Résistance.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont majoritairement faibles (inférieures à 0,2 m/s). Des vitesses modérées sont toutefois observables au droit de l'Ile Saint Germain et en aval du pont de Sèvres. Les hauteurs de submersion varient entre 0 et 1,5 m en aval du pont de Sèvres et entre 0 et 2 m sur l'Ile St-Germain.

3.4.1.2 Présentation des résultats

Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau calculés pour chacune des crues au droit des ouvrages de la ligne 15 Sud.

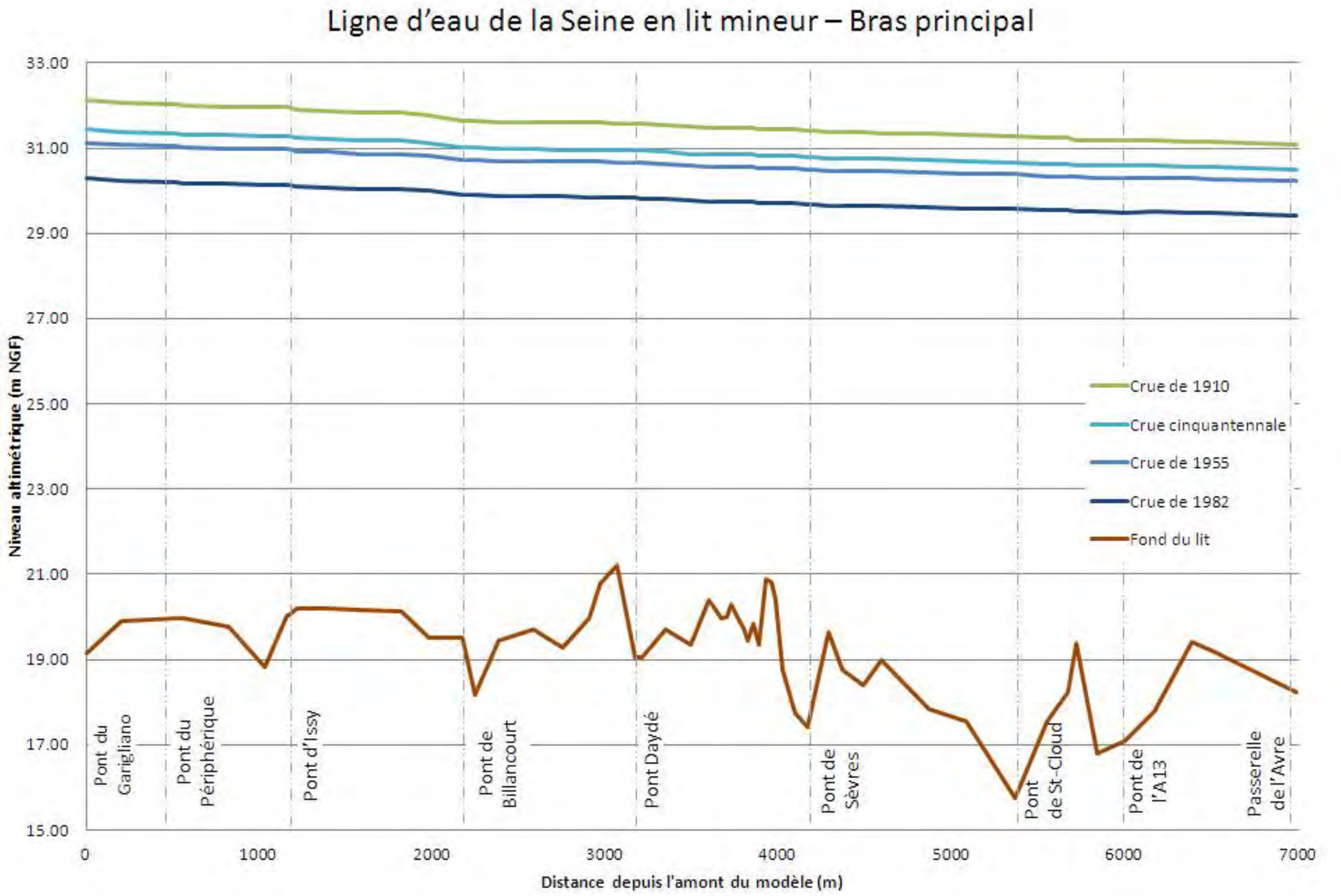
Tableau 38 : Niveaux d'eaux simulés au droit des ouvrages

Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF)			
	1982	1955	Q50	1910
OA Ile de Monsieur	29.65	30.47	30.77	31.40
Gare Pont de Sèvres	29.73	30.56	30.85	31.49
OA ZAC SEAM	29.83*	30.65*	30.96*	31.58
OA Place de la Résistance	29.95*	30.76*	31.06*	31.68

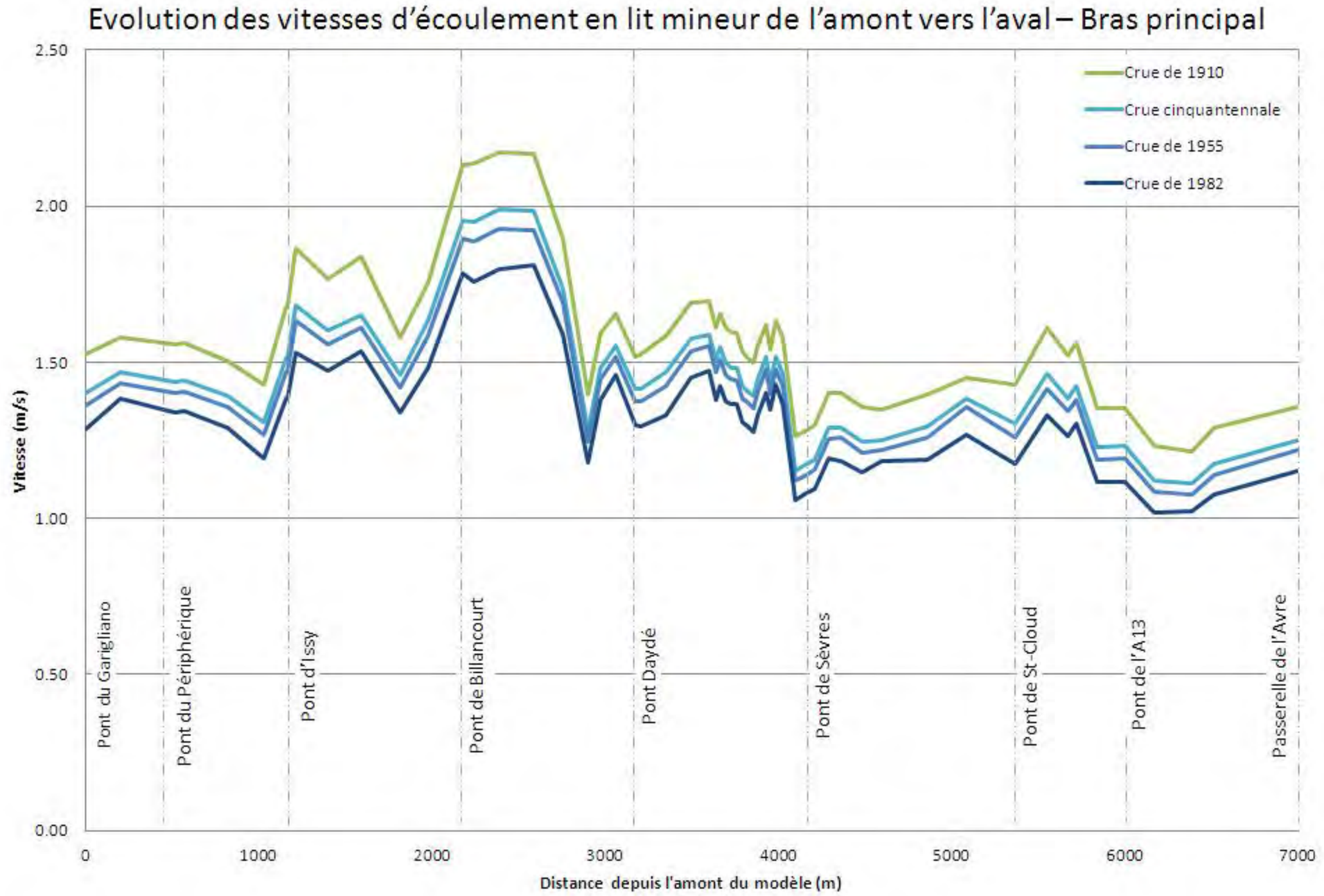
* niveau d'eau simulé dans le lit mineur (ouvrage non inondé lors de la crue)

Les graphiques, figurant pages suivantes, présentent les profils en long des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement sur le bras principal de la Seine obtenues lors de la simulation des différentes crues.

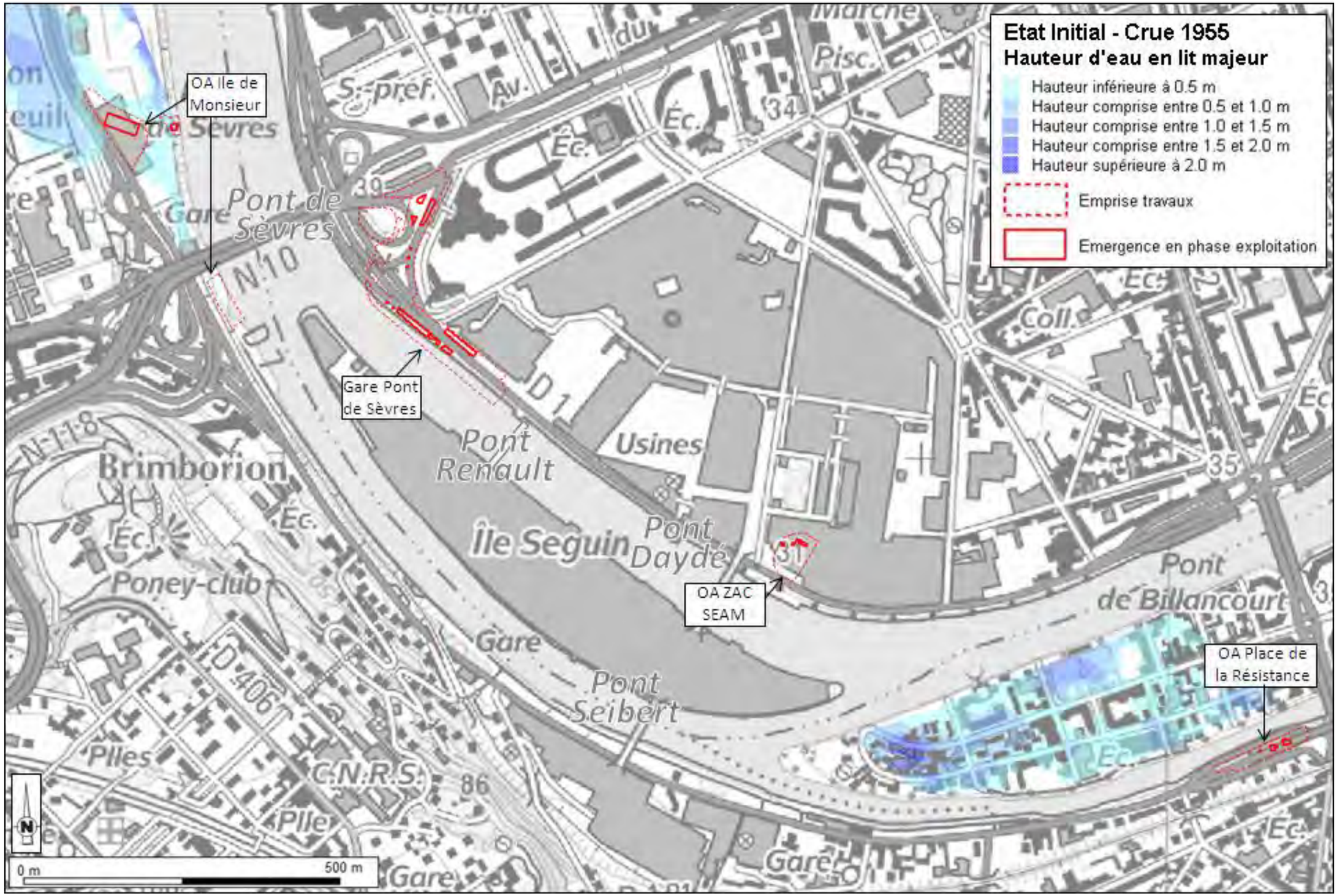
Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement en lit majeur obtenues par la simulation des crues débordantes sont présentées à la suite des profils en long des lignes d'eau et des vitesses d'écoulement des différents évènements.



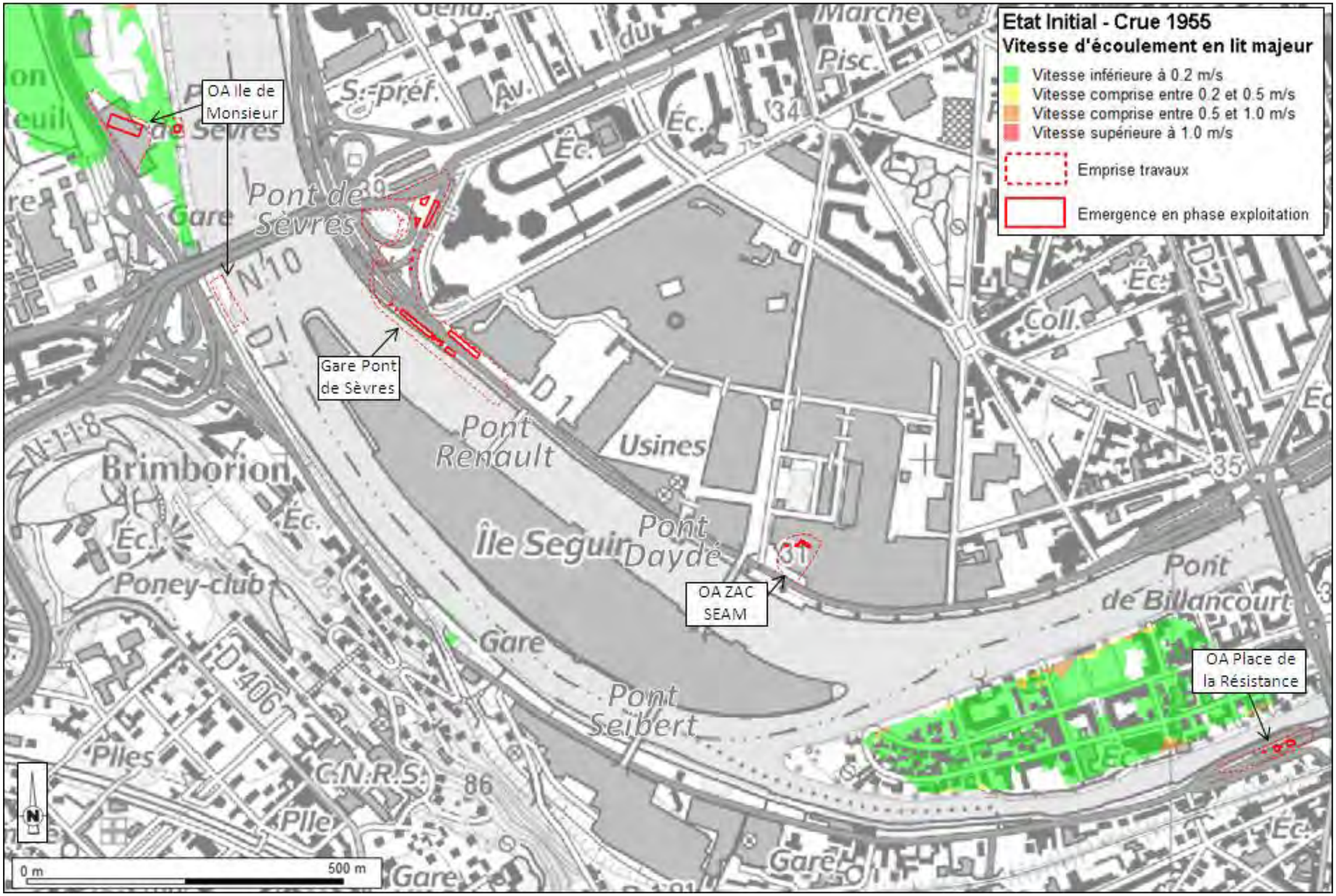
Graphique 32 : Ligne d'eau de la Seine en lit mineur – Bras principal



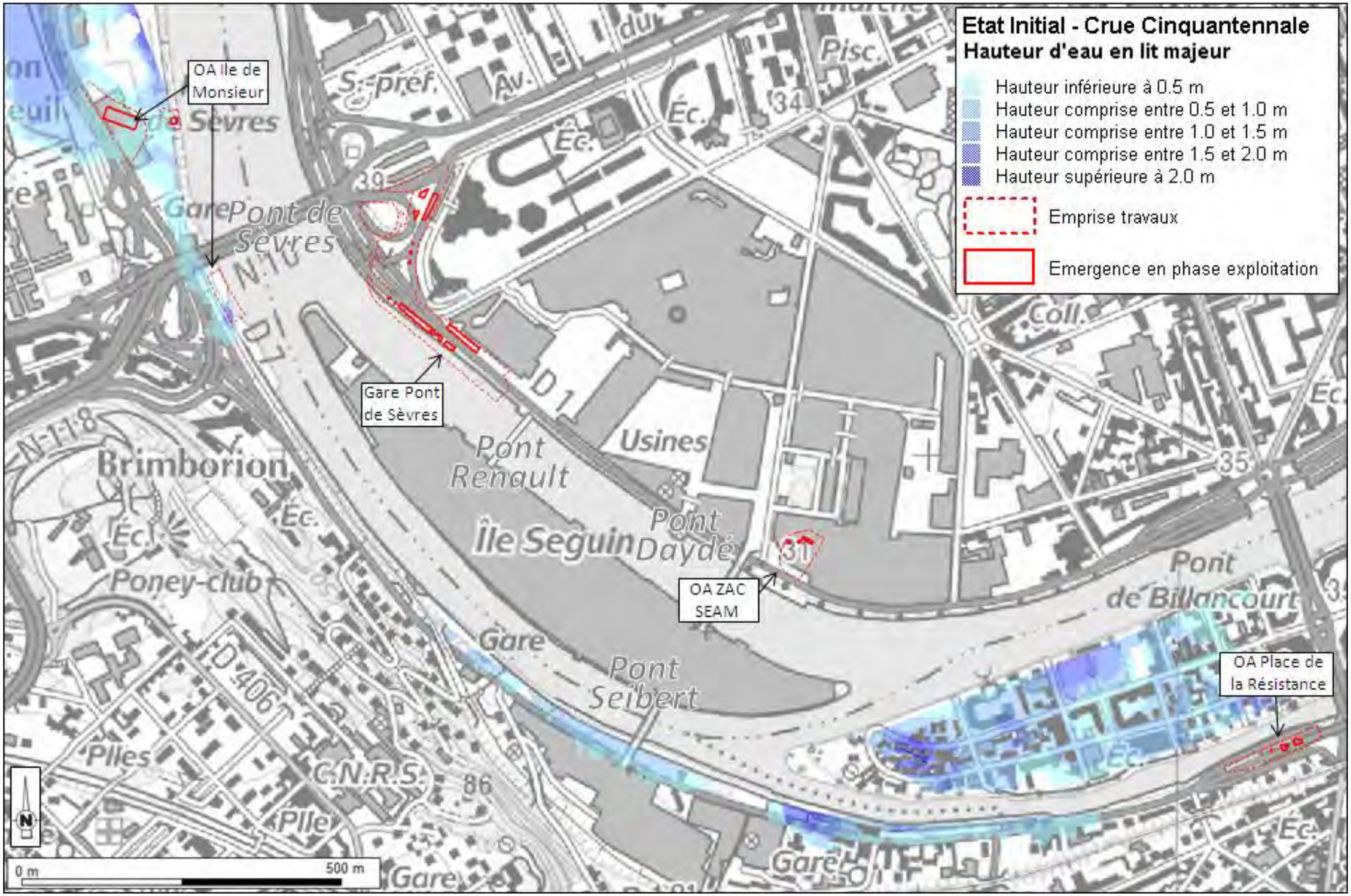
Graphique 33 : Evolution des vitesses d'écoulement en lit mineur de l'amont vers l'aval – Bras principal



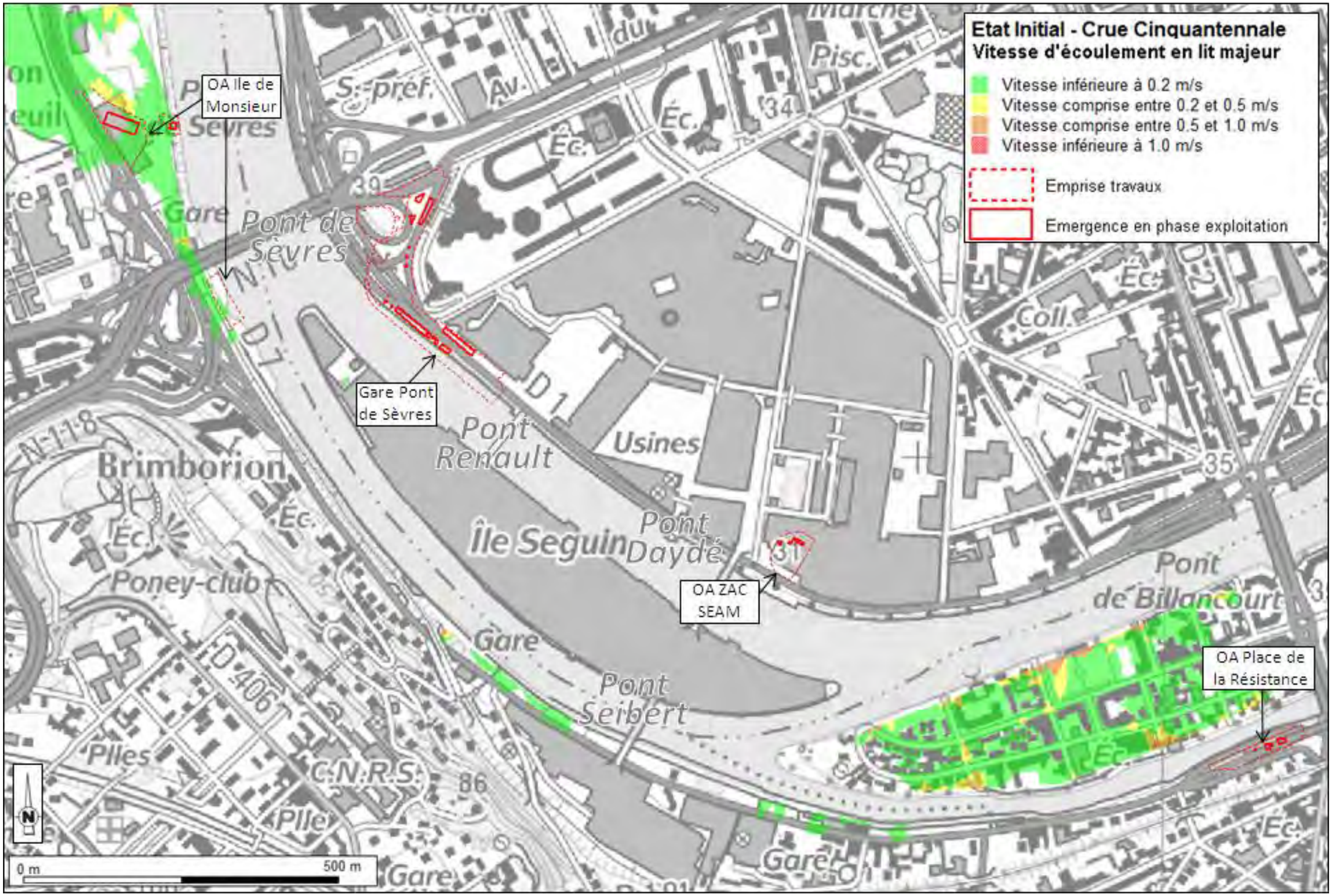
Carte 105 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur– Crue 1955



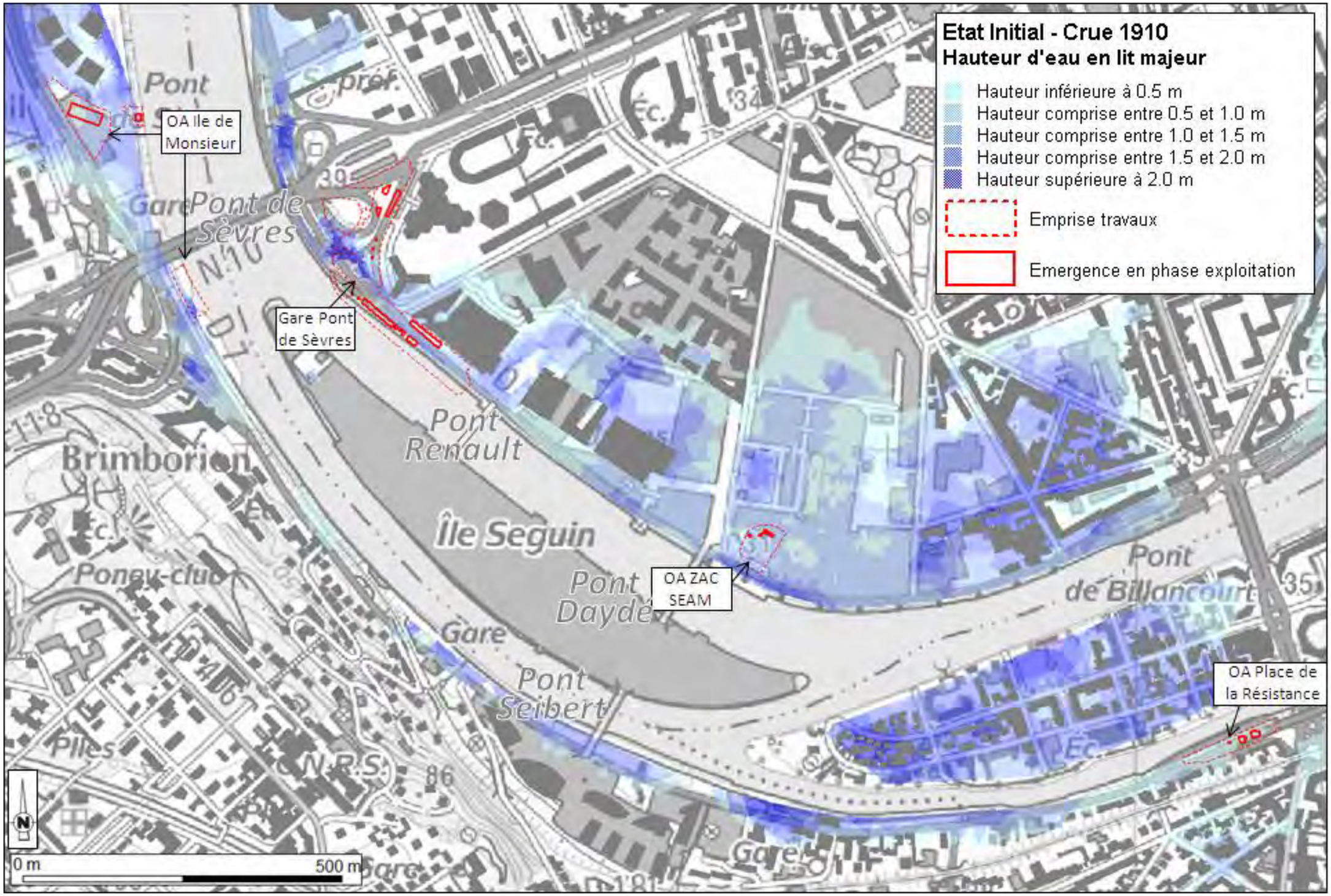
Carte 106 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1955



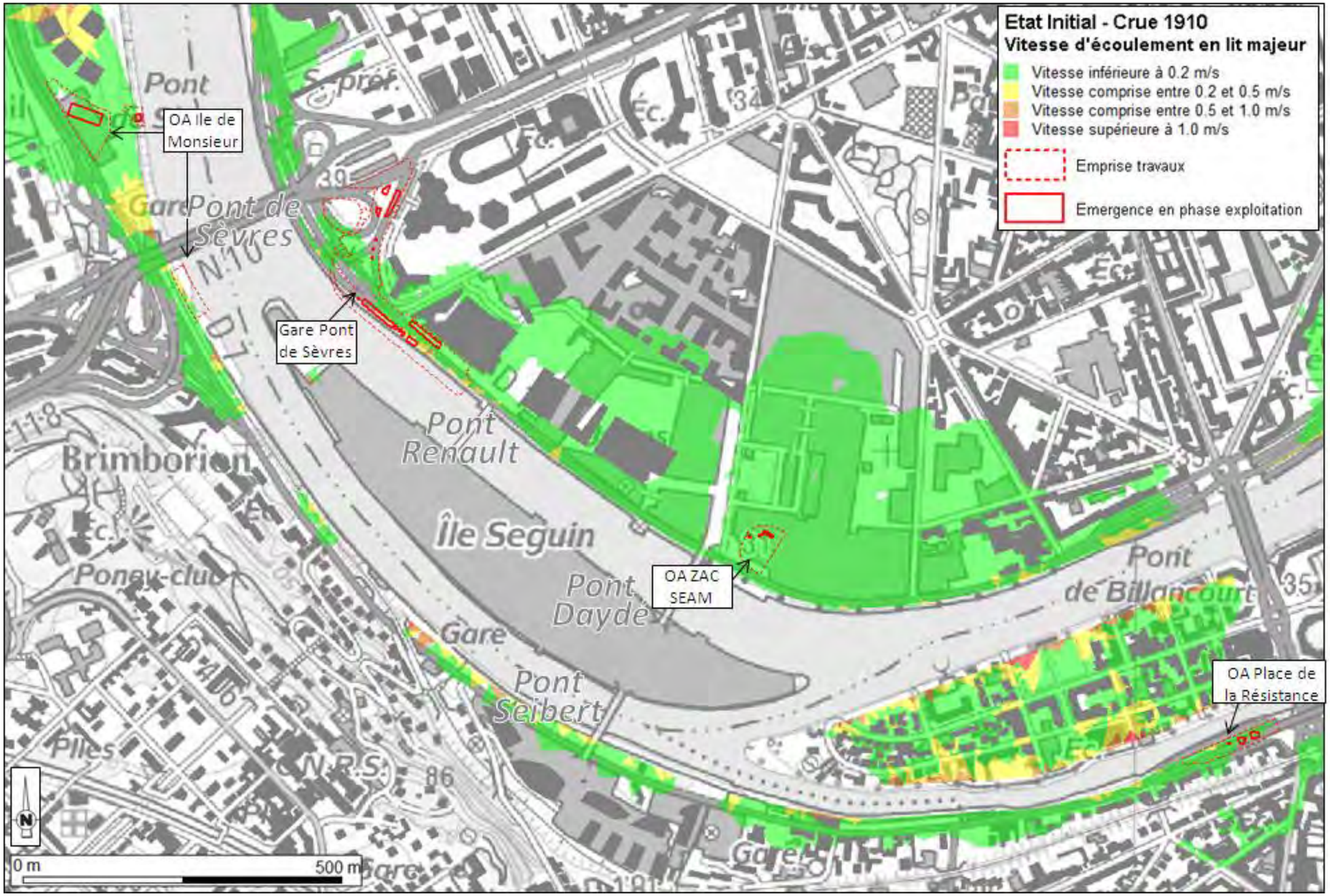
Carte 107 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue cinquantennale



Carte 108 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale



Carte 109 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue 1910



Carte 110 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910

3.4.2 Phase Chantier

3.4.2.1 Définition et modélisation de la phase chantier

La phase chantier correspond à la période durant laquelle les travaux du projet du Grand Paris Express auront lieu. Il s'agit d'une phase temporaire allant de un an pour les ouvrages annexes ZAC SEAM et Place de la Résistance à 7 ans pour la Gare de Pont de Sèvres. Le puits d'attaque de l'OA Ile de Monsieur restera en place pour une durée plus importante pour pouvoir être utilisé lors de la construction de la ligne 15 Ouest.

La modélisation de la phase chantier en lit majeur est réalisée en définissant les surfaces non submersibles au cours de la période de chantier (base vie, boite gare et ouvrages annexes) mais également les emprises des centrales à béton et de traitement des boues comme non inondables. Ces emprises sont donc modélisées en tant que bâtiment insubmersible.

Les différentes phases des chantiers sont modélisées en parallèle : toutes les emprises non submersibles au cours de la durée totale du chantier sont modélisées. Il s'agit d'une hypothèse pessimiste.

La modélisation de la phase chantier en lit mineur consiste à modifier les profils en travers de la Seine afin de représenter les aménagements projetés.

a. OA Ile de Monsieur

En phase travaux, une paroi périphérique permettant de rehausser de 20 cm celles des puits (puits d'attaque et puits d'extraction des déblais) par rapport à la cote de la crue de 1910 (31,35 m NGF au droit de l'ouvrage selon le PPRI 92) sera mise en place afin d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers, soit une rehausse des parois des puits à la cote 31,55 m NGF. La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

La centrale à boue ainsi que la base vie seront installées sur pilotis au-dessus de la cote de crue centennale pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale. Le bassin d'exhaure sera réalisé au niveau du terrain naturel avec une enceinte étanche au-dessus de la cote de la crue de 1910. Les installations de chantier placées sur pilotis sont prises en compte dans la modélisation de la phase travaux.

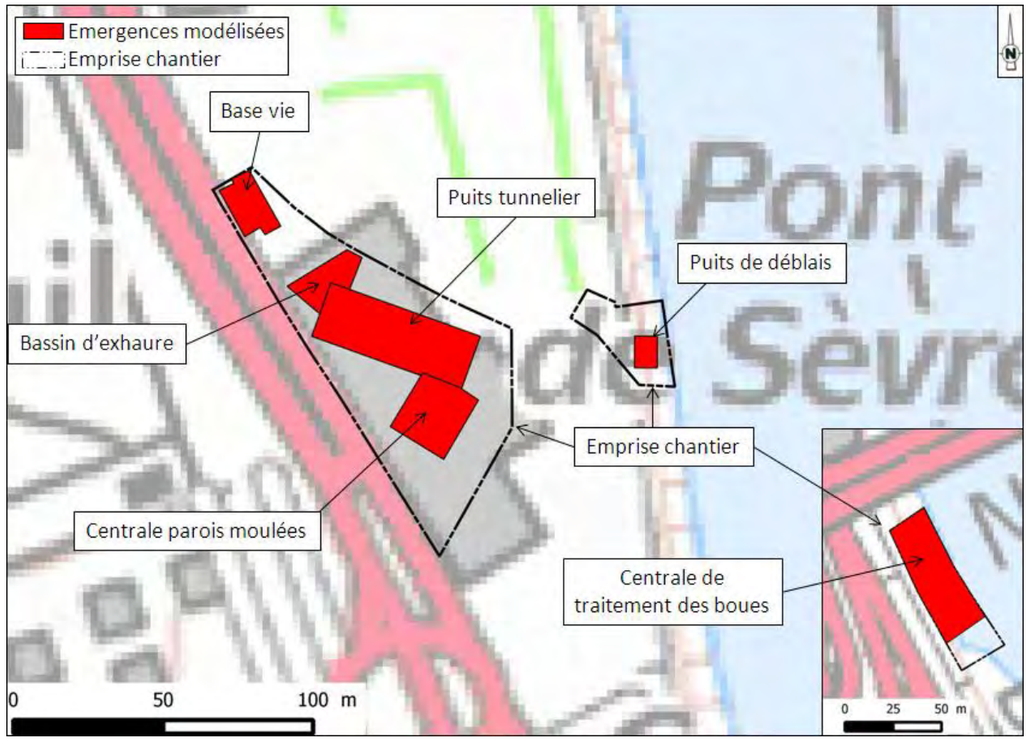
Au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur, la modélisation de la phase chantier en lit majeur consiste à considérer non submersibles les emprises :

- de la base vie,
- du puits tunnelier,
- du puits servant à l'extraction des déblais,
- du centrale parois moulée,
- du bassin d'exhaure,
- de la centrale de traitement des boues (située en amont du pont de Sèvres).

Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue. Il n'est donc pas représenté au sein du modèle hydraulique.

Le niveau du terrain naturel sera abaissé de 45 cm sur l'ensemble de l'emprise travaux, soit à la cote moyenne de 29.75 m NGF, afin de compenser les volumes pris à la crue. La compensation volumique prévue en phase définitive est donc effective dès la phase chantier.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



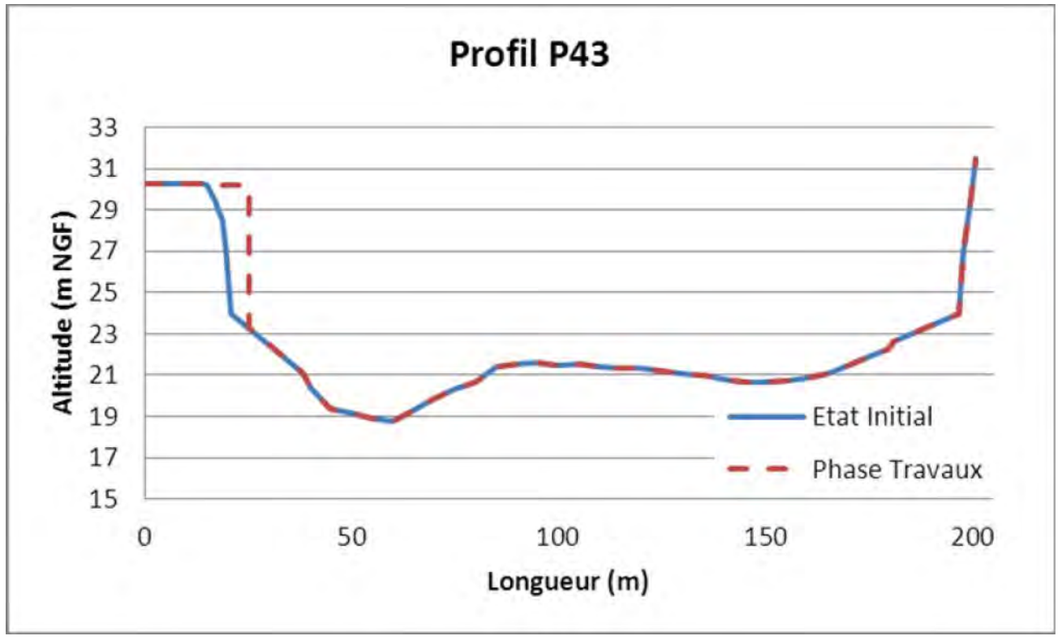
Carte 111 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Ile de Monsieur

Au droit de l'OA Ile de Monsieur, il est prévu d'évacuer les déblais par la Seine. L'accostage des barges peut nécessiter de changer les ducs d'Albe déjà en place si ceux-ci sont en mauvais état.

Les espaces libres entre les Ducs d'Albe de remplacement au droit de l'OA Ile de Monsieur étant estimés à environ 5 m (d'après les plans masse disponibles), ceux-ci sont considérés comme complétement obstrués. L'implantation de nouveaux Ducs d'Albe est donc modélisée par un remblai en lit mineur (hypothèse pessimiste). En effet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », la distance entre les ducs d'Albe et la berge étant de l'ordre de 5 m, l'espace libre doit être considéré comme complètement obstrué (prise en compte d'éventuels embâcles).

Les infrastructures de chantier dans le lit mineur de la Seine (Ducs d'Albe) sont modélisées par un reprofilage des profils en travers au droit du secteur concerné sur un linéaire d'environ 200 m (du profil P43 à P45).

Le graphique ci-après illustre un exemple des reprofilages mis en œuvre pour la modélisation de la phase chantier.



Graphique 34 : Exemple de prise en compte de la phase travaux en lit mineur – OA Ile de Monsieur – Profil P43

b.Gare de Pont de Sèvres

En phase travaux, les principales installations de chantier seront implantées dans l'échangeur de la RD910/RD1 situé hors zones inondables. Les autres installations seront placées sur pilotis ou au-dessus de la cote de la crue de 1910 pour permettre le libre écoulement des eaux, notamment la centrale à boue. Les installations de chantier placées sur pilotis sont prises en compte dans la modélisation de la phase travaux.

Une paroi périphérique rehaussée de 20 cm par rapport à la cote de la crue de 1910 (31.55 m NGF) sera créée afin d'éviter les entrées d'eau en cas de crue, soit une rehausse des parois du puits à la cote 31.75 m NGF. La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

Par ailleurs, la réalisation de la boîte gare et le maintien de la circulation par déviation de voirie nécessite la réalisation d'un remblai et d'une estacade en Seine avec mise en œuvre d'un rideau de palplanches sur 230 ml. Le remblai a été réduit dans la limite des contraintes techniques (parois avec refends pour consolider la boîte au regard de la nature géologique des terrains). Ces ouvrages provisoires en Seine (remblais, estacades) seront placés à une cote de mise hors crue de 31.55 m NGF + 20 cm.

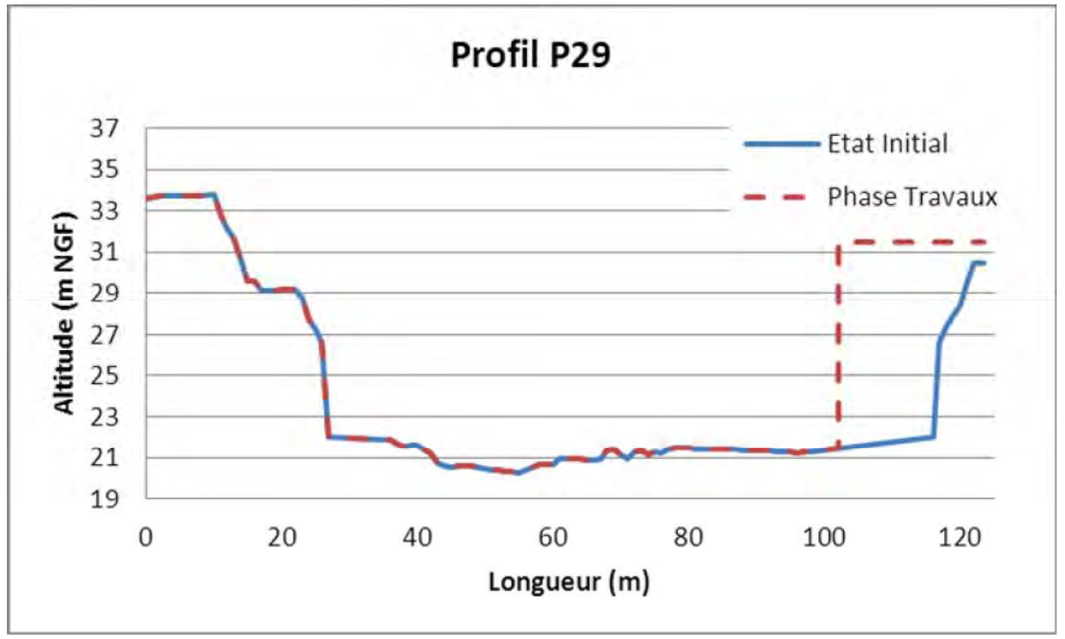
Ainsi, la phase travaux prévoit :

- la mise hors d'eau de la boîte gare pour la crue de 1910 (rehausse de la paroi moulée au-dessus des 31.55 m NGF) ;
- la création d'un remblai en lit mineur par l'installation d'un rideau de palplanches sur 230 ml ;
- la création d'une estacade en lit mineur.

L'estacade au droit de la gare de pont de Sèvres est considérée comme un remblai en phase travaux. En effet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », la distance entre chaque pile de l'estacade (pouvant être assimilée à des Ducs d'Albe) étant de l'ordre de 5 m, l'espace libre entre chaque pile doit être considéré comme complètement obstrué (prise en compte d'éventuels embâcles).

Les infrastructures de chantier dans le lit mineur de la Seine (rideau de palplanches et estacades) ont été modélisées par un reprofilage des profils en travers au droit de la gare de Pont de Sèvres sur un linéaire d'environ 250 m (du profil P29 à P38) afin de reproduire la réduction de la surface mouillée.

Le graphique ci-après illustre un exemple des reprofilages mis en œuvre pour la modélisation de la phase chantier.



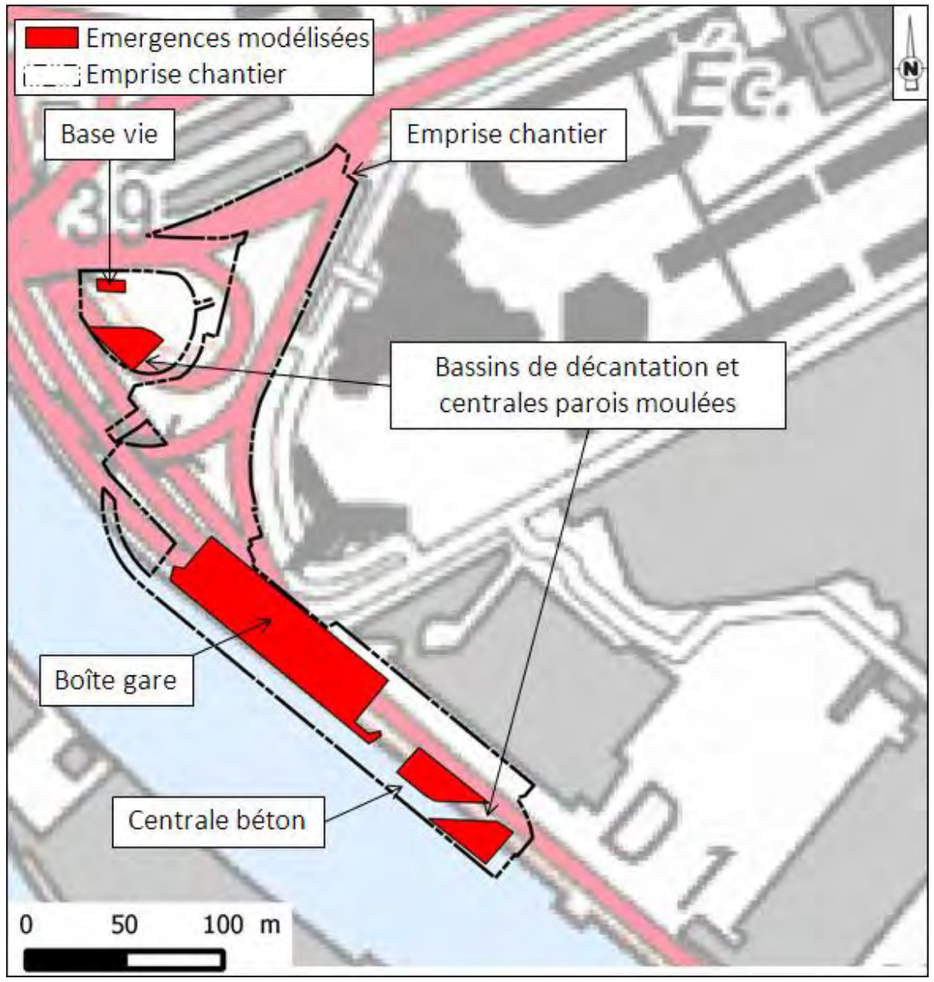
Graphique 35 : Exemple de prise en compte de la phase travaux en lit mineur – Gare de Pont de Sèvres – Profil P29

Au droit de la Gare de Pont de Sèvres, la modélisation de la phase chantier en lit majeur consiste à considérer non submersibles les emprises :

- de la base vie,
- des bassins de décantation et des centrales parois moulées,
- de la boite gare,
- de la centrale à béton.

Les déblais et les engins de chantier seront évacués en cas d'alerte à la crue. Ils ne sont pas représentés au sein du modèle hydraulique. La topographie de l'emprise chantier est donc identique à la topographie actuelle, mise à part les modifications citées précédemment.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



Carte 112 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de la gare Pont de Sèvres

c. OA ZAC SEAM

Au regard des emprises chantier assez réduites, l'ensemble des installations chantiers seront rehaussées sur pilotis au-dessus-de la cote de la crue de 1910 (centrale à boue, bungalows de chantier, stockage produits polluants en cuves étanches, bassin d'exhaure si possible). Les installations de chantier placées sur pilotis sont prises en compte dans la modélisation de la phase travaux.

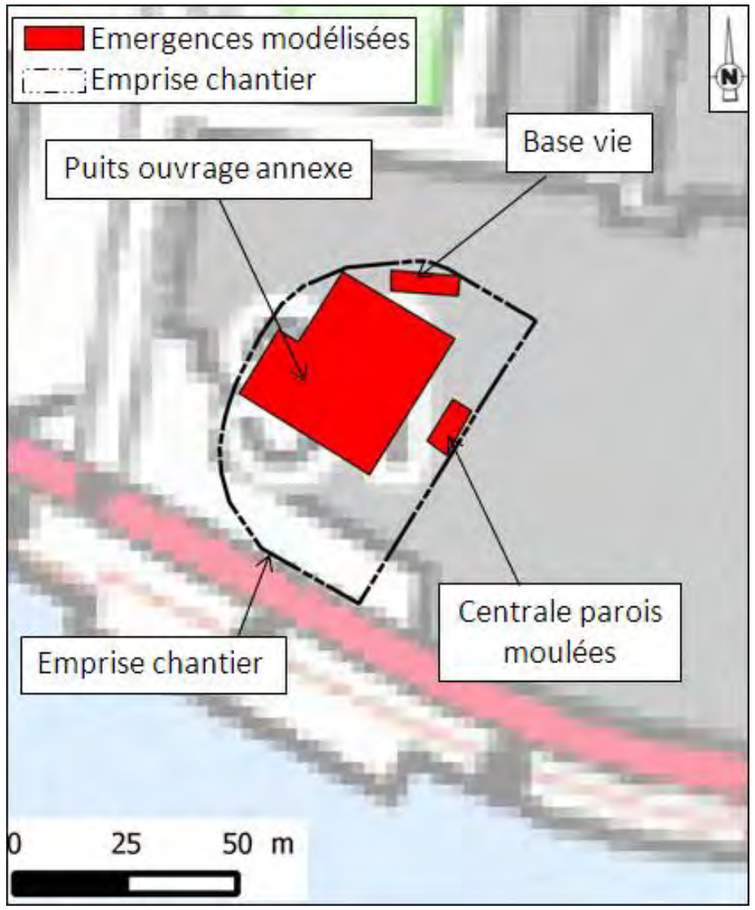
Par ailleurs, afin de protéger les excavations et d'éviter les entrées d'eau dans le tunnel pour une crue de type 1910, des parois périphériques étanches seront installées en prolongement des parois du puits jusqu'à la cote 31.75 m NGF (cote de la crue de 1910 + 20 cm). La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

Ainsi, au droit de l'ouvrage annexe de la ZAC SEAM, la modélisation de la phase chantier consiste à considérer non submersibles les emprises :

- du puits de fouille de l'ouvrage,
- de la base vie,
- de la centrale parois moulées.

Le terrain de l'emprise chantier est nivelé à la cote du terrain naturel actuel abaissé de 2 cm, soit à la cote moyenne de 30.98 m NGF, afin de compenser les volumes prélevés à la crue. La compensation volumique prévue en phase définitive est donc effective dès la phase chantier.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



Carte 113 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA ZAC SEAM

d. Place de la Résistance

Au regard des emprises chantier assez réduites, l'ensemble des installations chantiers seront rehaussées sur pilotis au-dessus-de la cote de la crue de 1910 (centrale à boue, bungalows de chantier, stockage produits polluants en cuves étanches, bassin d'exhaure si possible). Les installations de chantier placées sur pilotis sont prises en compte dans la modélisation de la phase travaux.

Par ailleurs, afin de protéger les excavations et d'éviter les entrées d'eau dans le tunnel pour une crue de type 1910, des parois périphériques étanches seront installées en prolongement des parois du puits jusqu'à la cote 31.85 m NGF (cote de la crue de 1910 + 20 cm). La hauteur de cette rehausse, spécifique à la phase travaux, a été fixée dans le cadre de la stratégie inondation de la SGP.

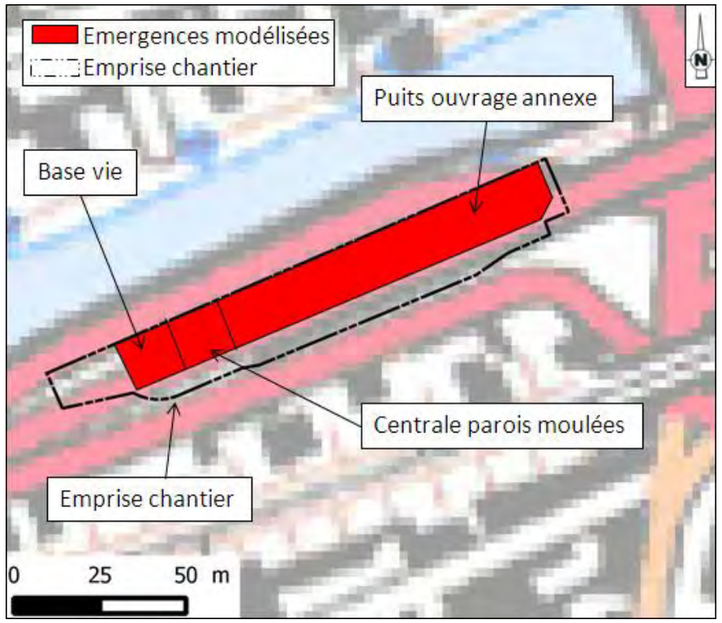
Il est à noter que la réalisation des travaux de l'OA Place de la Résistance ne nécessite aucune intervention en lit mineur. En phase définitive, aucune émergence n'est réalisée au sein du lit mineur. L'ouvrage vient s'appuyer sur les palplanches existantes du quai.

Au droit de l'ouvrage annexe de la ZAC SEAM, la modélisation de la phase chantier consiste à considérer non submersibles les emprises :

- du puits de fouille de l'ouvrage,
- de la base vie,
- de la centrale parois moulées.

Le niveau du terrain naturel sera abaissé de 8 cm sur l'ensemble de l'emprise travaux, soit à la cote moyenne de 30.74 m NGF, afin de compenser les volumes pris à la crue. La compensation volumique prévue en phase définitive est donc effective dès la phase chantier.

Les emprises ainsi considérées comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



Carte 114 : Emprise des zones modélisées en phase chantier au droit de l'OA Place de la Résistance

e. Gare d'Issy RER

Cette gare étant située hors zone inondable pour les différentes crues simulées, elle n'a pas été intégrée au modèle hydraulique.

3.4.2.2 Incidences hydrauliques en phase chantier

a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 sont :

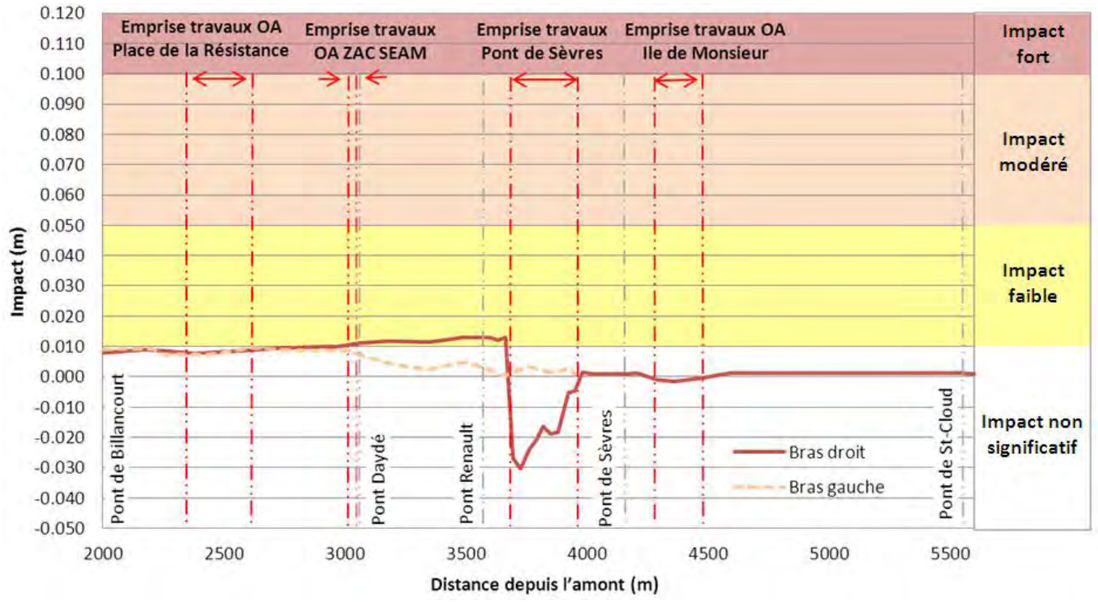
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (de l'ordre du centimètre) sur environ 1 km en amont de la gare de Pont de Sèvres (impact faible),
- un abaissement de la ligne d'eau (de 2 à 3 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1982 sont :

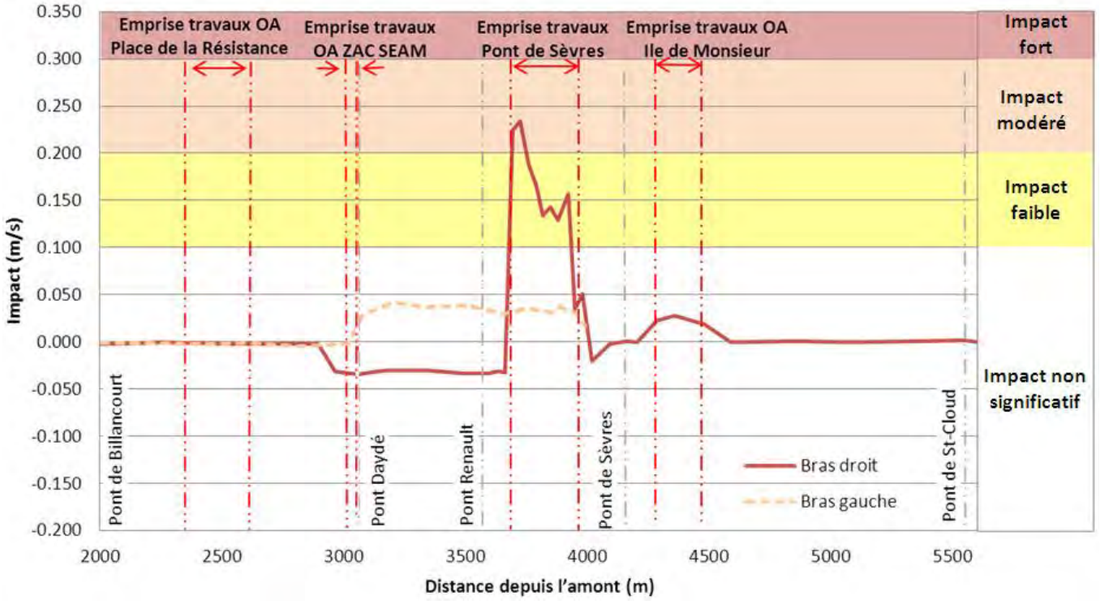
- une légère diminution des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,03 m/s) en amont de la gare de Pont de Sèvres,
- une augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,23 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact modéré,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,03 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur.

La phase travaux présente donc un impact faible sur les niveaux d'eau (de l'ordre de 1 cm) et un impact modéré sur les vitesses d'écoulement (inférieur à 0.25 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres en lit mineur pour la crue de 1982. Aucune incidence n'est observée en lit majeur.

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase travaux) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur sont présentées à travers les profils en long ci-après.



Graphique 36 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982



Graphique 37 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1982

b.Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955 étant faiblement débordante, le seul l'ouvrage annexe pouvant avoir un impact sur les inondations en lit majeur est l'OA Ile de Monsieur.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 sont :

- un très léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 2,5 cm) sur un linéaire d'environ 1 km en amont de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact faible,
- un abaissement de la ligne d'eau (de 2 à 3 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

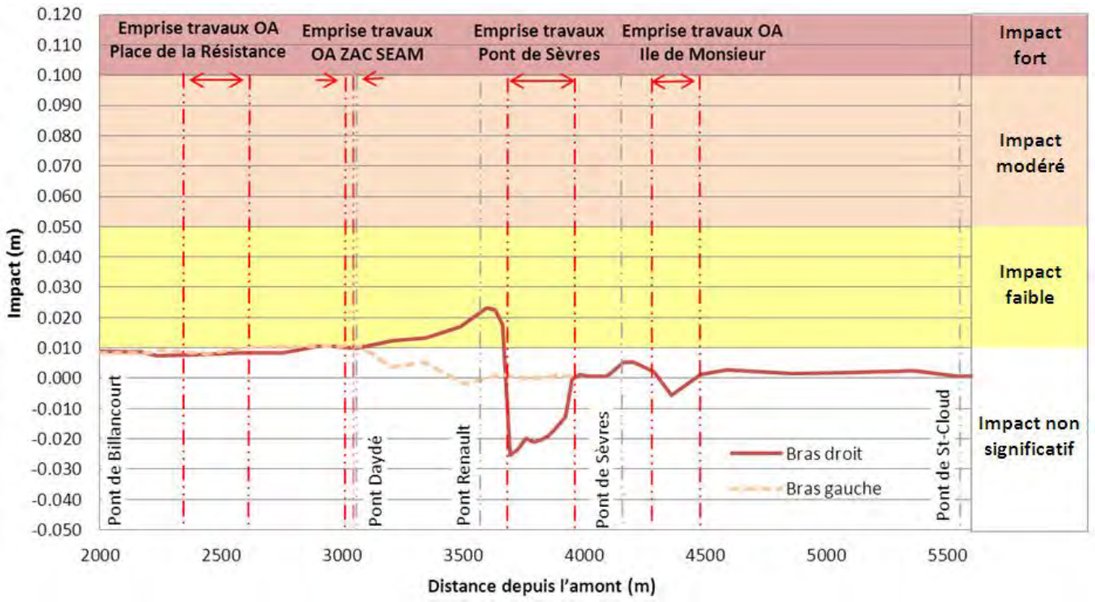
Lors de la phase travaux, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1955 sont :

- une légère diminution des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,05 m/s) en amont de la gare de Pont de Sèvres,
- une augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,23 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact modéré,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement du lit mineur (de l'ordre de 0,05 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

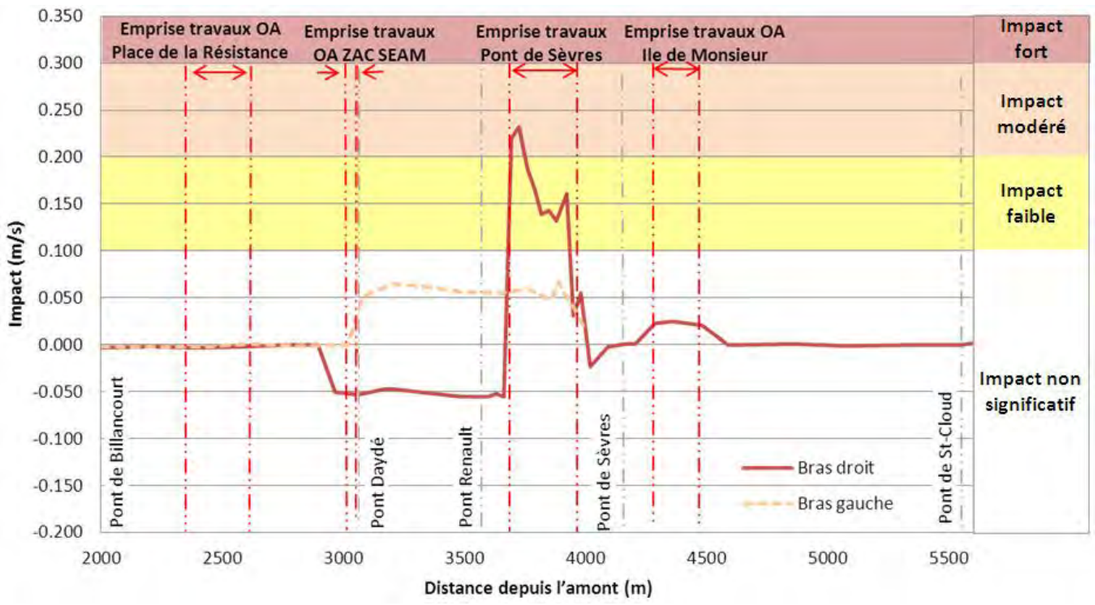
L'emprise travaux de l'OA Ile de Monsieur étant décaissée en phase travaux, une zone, non inondable à l'état actuel, est rendue accessible à la crue.

La phase travaux présente donc un impact faible sur les niveaux d'eau (environ 2.5 cm) et un impact modéré au droit de la gare de Pont de Sèvres (inférieur à 0.25 m/s) sur les vitesses d'écoulement en lit mineur pour la crue de 1955. Un impact non significatif est observé en lit majeur.

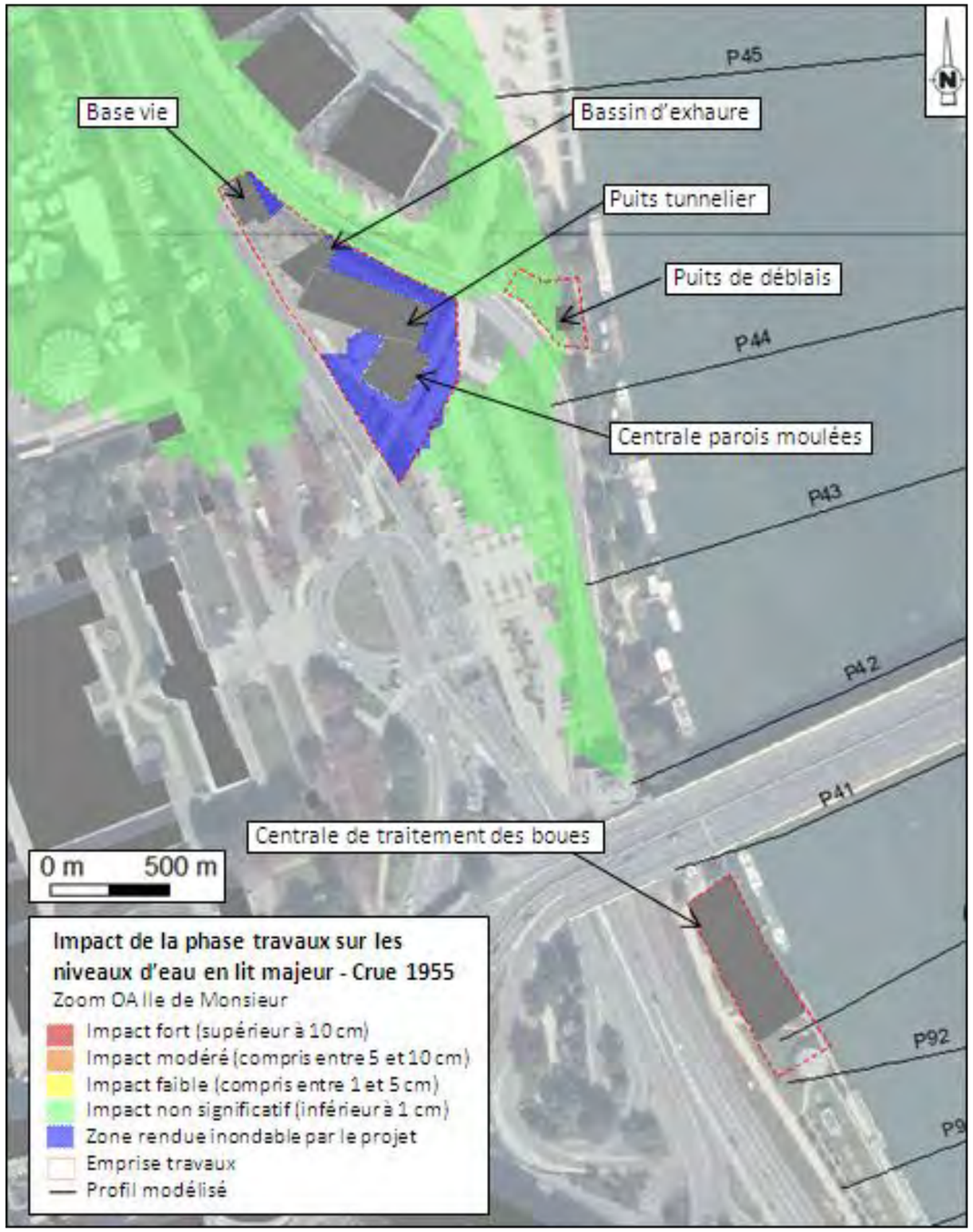
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase travaux) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



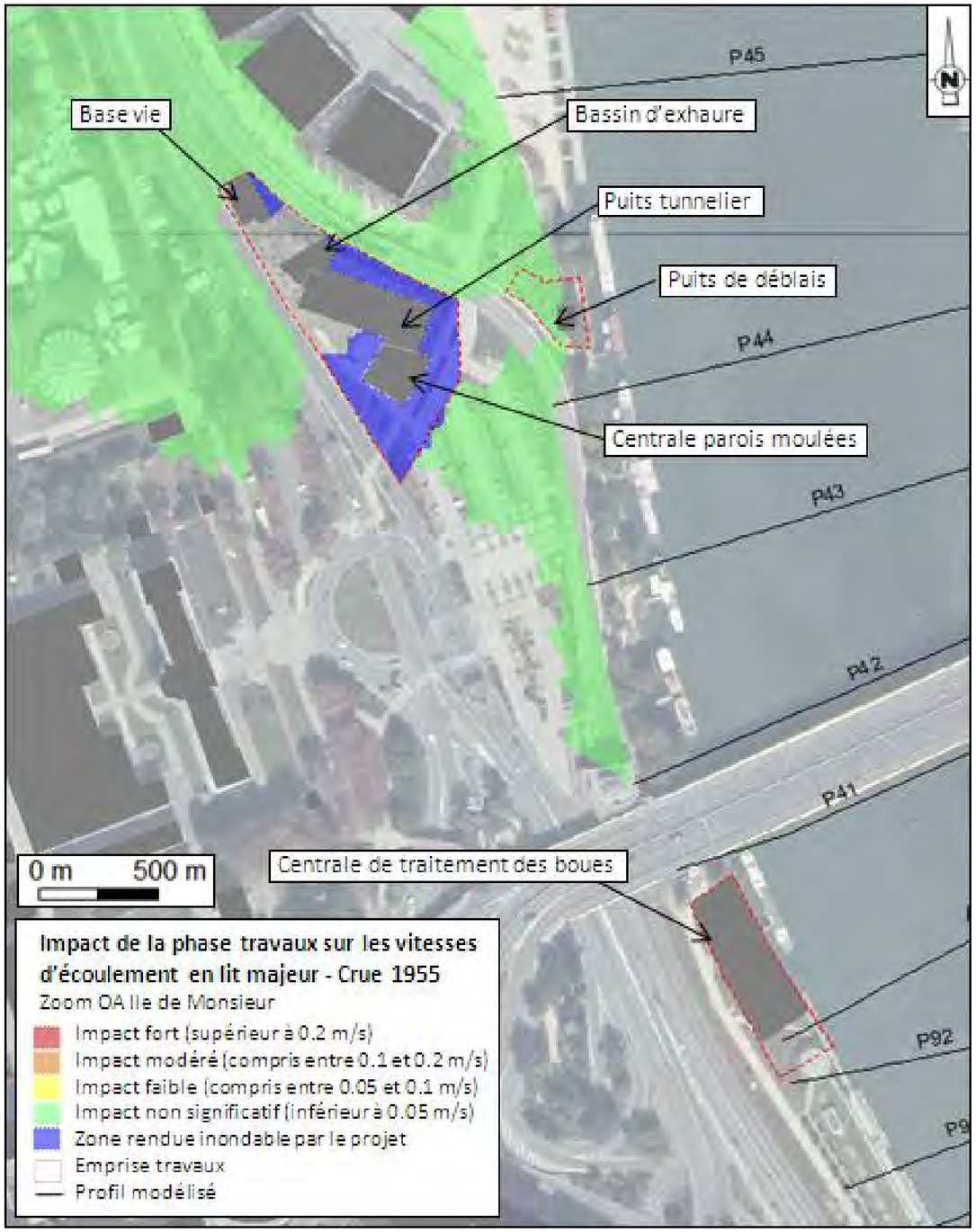
Graphique 38 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955



Graphique 39 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1955



Carte 115 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1955 – Zoom OA Ile de Monsieur



Carte 116 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1955 – Zoom OA Ile de Monsieur

c. Crue cinquantennale

La crue cinquantennale, similaire à la crue de 1955, est faiblement débordante. Ainsi, le seul l'ouvrage annexe pouvant avoir un impact sur les inondations en lit majeur est l'OA Ile de Monsieur.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue cinquantennale sont :

- un très léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (de l'ordre de 2 centimètres) en amont de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact faible,
- un abaissement de la ligne d'eau (de 2 à 3 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

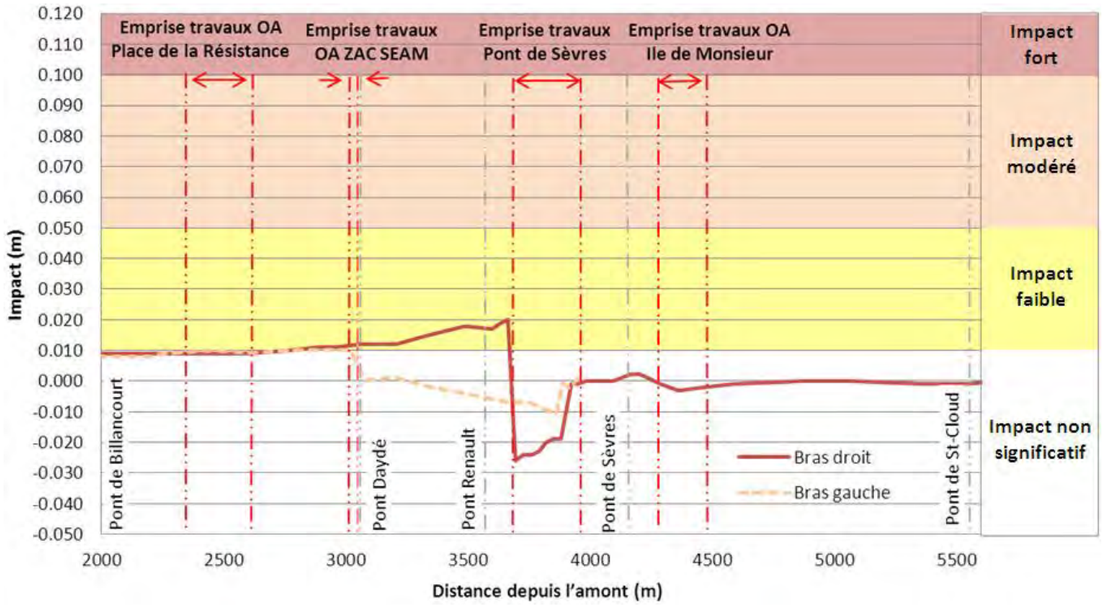
Lors de la phase travaux, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue cinquantennale sont :

- une légère diminution des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,06 m/s) en amont de la gare de Pont de Sèvres,
- une augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,23 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact modéré,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement du lit mineur (de l'ordre de 0,03 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur,
- une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,18 m/s) à proximité immédiate de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact modéré.

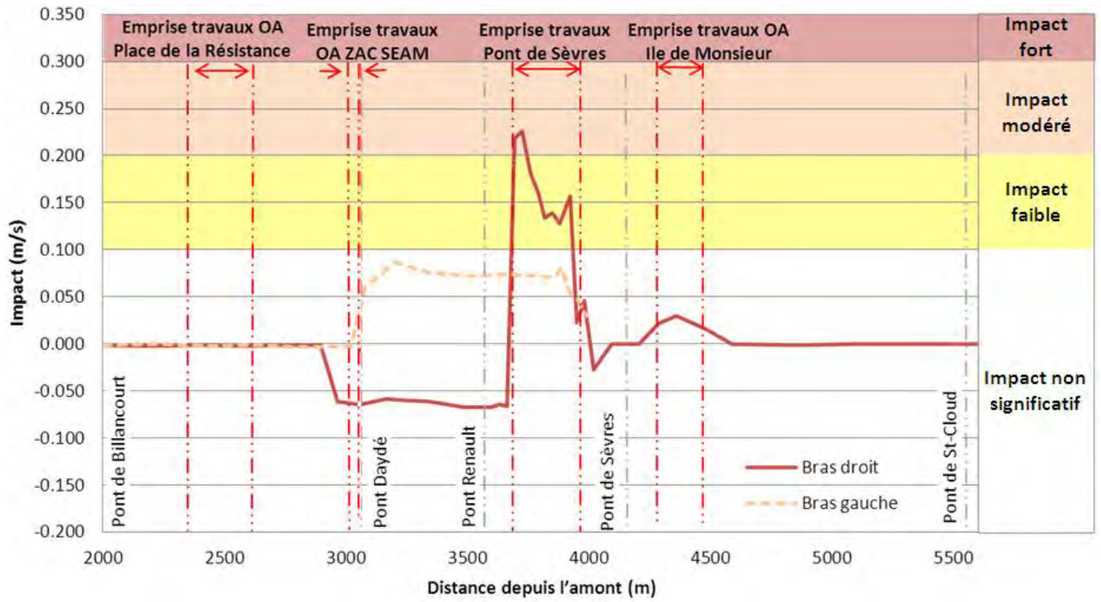
L'emprise travaux de l'OA Ile de Monsieur étant décaissée en phase travaux, une zone, non inondable à l'état actuel, est rendue accessible à la crue.

La phase travaux présente donc un impact faible sur les niveaux d'eau (environ 2 cm) en lit mineur et un impact modéré sur les vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur (inférieur à 0.25 m/s en lit mineur et environ 0.18 m/s en lit majeur) pour la crue cinquantennale. Un impact non significatif sur les niveaux d'eau est observé en lit majeur.

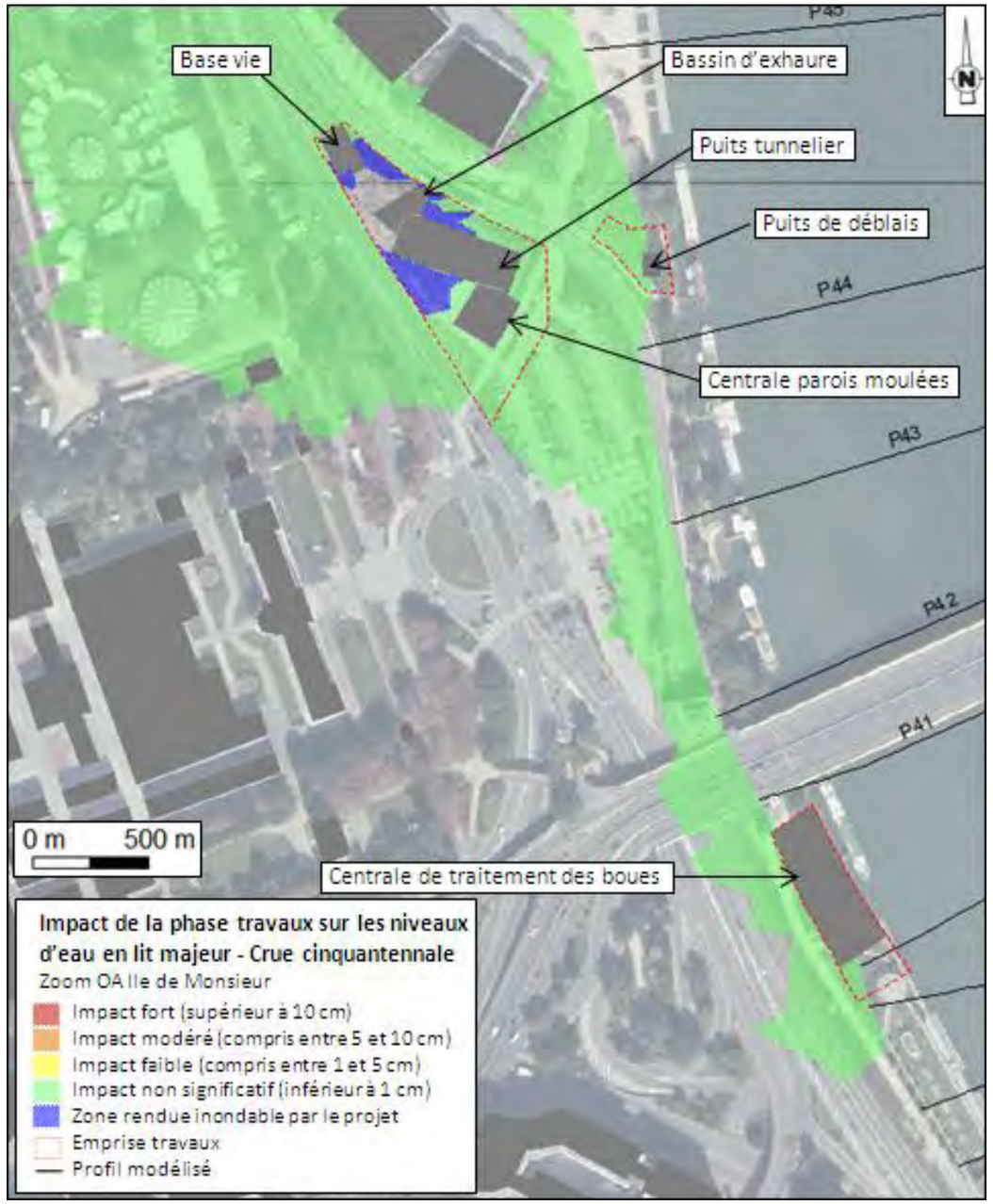
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase travaux) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



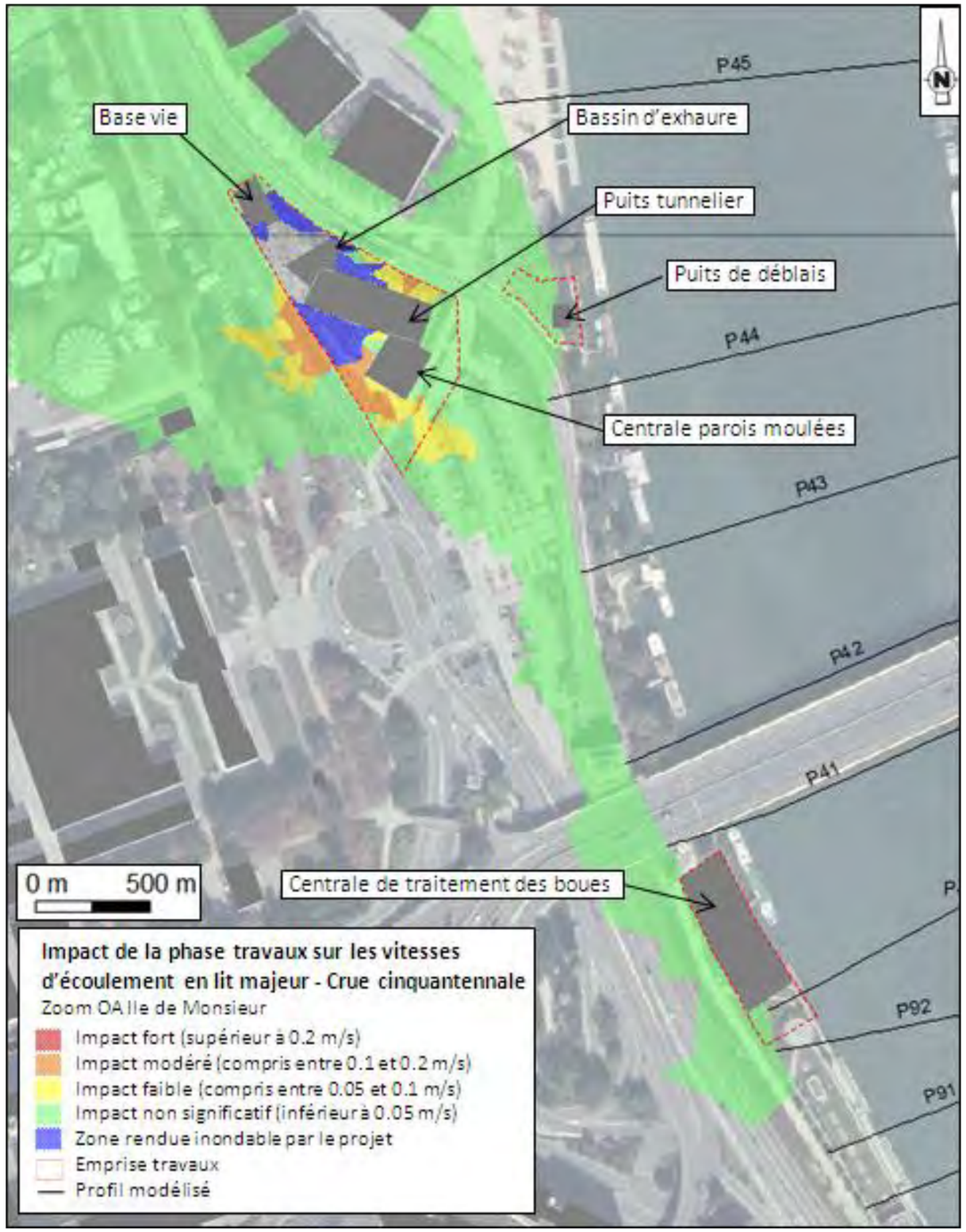
Graphique 40 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue cinquantennale



Graphique 41 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue cinquantennale



Carte 117 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur



Carte 118 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur

d.Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI des Hauts-de Seine. Cette crue débordante peut être impactée par l'OA Ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA place de la Résistance. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

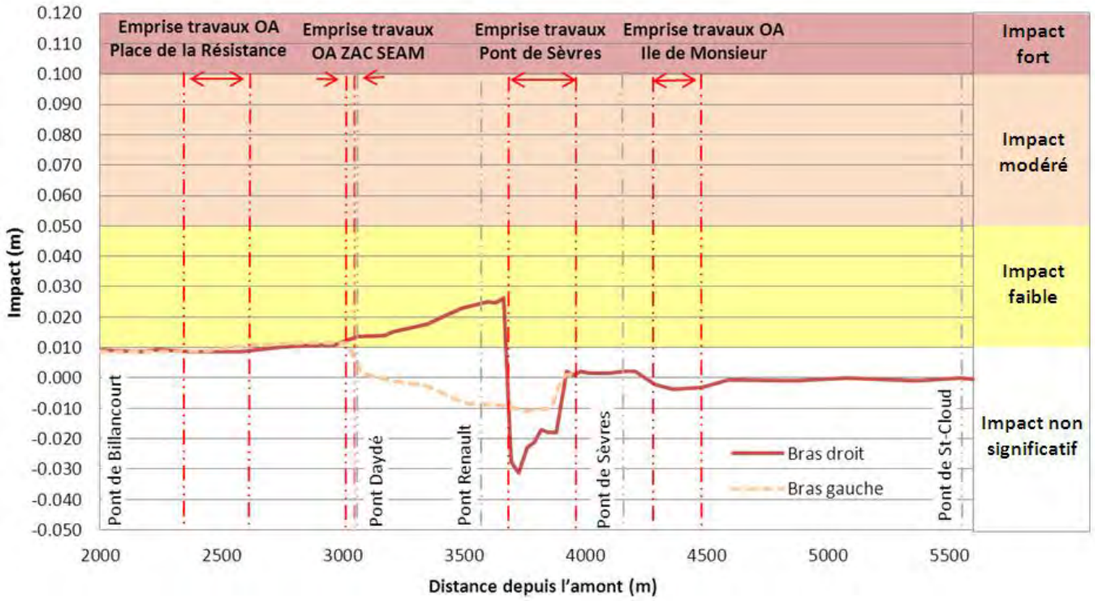
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (de 2 à 3 centimètres) en amont de la gare de Pont de Sèvres (en lit mineur et majeur) correspondant à un impact faible sur une distance d'environ 1 000 m,
- un abaissement de la ligne d'eau (de 2 à 3 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 sont :

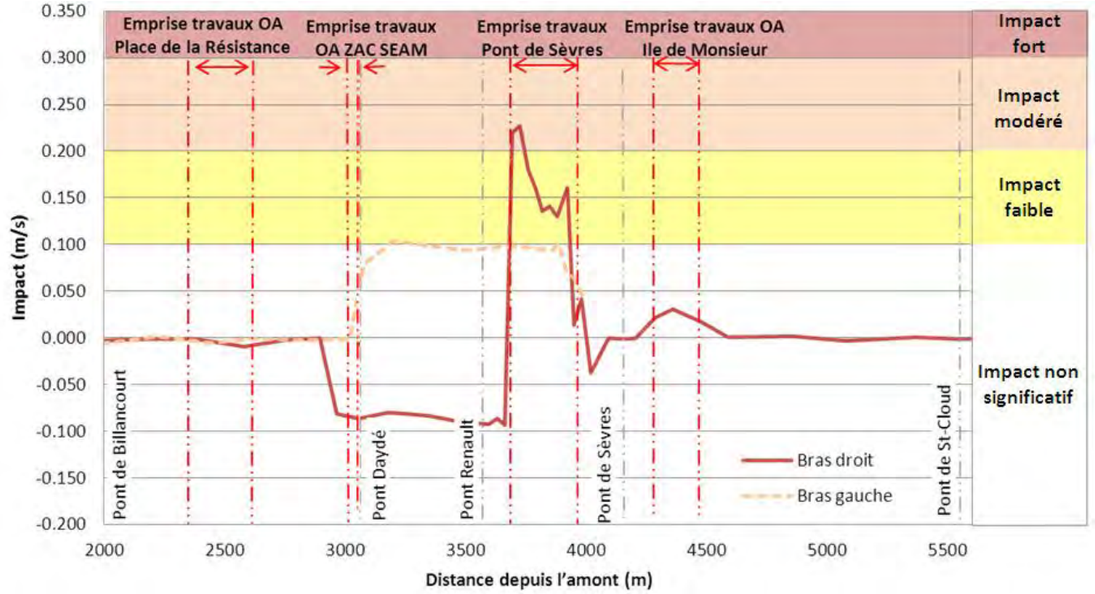
- une diminution des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,1 m/s) en amont de la gare de Pont de Sèvres,
- une augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,23 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact modéré,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement du lit mineur (de l'ordre de 0,04 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur,
- une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,14 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact modéré.

La phase travaux présente donc un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 3 cm) ainsi qu'un impact modéré et local sur les vitesses d'écoulement en lit mineur (0.23 m/s) et majeur (0.14 m/s) pour la crue de 1910.

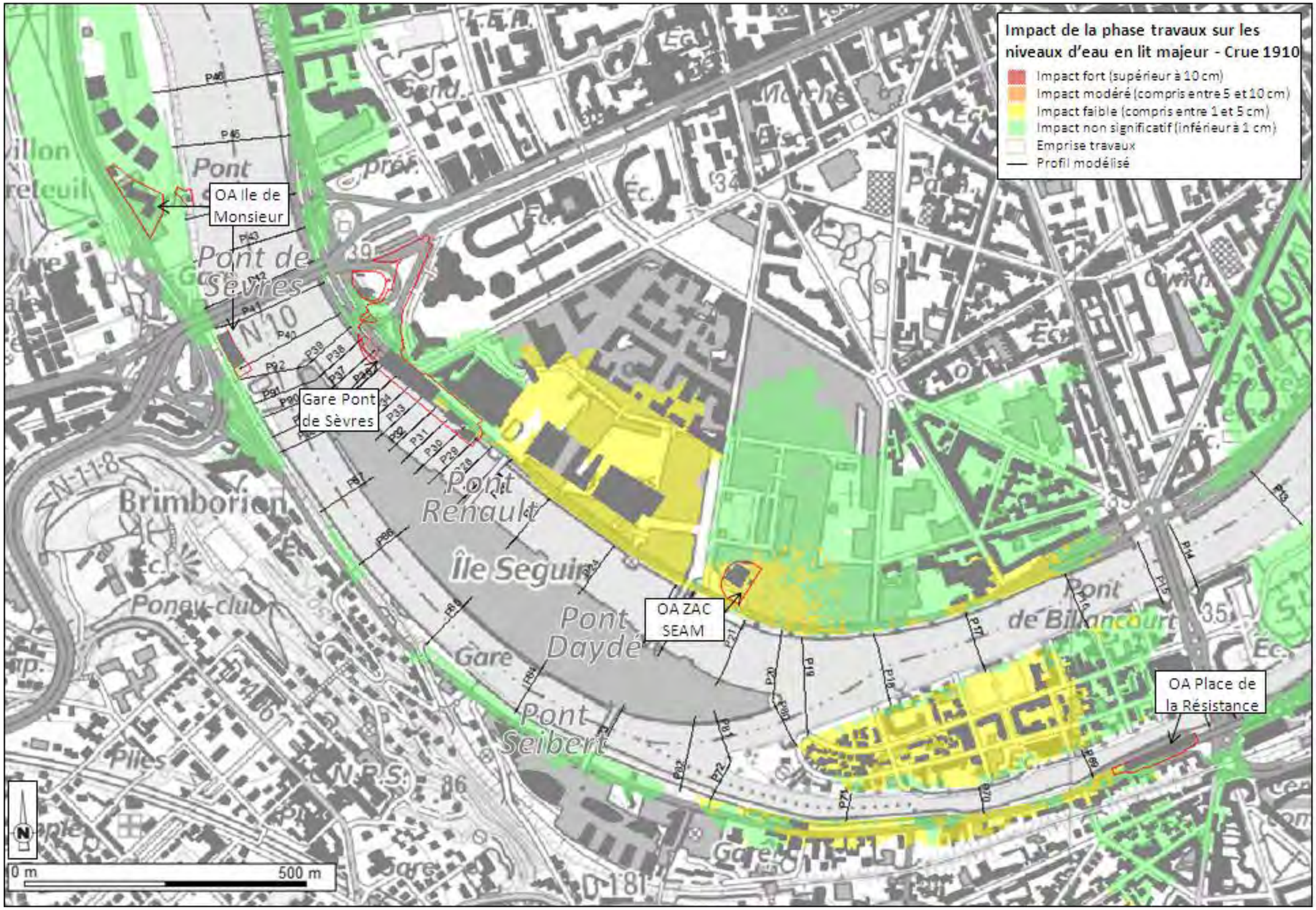
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase travaux) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



Graphique 42 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1910

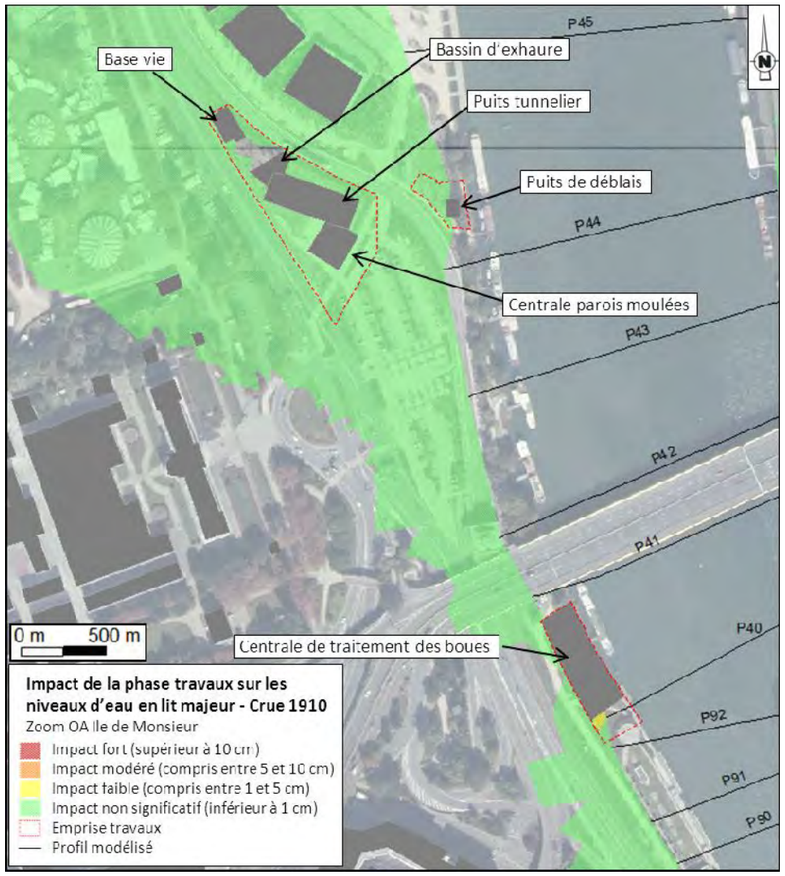


Graphique 43 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1910

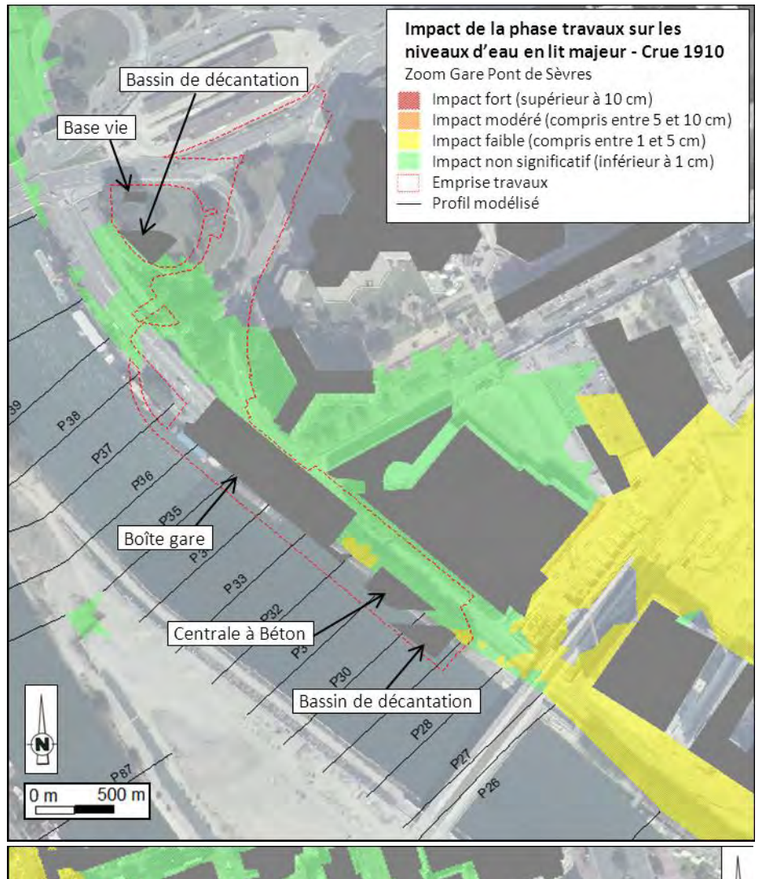


Carte 119 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910

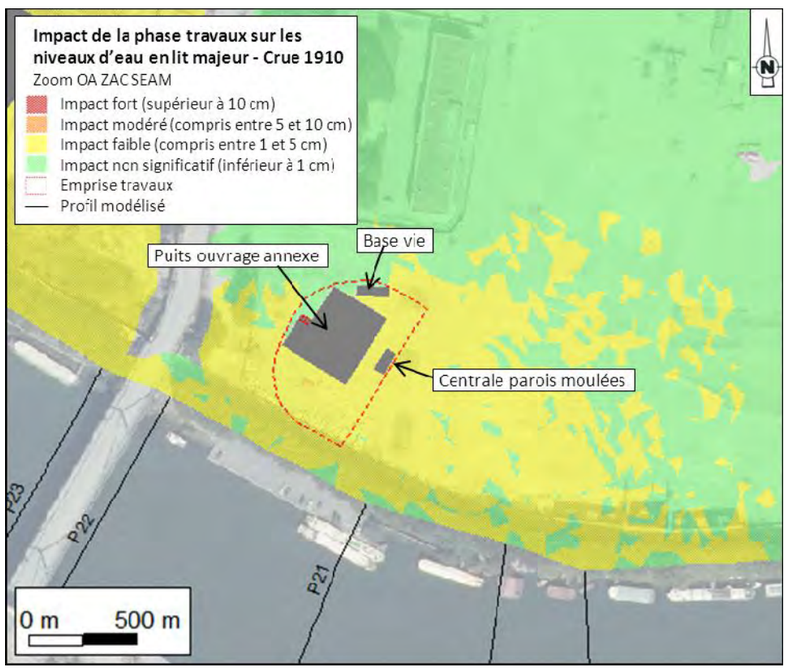
Carte 120 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Ile de Monsieur



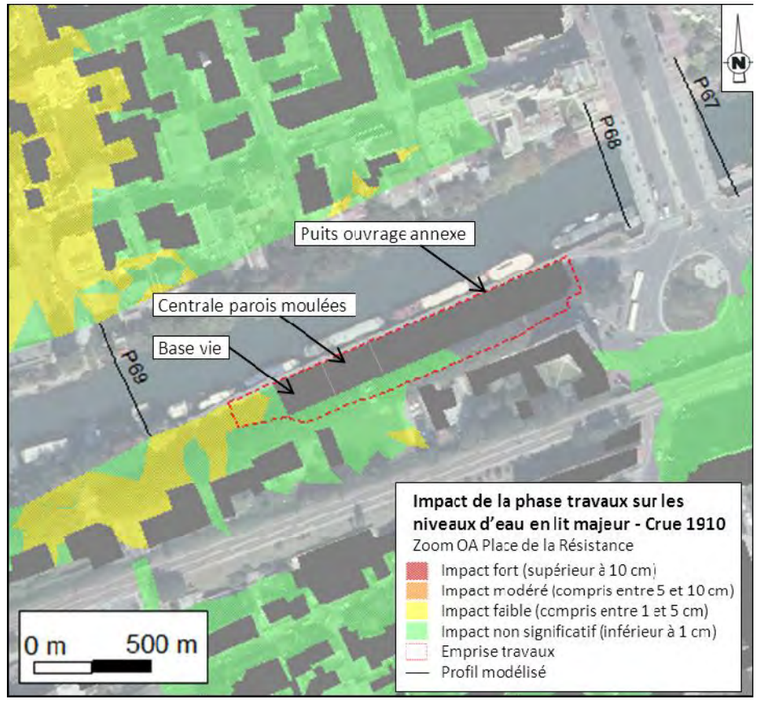
Carte 121 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Pont de Sèvres

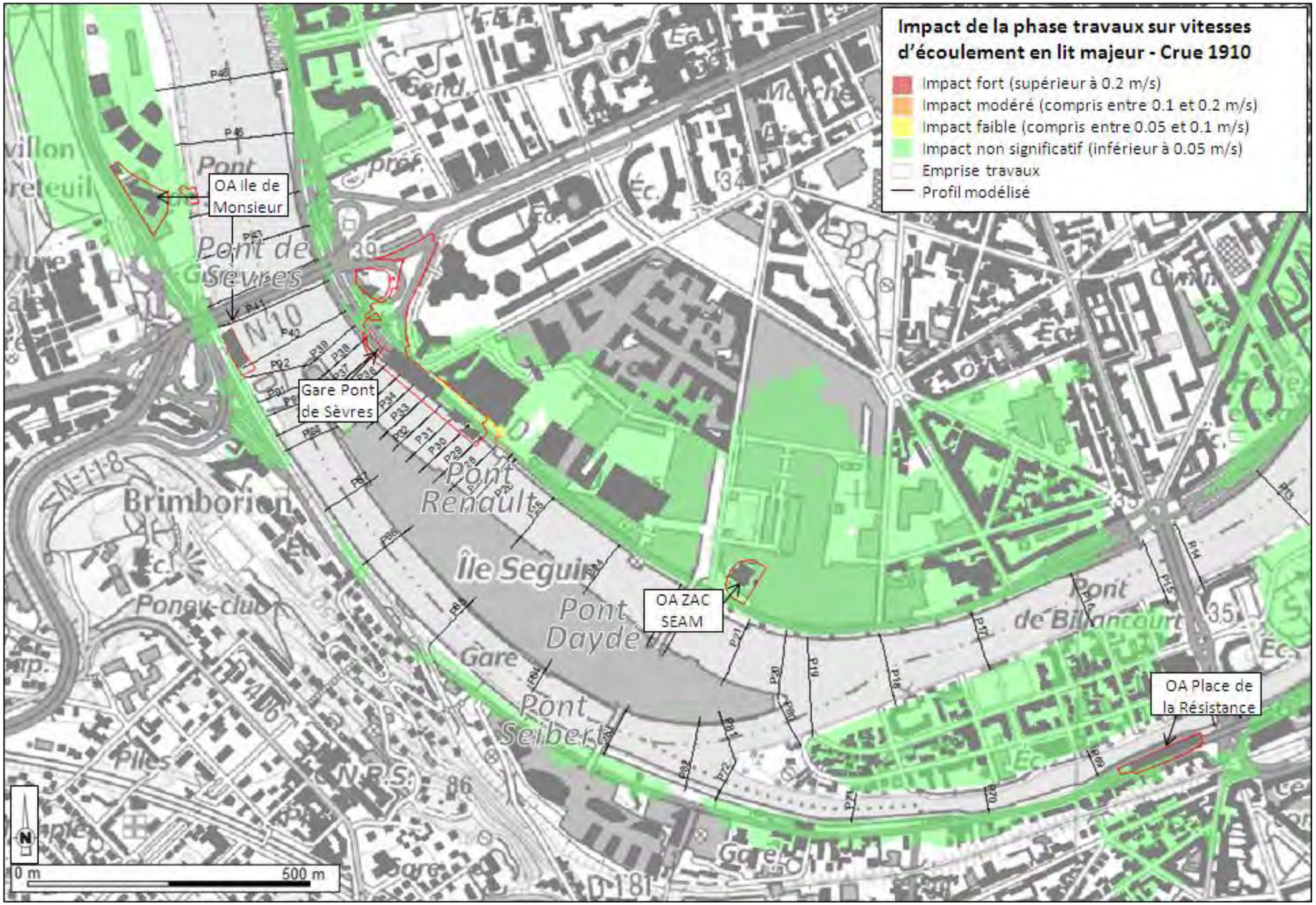


Carte 122 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA ZAC SEAM



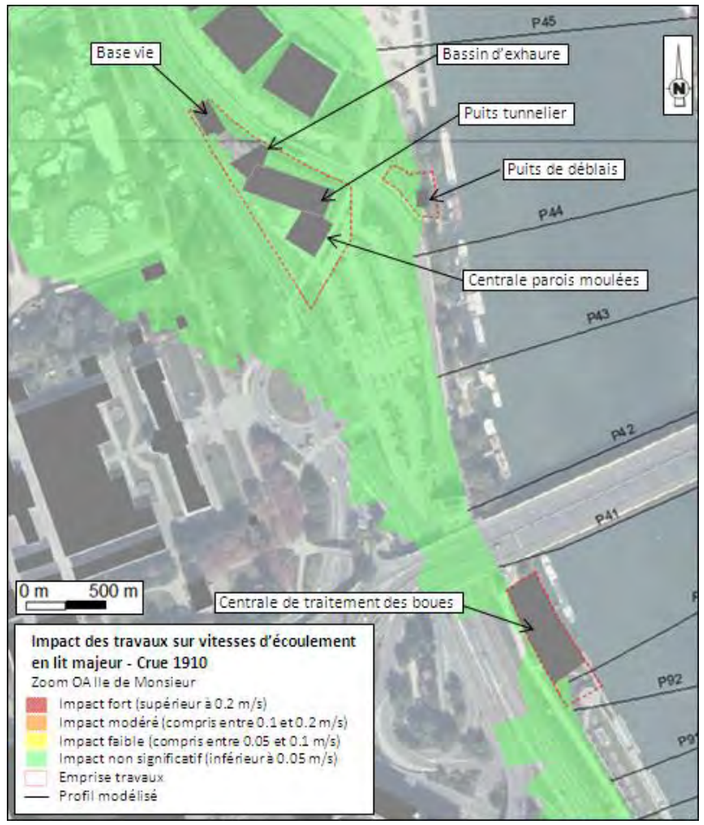
Carte 123 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 –Zoom OA Place de la Résistance



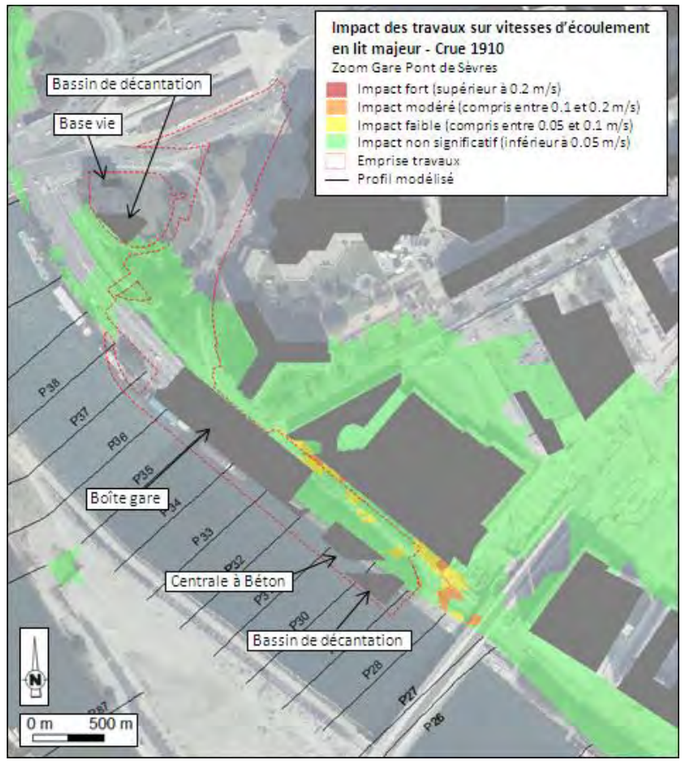


Carte 124 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910

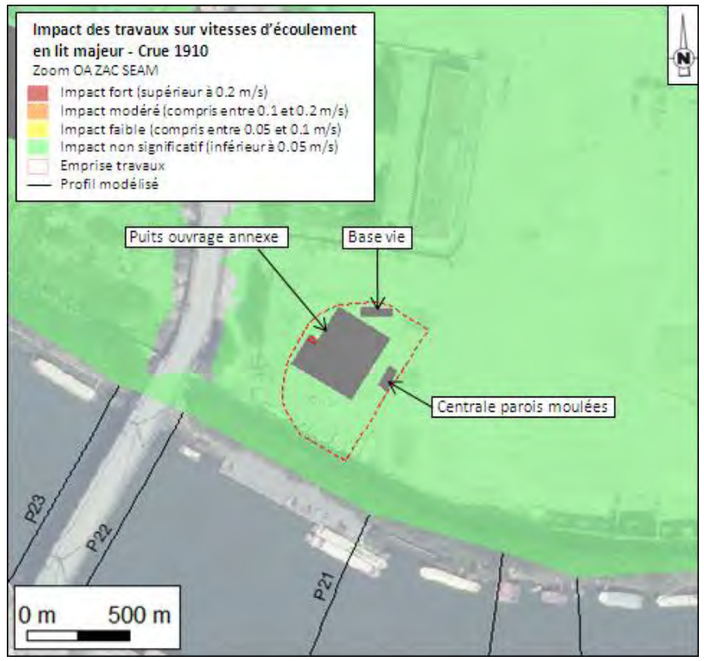
Carte 125 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Ile de Monsieur



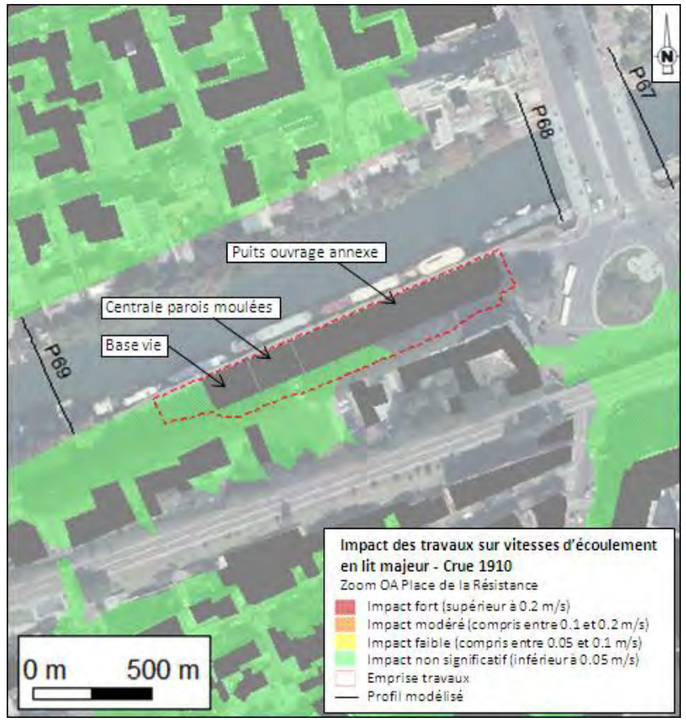
Carte 126 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Gare Pont de Sèvres



Carte 127 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA ZAC SEAM



Carte 128 : Impact de la phase travaux sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Place de la Résistance



3.4.3 Phase Exploitation

3.4.3.1 Définition et modélisation de la phase exploitation

La phase exploitation correspond à la période durant laquelle le métro de la ligne 15 Sud sera en service. Il s'agit de l'état final du projet, excepté pour l'OA de l'Ile de Monsieur voué à être utilisé dans le projet de la ligne 15 Ouest.

a. OA Ile de Monsieur

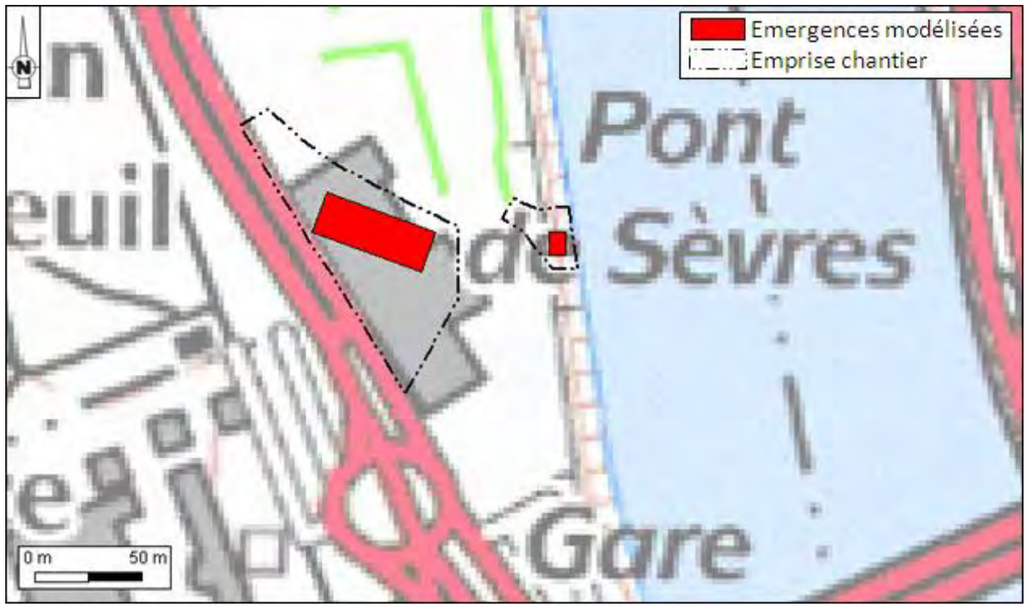
En phase définitive, les parois périphériques des puits seront conservées dans l'attente de la poursuite des travaux sur le tronçon de la ligne 15 Ouest, soit une rehausse des parois des puits à la cote 31,55 m NGF (cote de la crue de 1910 (31.35 m NGF) + 20 cm).

L'altimétrie de l'emprise chantier est la même qu'en phase travaux, soit à la cote moyenne de 29.75 m NGF (état initial abaissée de 45 cm), afin d'assurer la compensation des volumes prélevés par les émergences.

Au droit de l'Ouvrage Annexe de l'Ile de Monsieur, la modélisation de la phase exploitation consiste donc à considérer :

- le puits d'attaque et le puits de déblais non submersibles (puits utilisés pour la création de la ligne 15 Ouest),
- un niveau de terrain égal au terrain naturel actuel abaissé de 45 cm.

Les émergences ainsi considérées comme non inondables sont présentées sur la carte suivante.



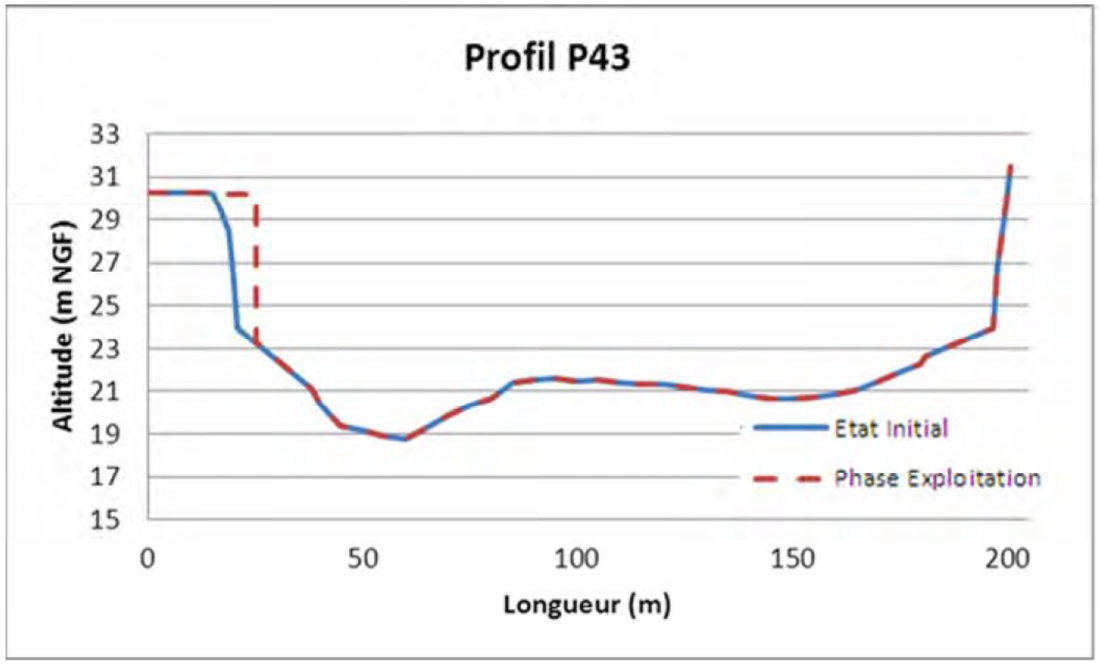
Carte 129 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Ile de Monsieur

Au droit de l'OA Ile de Monsieur, il est prévu d'évacuer les déblais par la Seine en phase chantier. L'accostage des barges peut nécessiter de changer les ducs d'Albe déjà en place si ceux-ci sont en mauvais état. Ces ducs d'Albe seront laissés en place en phase exploitation.

Les espaces libres entre les ducs d'Albe de remplacement au droit de l'OA Ile de Monsieur étant estimés à environ 5 m (d'après les plans masse disponibles), ceux-ci sont considérés comme complétement obstrués. De la même manière qu'en phase chantier, l'implantation de nouveaux Ducs d'Albe est donc modélisée par un remblai en lit mineur (hypothèse pessimiste). En effet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », la distance entre les ducs d'Albe et la berge étant de l'ordre de 5 m, l'espace libre doit être considéré comme complètement obstrué (prise en compte d'éventuels embâcles).

Les infrastructures de chantier, laissées en place en phase exploitation, dans le lit mineur de la Seine (Ducs d'Albe) sont modélisées par un reprofilage des profils en travers au droit de l'OA Ile de Monsieur sur un linéaire d'environ 200 m (du profil P43 à P45).

Le graphique ci-après illustre un exemple des reprofilages mis en œuvre pour la modélisation de la phase exploitation en lit mineur.



Graphique 44 : Exemple de prise en compte de la phase exploitation en lit mineur – OA Ile de Monsieur – Profil P43

b. Gare Pont de Sèvres

En phase définitive, la sortie envisagée au Square Com et les autres émergences (puits de lumière, ventilation) seront rehaussées de 20 cm au-dessus de la cote de la crue de 1910 (31.55 m NGF),

soit à la cote 31.75 m NGF, pour éviter les entrées d'eau. Les autres sorties sont localisées en dehors des zones inondables.

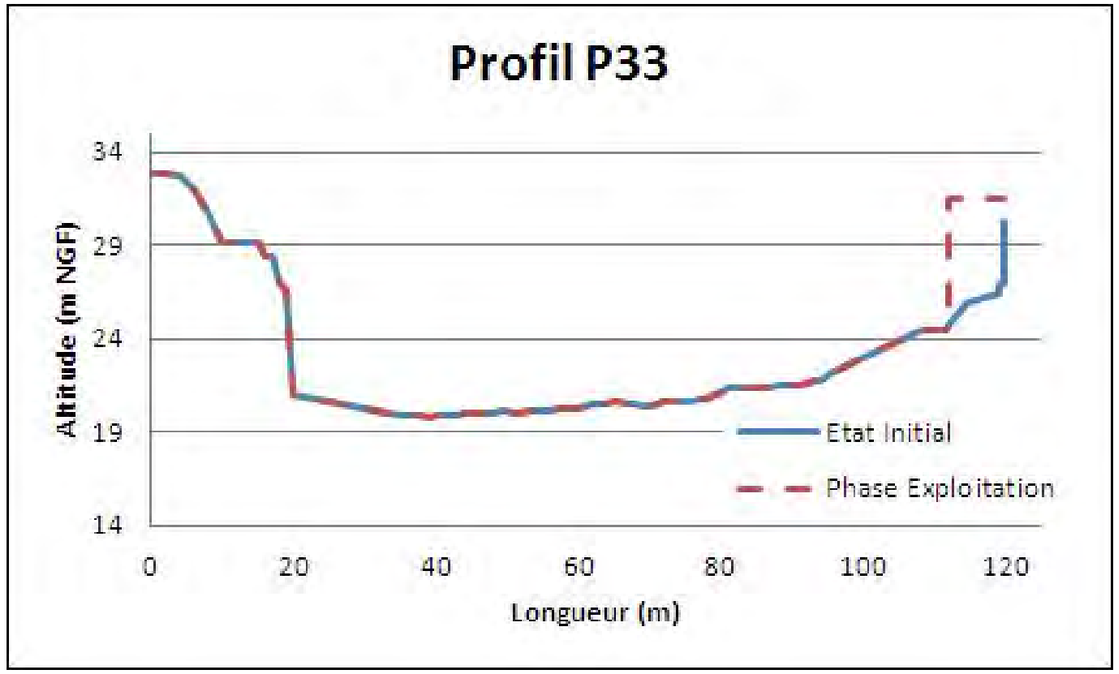
Ainsi, au droit de la gare de Pont de Sèvres, la modélisation de la phase exploitation en lit majeur consiste à considérer :

- les émergences non submersibles (grilles de ventilation, puits de lumière, sortie de gare),
- un quai au-dessus de la galerie Sevesc à la cote 31,50 m NGF,
- un niveau de terrain sur le reste de l'emprise chantier égal au terrain naturel actuel.

La topographie du site sera identique à l'état actuel excepté le quai rehaussé à la cote 31,50 m NGF.

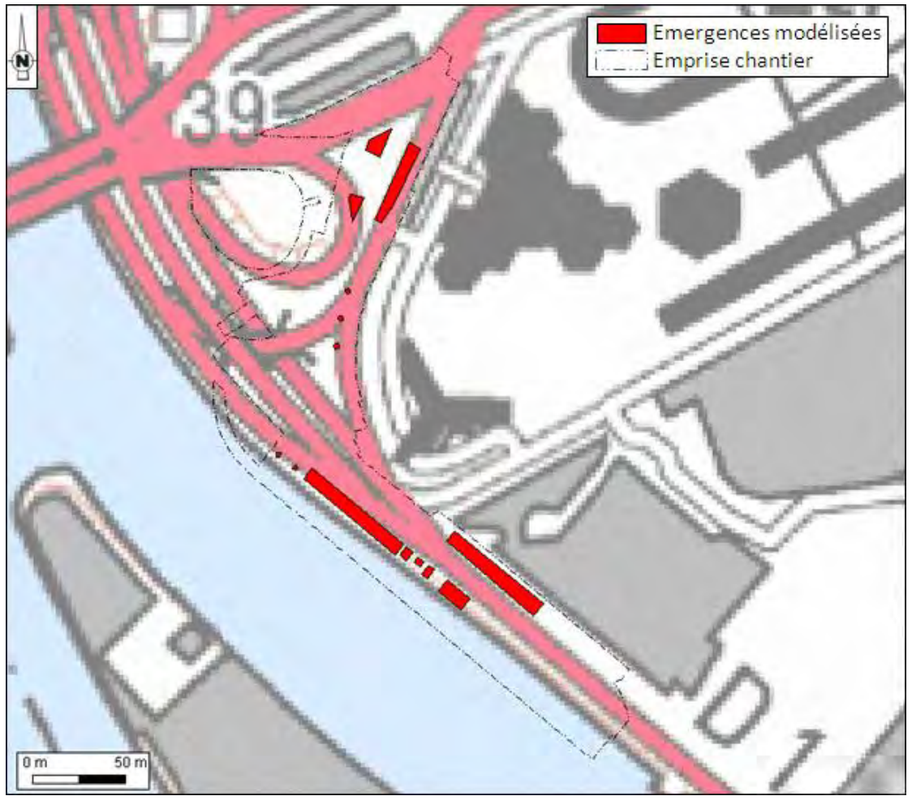
La galerie Sevesc, rétablie au sud de la gare, sera située dans le lit mineur de la Seine. Un quai sera créé au-dessus de cette galerie à la cote 31,50 m NGF. L'emprise du projet en lit mineur en phase exploitation est moindre que celle de la phase chantier. Elle est modélisée par un reprofilage des profils en travers au droit de la gare de Pont de Sèvres sur un linéaire d'environ 160 m (du profil P31 au profil P36) afin de reproduire la réduction de la section mouillée.

Le graphique ci-après montre un exemple des reprofilages réalisés pour la modélisation de la phase exploitation.



Graphique 45 : Exemple de prise en compte de la phase exploitation en lit mineur – Gare de Pont Sèvres – Profil P33

Les émergences considérées comme non submersibles sont présentées sur la carte suivante.



Carte 130 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de la gare Pont de Sèvres

c. OA ZAC SEAM

En phase définitive, les trappes d'accès matériel, les grilles de ventilation et les accès secours seront rehaussés de 20 cm au-dessus-de la cote de la crue de 1910 (31.55 m NGF), soit à la cote 31.75 m NGF, pour éviter les entrées d'eau.

Le terrain de l'emprise chantier est nivelé à la cote du terrain naturel actuel abaissé de 2 cm, soit à la cote moyenne de 30.98 m NGF, afin de compenser les volumes prélevés à la crue. Ce nivellement est le même que celui réalisé en phase chantier.

Ainsi, au droit de l'Ouvrage Annexe de la ZAC SEAM, la modélisation de la phase exploitation consiste à considérer :

- les émergences non submersibles (grilles de ventilation, puits de lumière, sortie de secours),
- l'emprise chantier à la cote 30,98 m NGF.

Les émergences ainsi considérées comme non inondables sont présentées sur la carte suivante.



Carte 131 : Emprise des zones modélisées en exploitation chantier au droit de l'OA ZAC SEAM

d. OA Place de la Résistance

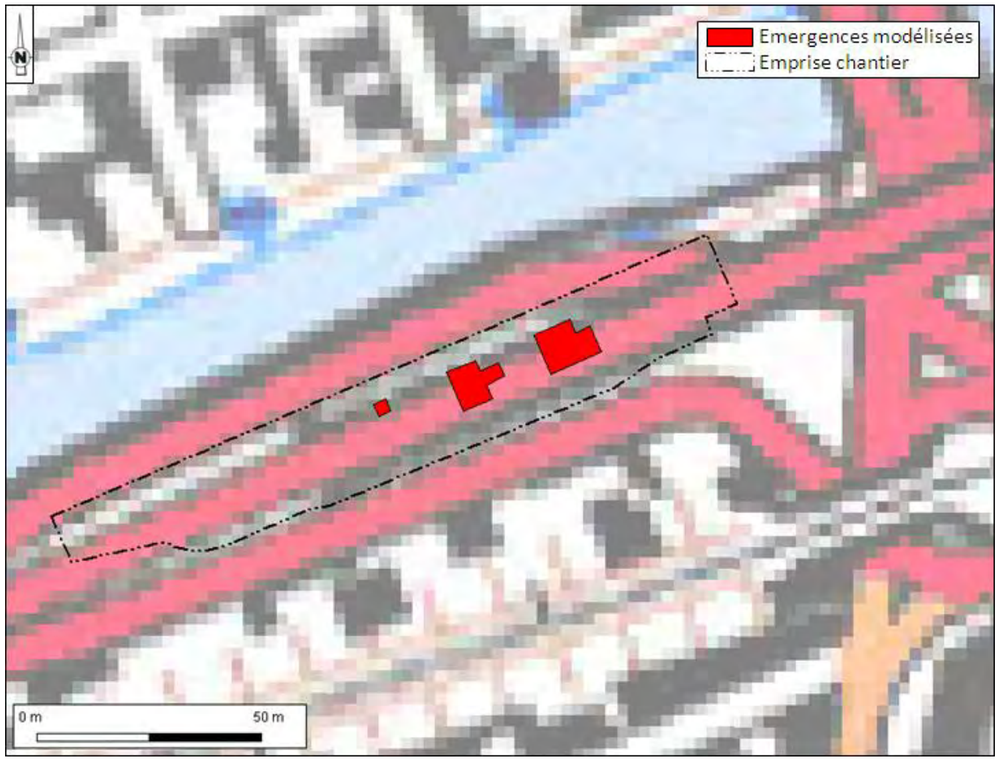
En phase définitive, les trappes d'accès matériel, les grilles de ventilation et les accès secours seront rehaussées à la cote 31,85 m NGF (cote de la crue de 1910 (31.65 m NGF) + 20 cm) pour éviter les entrées d'eau.

Le niveau du terrain naturel sera abaissé de 8 cm sur l'ensemble de l'emprise travaux, soit à la cote moyenne de 30.74 m NGF, afin de compenser les volumes pris à la crue. Ce nivellement est identique à celui réalisé en phase chantier.

Au droit de l'Ouvrage Annexe de la Place de la Résistance, la modélisation de la phase exploitation consiste à considérer :

- les émergences non submersibles (grilles de ventilation, puits de lumière, sortie de secours),
- un niveau de terrain égal au terrain naturel actuel abaissé de 8 cm.

Les émergences ainsi considérées comme non inondables sont présentées sur la carte suivante.



Carte 132 : Emprise des zones modélisées en phase exploitation au droit de l'OA Place de la Résistance

e. Gare d'Issy RER

Cette gare étant située hors zone inondable pour les différentes crues simulées, elle n'a pas été intégrée au modèle hydraulique.

3.4.3.2 Incidences hydrauliques en phase exploitation

a. Crue de 1982 (crue décennale)

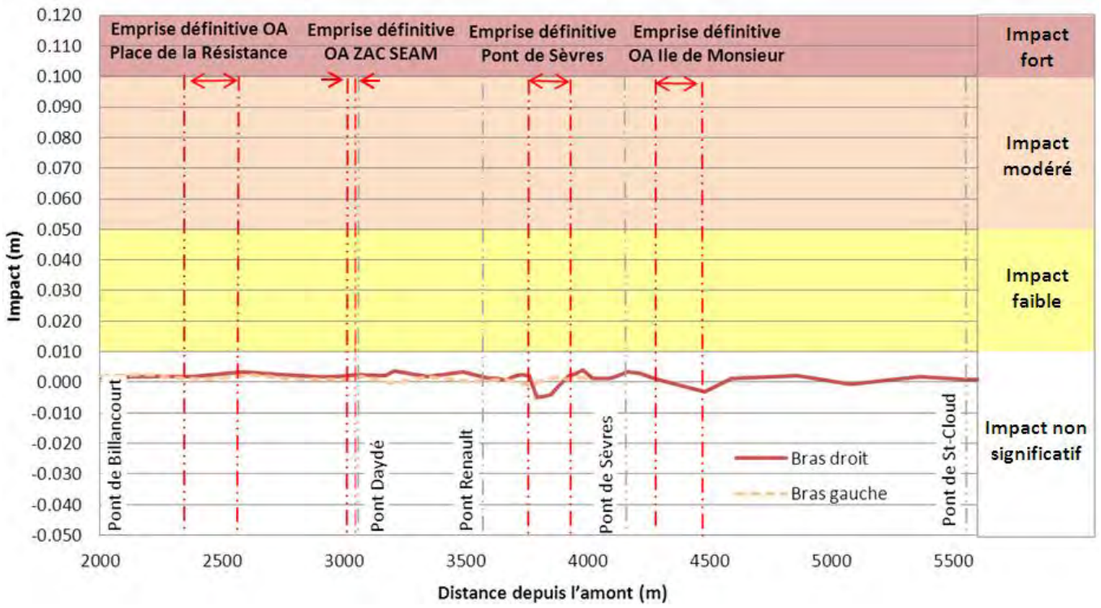
La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Le seul impact potentiel est donc situé en lit mineur.

Lors de la phase d'exploitation, le projet a un impact non significatif sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 (variation du niveau de +/- 0.5 cm).

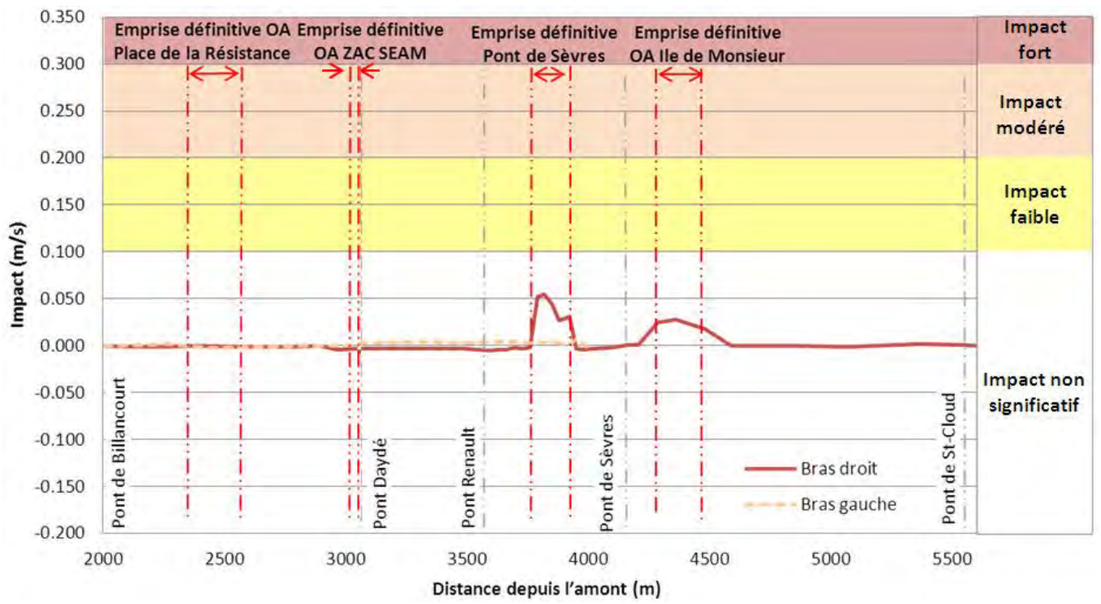
Lors de la phase d'exploitation, le projet a un impact non significatif sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1982 (incidence de l'ordre de 0.05 m/s).

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement pour la crue de 1982.

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur sont présentées à travers les profils en long ci-après.



Graphique 46 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982



Graphique 47 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1982

b.Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955 étant faiblement débordante, seul l'Ouvrage Annexe de l'Ile de Monsieur peut avoir un impact sur les inondations en lit majeur.

Lors de la phase d'exploitation, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau (de l'ordre de 0,5 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres,
- un léger abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre de 1 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

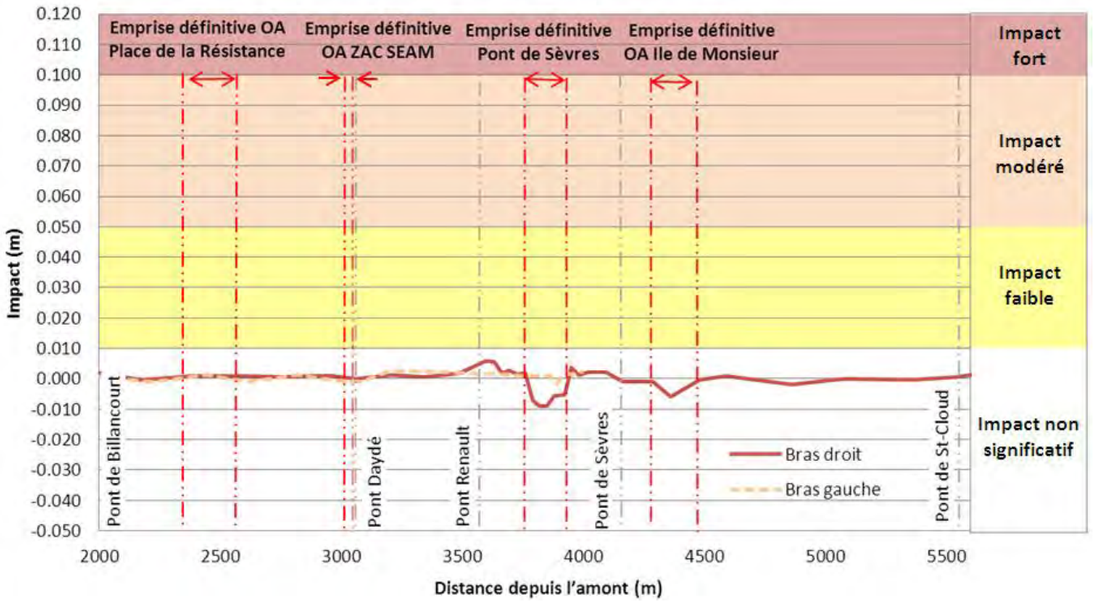
Lors de la phase d'exploitation, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1955 sont :

- une légère diminution des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,05 m/s) en amont de la gare de Pont de Sèvres,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,06 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement du lit mineur (de l'ordre de 0,03 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

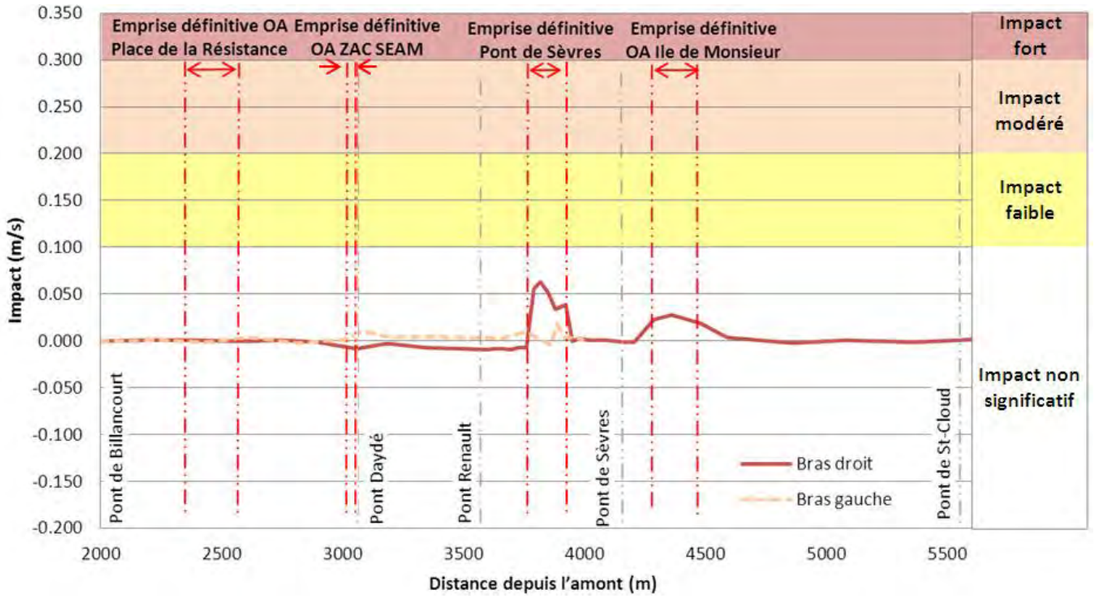
L'emprise d'exploitation de l'OA Ile de Monsieur étant décaissée en phase travaux, une zone, non inondable à l'état actuel, est rendue accessible à la crue.

La phase d'exploitation ne présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau et les vitesses d'écoulement pour la crue de 1955.

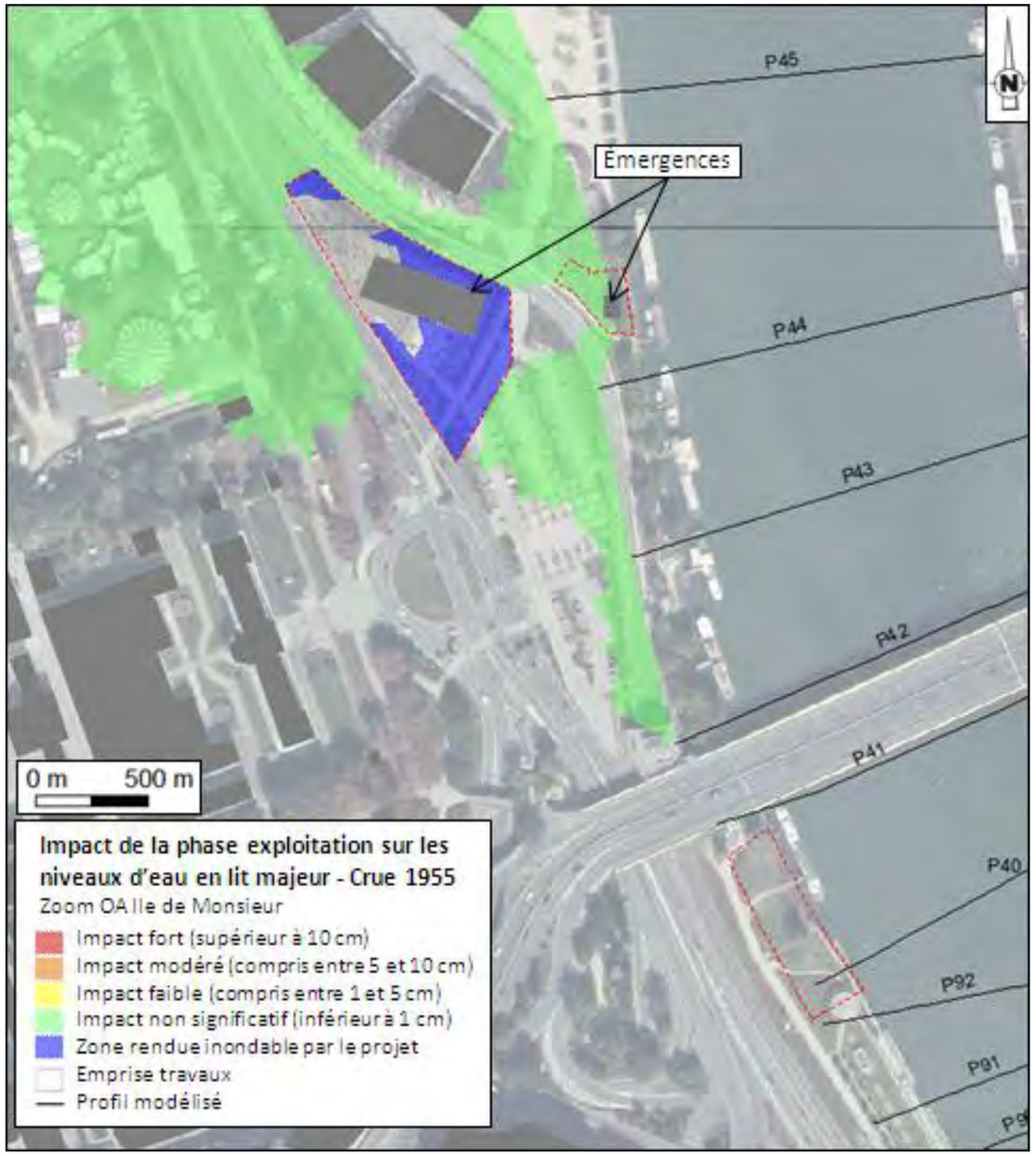
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



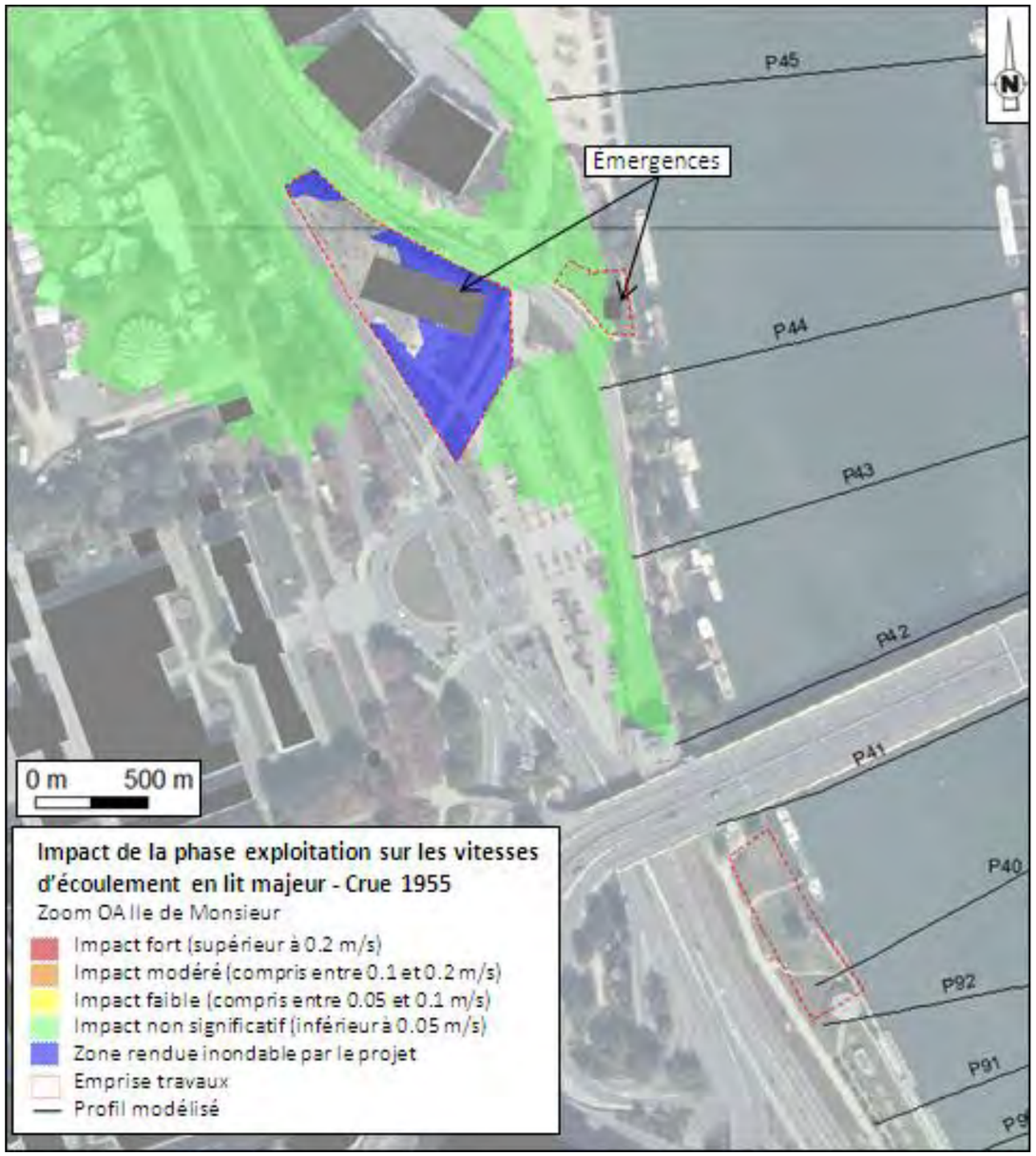
Graphique 48 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955



Graphique 49 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1955



Carte 133 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur– Crue 1955 – Zoom OA Ile de Monsieur



Carte 134 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1955 – Zoom OA Ile de Monsieur

c. Crue cinquantennale

La crue cinquantennale, similaire à la crue de 1955, est faiblement débordante. Ainsi, seul l'Ouvrage Annexe de l'Ile de Monsieur peut avoir un impact sur les inondations en lit majeur.

Lors de la phase exploitation, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue cinquantennale sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau (de l'ordre de 0,5 cm) en amont de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (de l'ordre de 0,5 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact non significatif,
- un léger abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre de 0,7 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

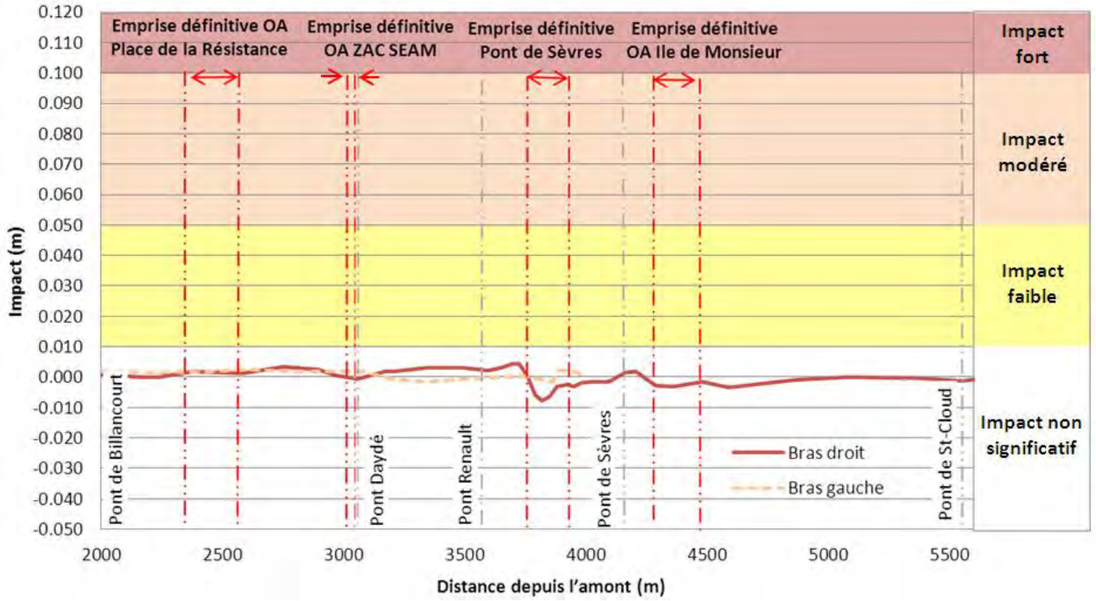
Lors de la phase exploitation, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue cinquantennale sont :

- une légère augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (de l'ordre de 0,05 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur et de la gare de Pont de Sèvres,
- une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,16 m/s) à proximité immédiate de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact modéré.

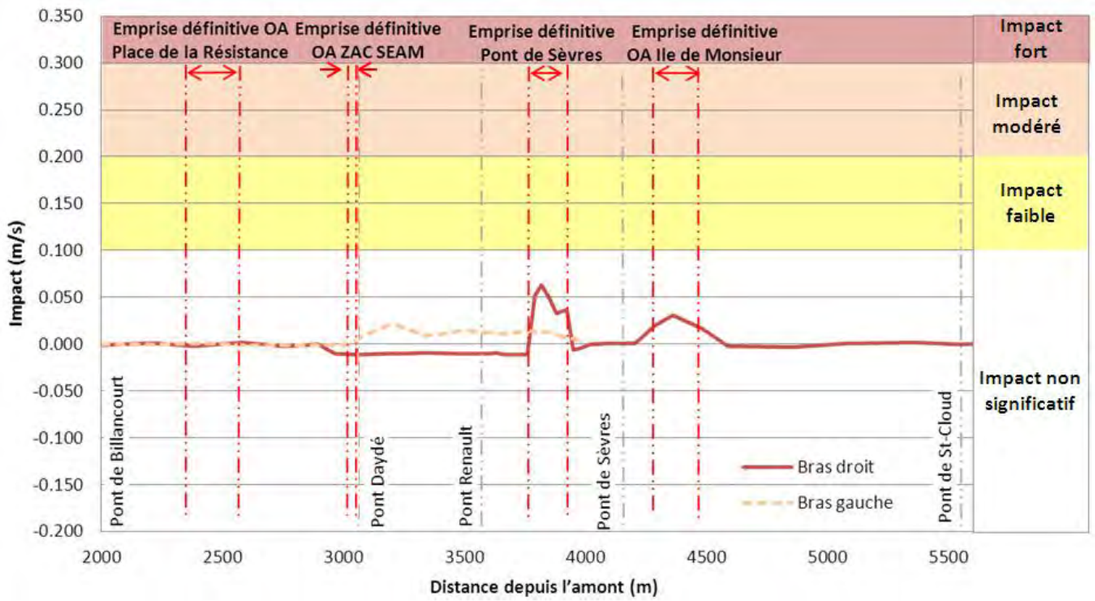
L'emprise travaux de l'OA Ile de Monsieur étant décaissée en phase travaux, une zone, non inondable à l'état actuel, est rendue accessible à la crue.

La phase exploitation présente donc un impact non significatif sur les niveaux d'eau en lit mineur et majeur (impact inférieur à 1 cm). Un impact modéré (environ 0.16 m/s) est observé sur les vitesses d'écoulement en lit majeur pour la crue cinquantennale (impact non significatif sur les vitesses d'écoulement en lit mineur).

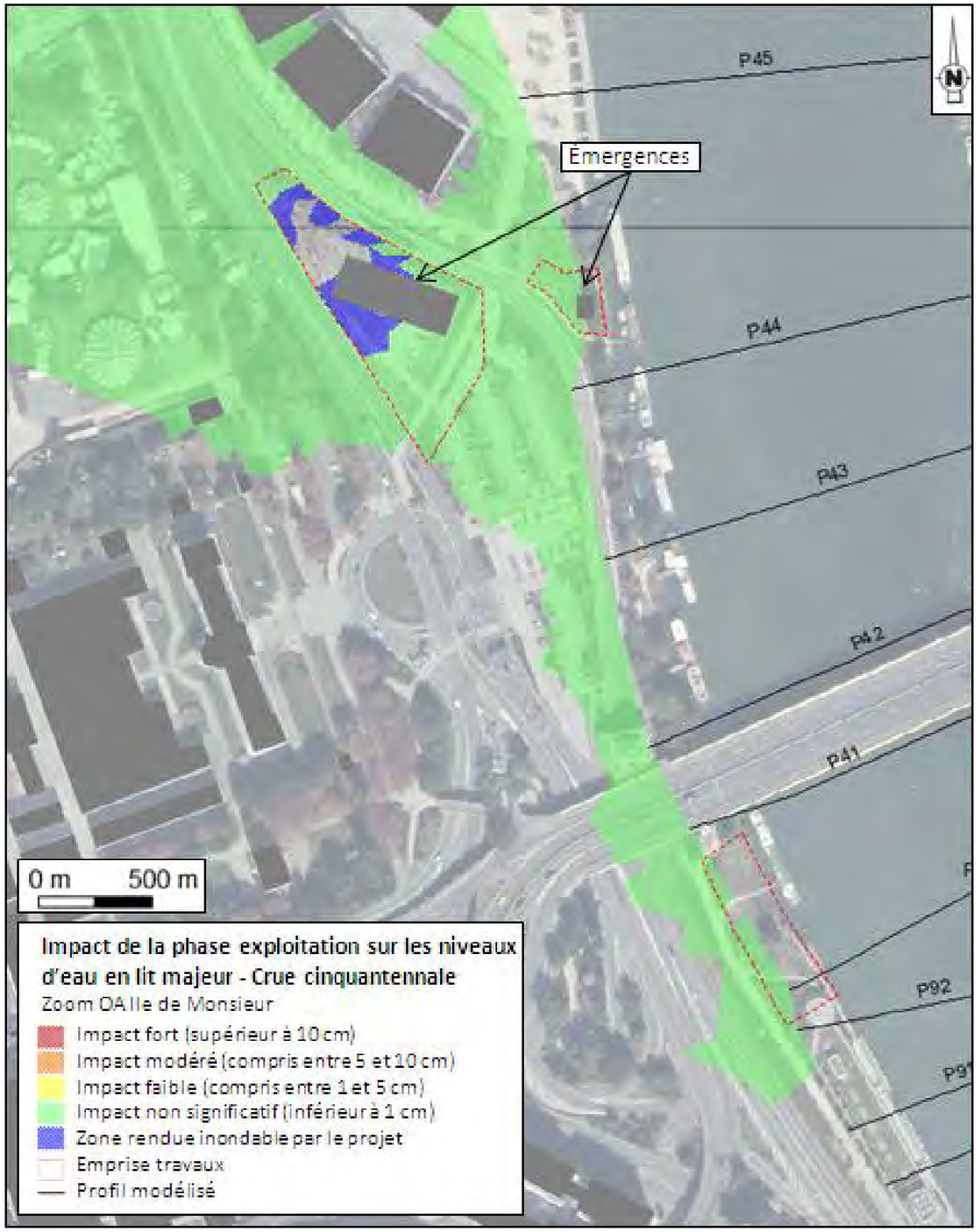
Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



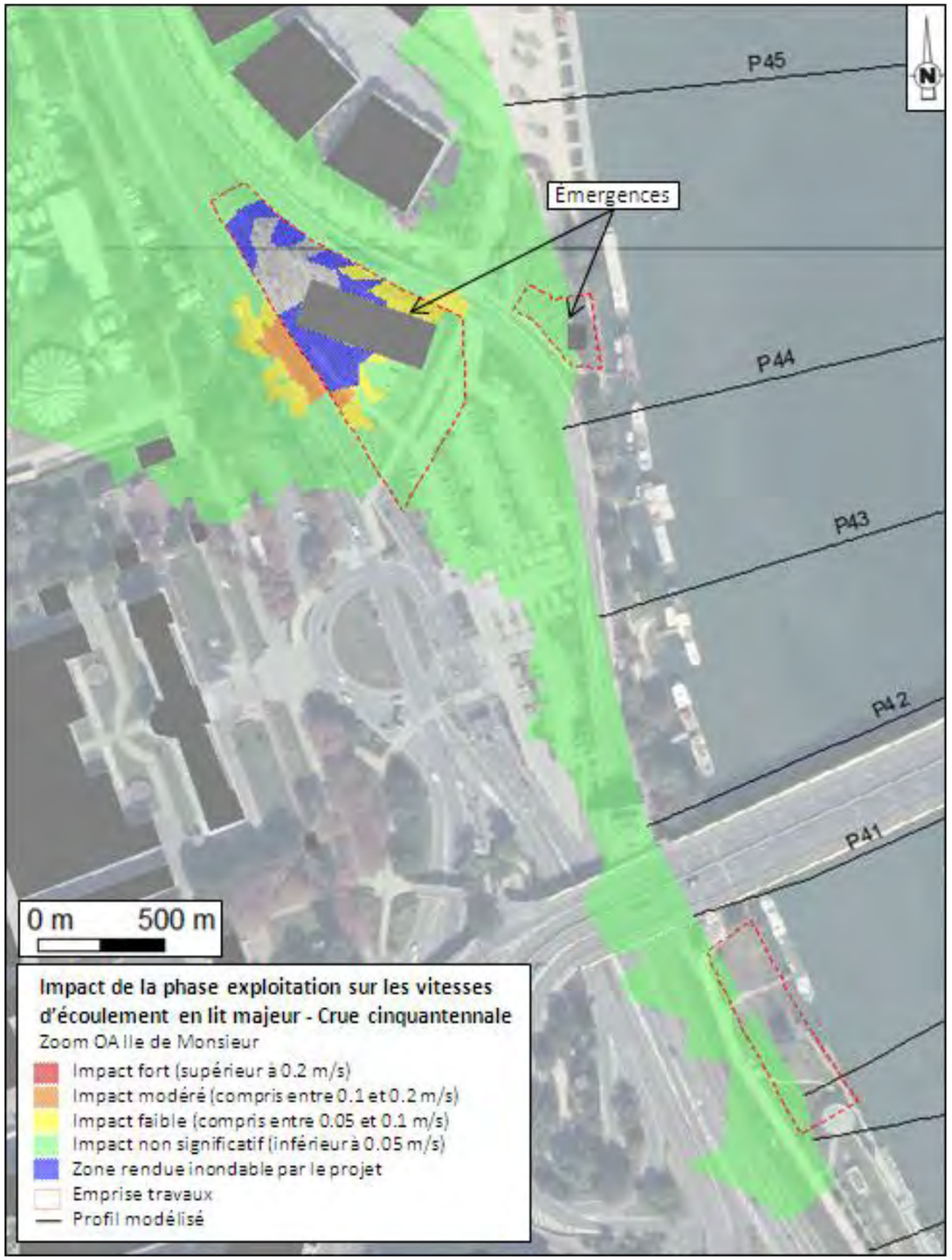
Graphique 50 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue cinquantennale



Graphique 51 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue cinquantennale



Carte 135 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur



Carte 136 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue cinquantennale – Zoom OA Ile de Monsieur

d.Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI des Hauts-de Seine. Cette crue débordante peut être impactée par l'OA Ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA place de la Résistance. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

Lors de la phase exploitation, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

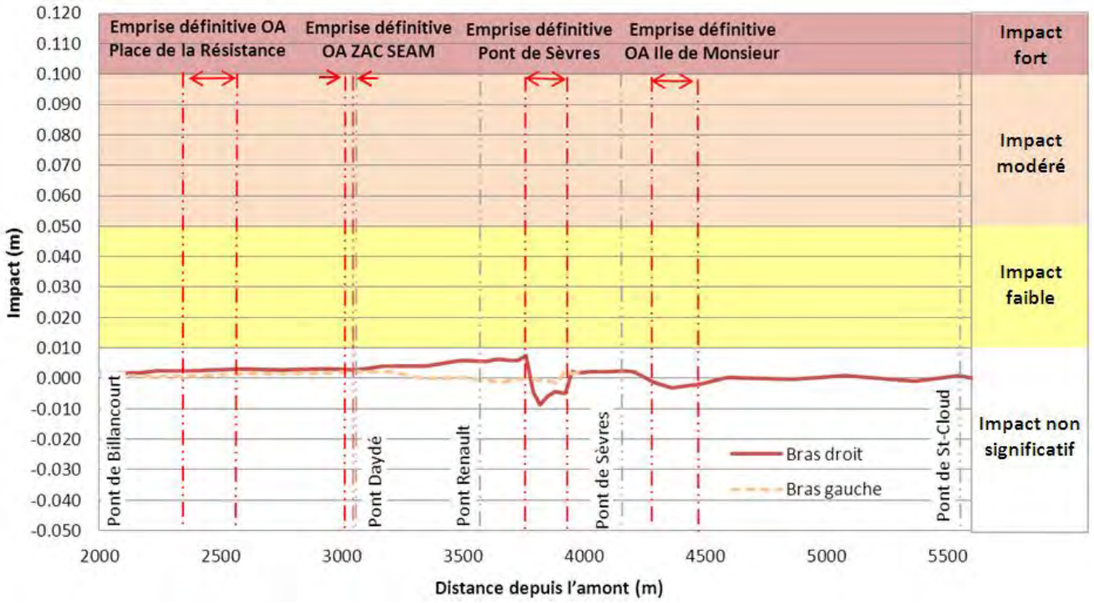
- Un très léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 5 mm) en amont de la gare de Pont de Sèvres (en lit mineur et majeur) correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres (en lit mineur et majeur) correspondant à un impact non significatif,
- un léger abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre de 3 mm) au droit de l'OA Ile de Monsieur,
- un abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre du centimètre) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Lors de la phase exploitation, les incidences sur les vitesses d'écoulement pour la crue de 1910 sont :

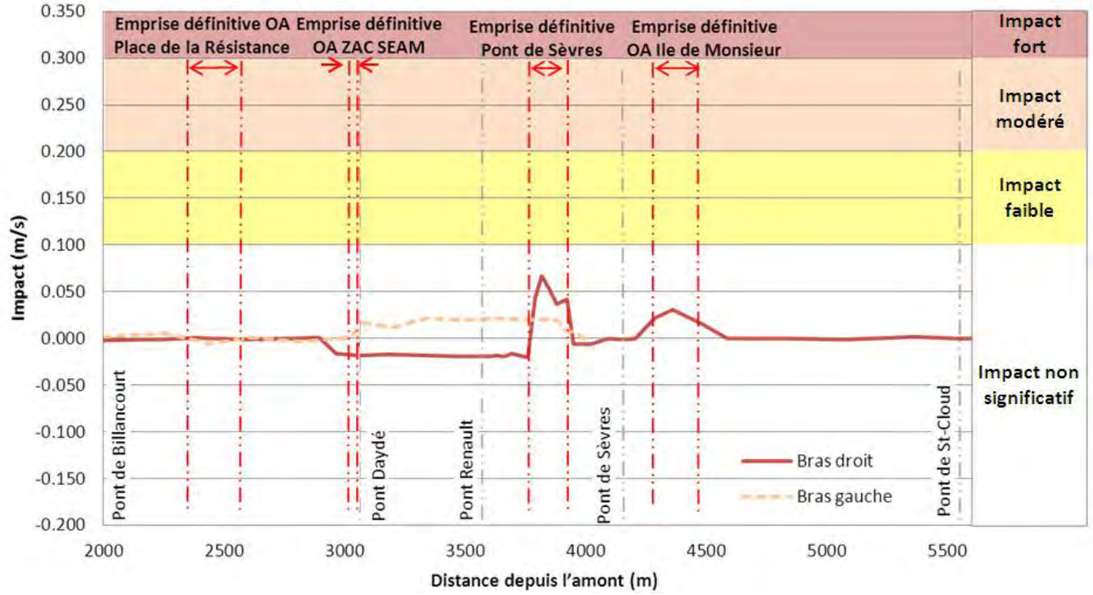
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement en lit mineur (jusqu'à 0,07 m/s) au droit de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact non significatif,
- une légère augmentation des vitesses d'écoulement du lit mineur (de l'ordre de 0,04 m/s) au droit de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- une augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,18 m/s) à proximité immédiate des aménagements de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact modéré,
- une légère augmentation locale des vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0,09 m/s) à proximité immédiate de l'OA Place de la Résistance correspondant à un impact faible.

La phase exploitation présente un impact non significatif (inférieur à 1 cm) sur les niveaux d'eau en lit majeur et mineur. Un impact local et modéré sur les vitesses d'écoulement en lit majeur (0.18 m/s). Les impacts sur les vitesses d'écoulement en lit mineur sont non significatifs (inférieur à 0.1 m/s) pour la crue de 1910.

Les comparaisons (entre état initial et état projet en phase exploitation) des niveaux d'eau et des vitesses d'écoulement en lit mineur et majeur sont présentées à travers les cartes et profils en long ci-après.



Graphique 52 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1910



Graphique 53 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit mineur – Crue 1910

Remarque :

Afin de s'assurer de la validité des calculs numériques, l'impact sur les niveaux d'eau en lit mineur de la crue 1910 a également été calculé par la formule empirique de Bradley pour la phase exploitation :

$$\Delta h = K^* \times \frac{V_a^2}{2g}$$

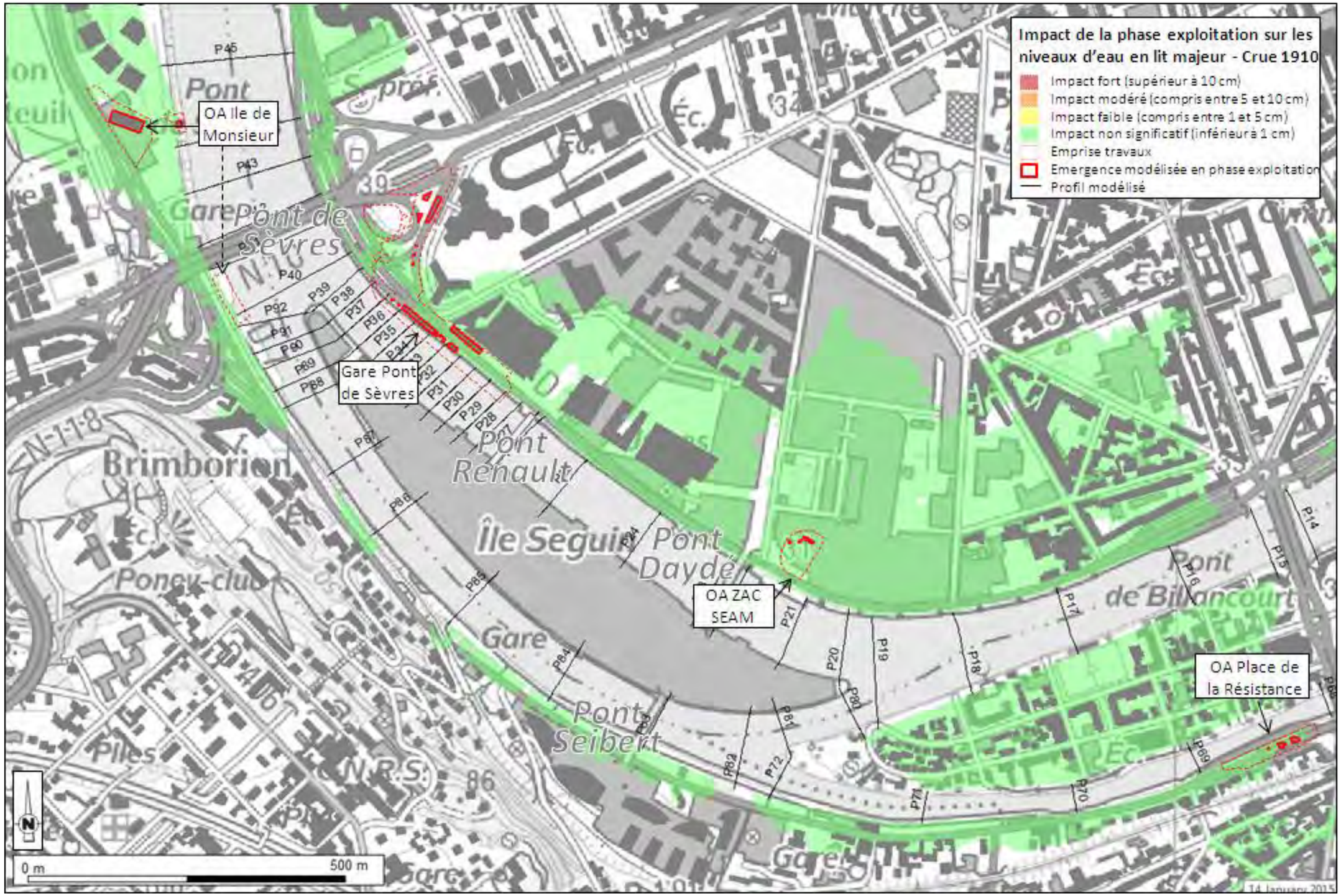
Avec : Δh la perte de charge maximale induite par l'ouvrage,

K^* un coefficient déterminé à l'aides des abaques de Bradley,

V_a la vitesse moyenne de l'écoulement dans la section rétrécie sous la hauteur h_n (hauteur d'eau observée pour le même débit sans rétrécissement de section).

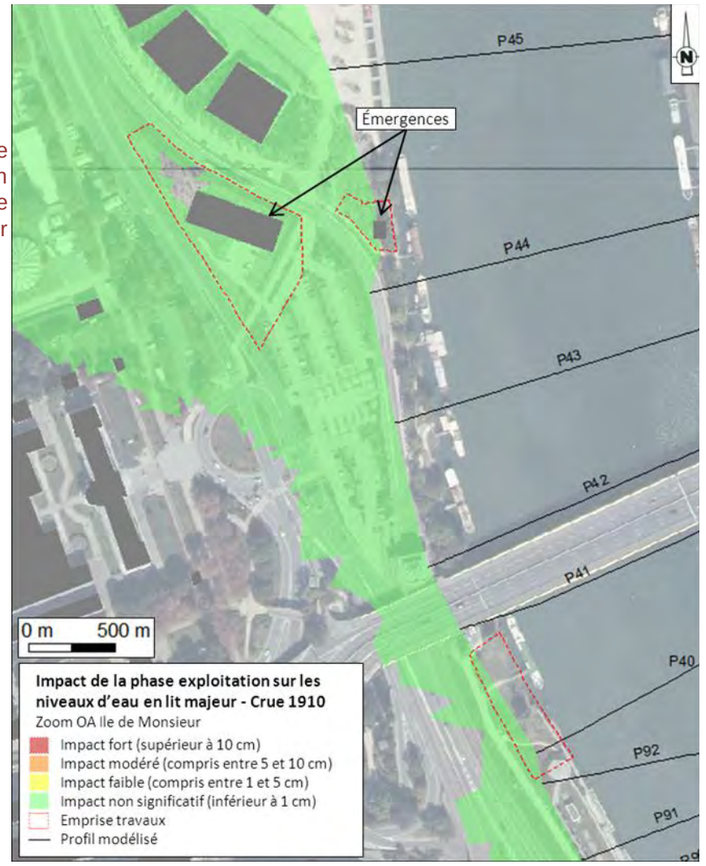
Par la formule de Bradley, la perte de charge maximale observée par le rétrécissement de section est de 1.3 cm contre 1.6 cm par la modélisation (différence entre l'abaissement (- 0.9 cm) et l'augmentation (+ 0.7 cm) de la ligne d'eau au droit de la gare).

Les ordres de grandeur des résultats obtenus par modélisation et par la formule empirique sont du même ordre de grandeur. Les incidences calculées par la modélisation (légèrement supérieures à celles calculées par la formule de Bradley) sont donc cohérentes.

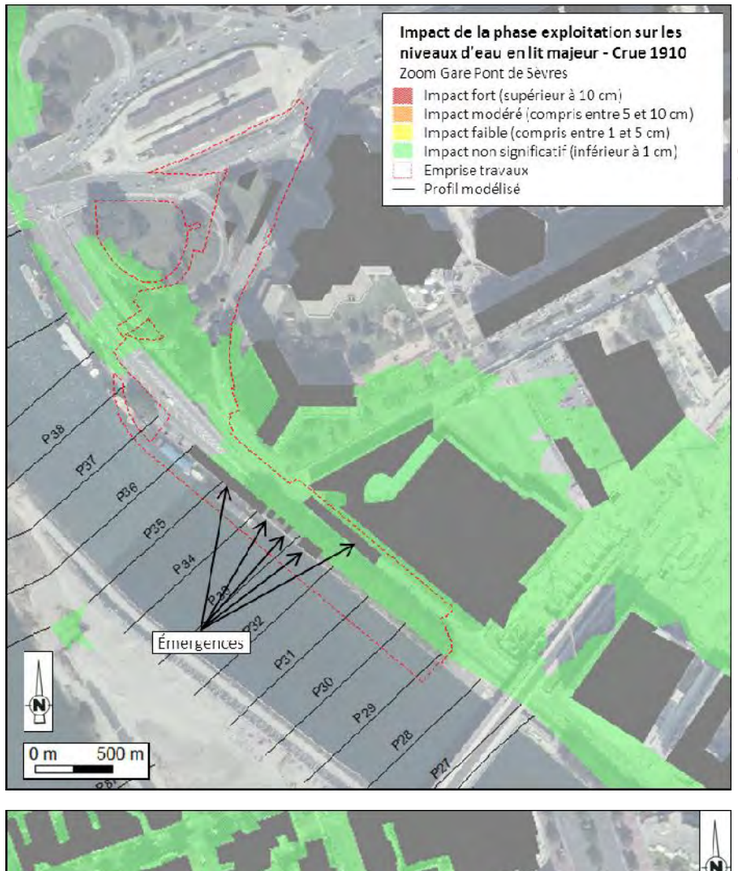


Carte 137 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur– Crue 1910

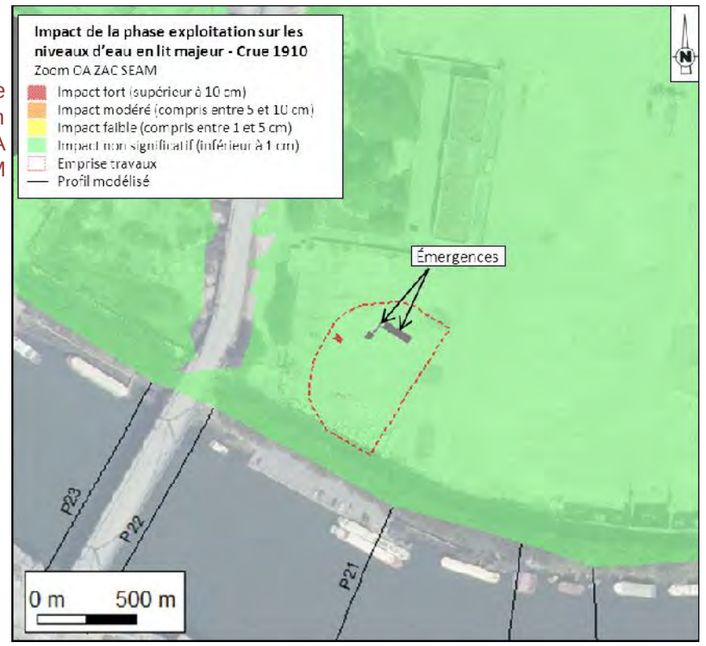
Carte 138 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Ile de Monsieur



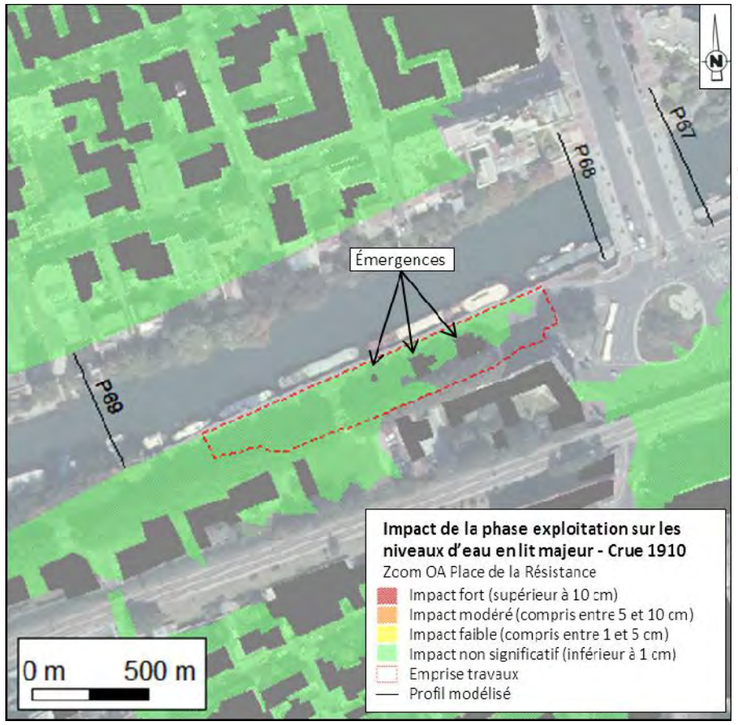
Carte 139 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Pont de Sèvres

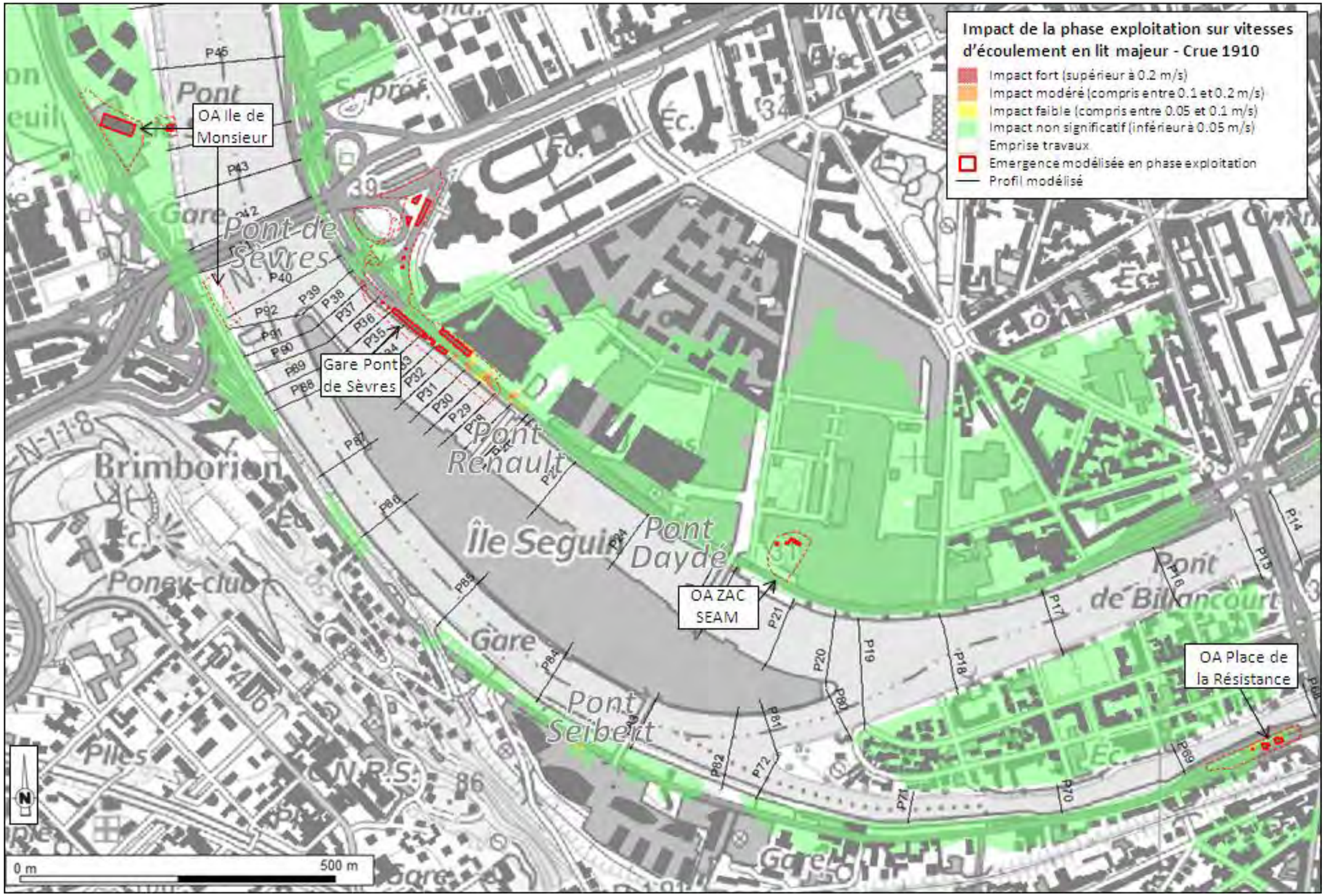


Carte 140 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA ZAC SEAM



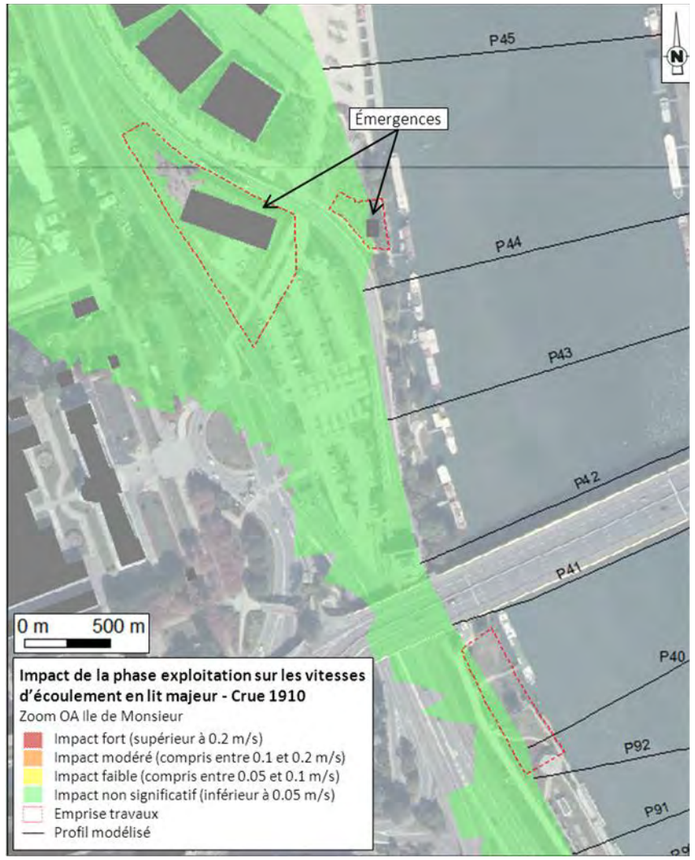
Carte 141 : Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Place de la Résistance



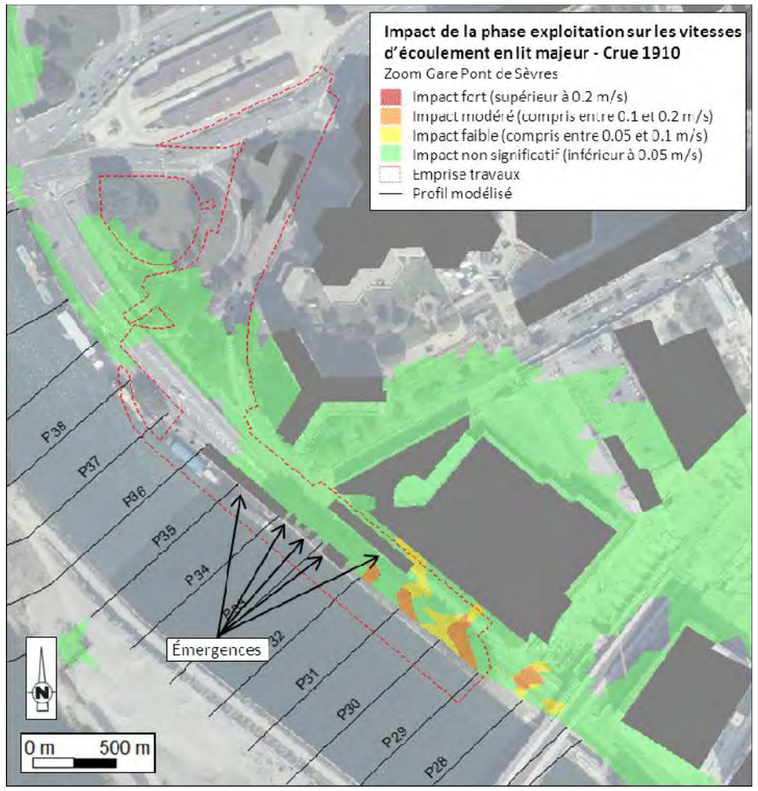


Carte 142 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910

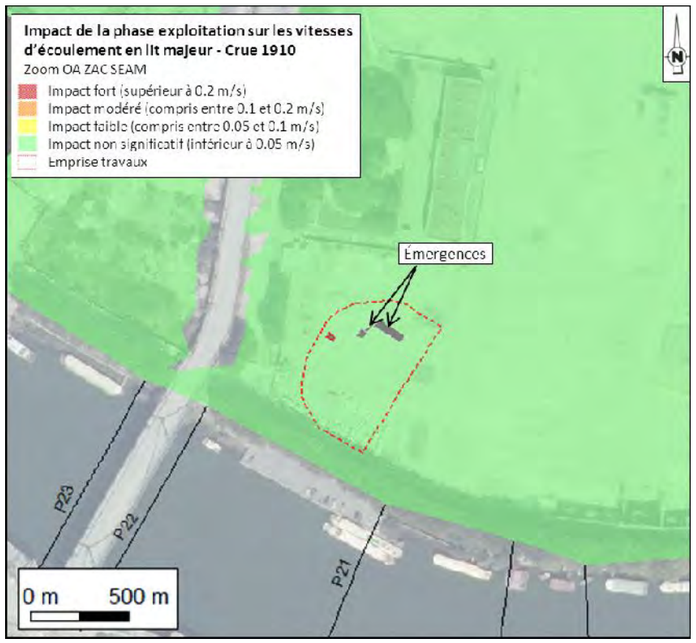
Carte 143 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Ile de Monsieur



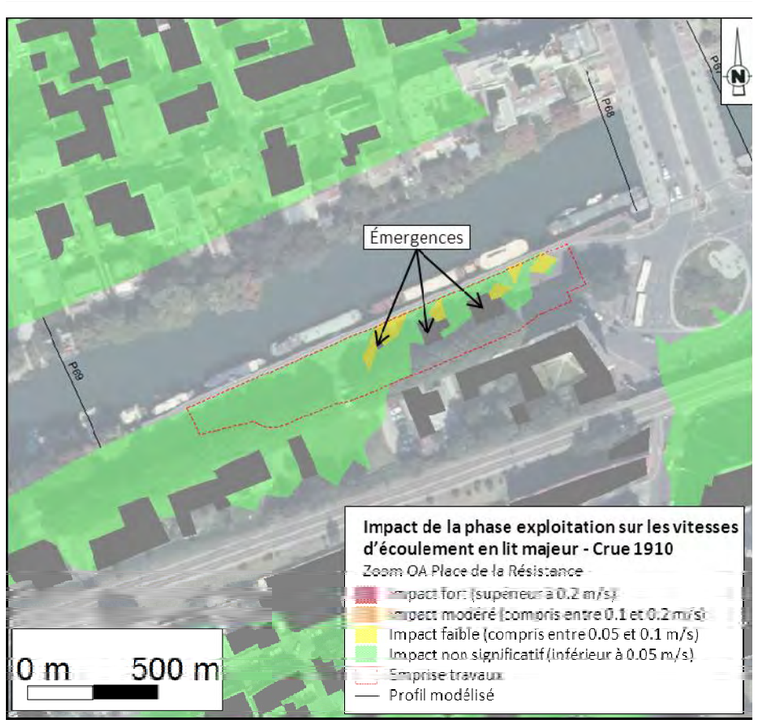
Carte 144 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom Gare Pont de Sèvres



Carte 145 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA ZAC SEAM



Carte 146 : Impact de la phase exploitation sur les vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue 1910 – Zoom OA Place de la Résistance



3.4.4 Conclusion sur les incidences hydrauliques

3.4.4.1 Phase travaux

En phase travaux, le projet du Grand Paris Express a un impact faible (inférieur à 3 cm) sur les niveaux d'eau en lit mineur et majeur sur un linéaire d'environ 1 km en amont de la gare de Pont de Sèvres et un impact modéré sur les vitesses d'écoulement en lit mineur (inférieur à 0.25 m/s) quelle que soit la crue étudiée. Les incidences engendrées par l'implantation de ducs d'Albe au droit de l'Ile Monsieur sont non significatifs.

Globalement, les impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur sont non significatifs. Cependant, des impacts localisés (au droit de la gare de pont de Sèvres et de l'OA Ile de Monsieur) et modérés sur les vitesses d'écoulement en lit majeur (jusqu'à 0.18 m/s) apparaissent pour les crues de périodes de retour supérieures à 50 ans.

3.4.4.1 Phase exploitation

En phase exploitation, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau en lit mineur et majeur (impact inférieur au centimètre) ainsi que sur les vitesses d'écoulement en lit mineur (impact inférieur à 0.1 m/s) quelle que soit la crue étudiée et quels que soient les aménagements considérés (gare de Pont de Sèvres et ouvrages annexes).

Globalement, les impacts sur les vitesses d'écoulement en lit majeur sont non significatifs. Cependant, des impacts très localisés (au droit des futurs aménagements) et modérés sur les vitesses d'écoulement en lit majeur (inférieur à 0.2 m/s) apparaissent pour les crues de périodes de retour supérieures à 50 ans.

3.5 Mise en œuvre de mesures de réduction des incidences sur les lignes d'eau en phase chantier

Afin de réduire l'impact de la phase chantier sur les niveaux d'eau (2,6 cm), la maîtrise d'œuvre a proposé une modification de l'estacade consistant en un rétrécissement de celle-ci.

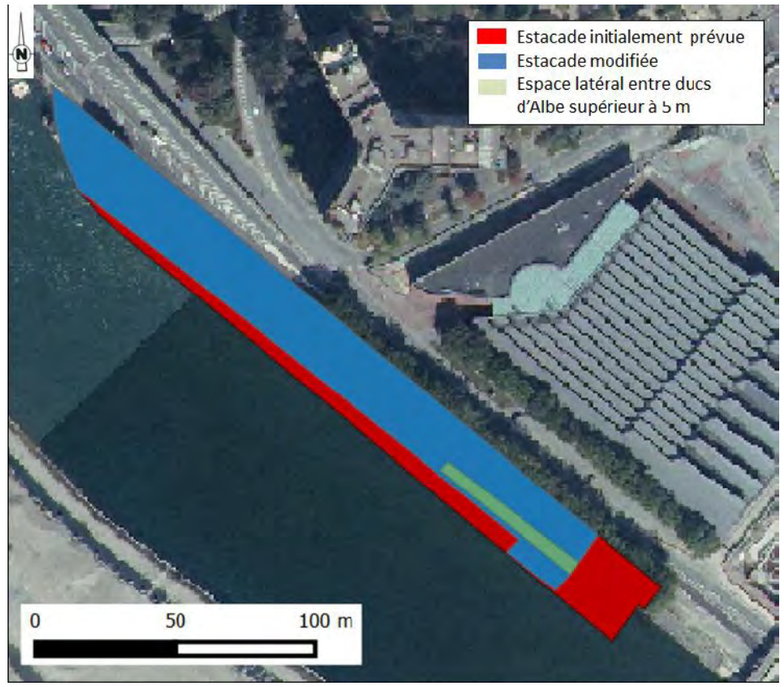
3.5.1 Définition et modélisation de la phase chantier modifiée

La modélisation en lit majeur de la phase chantier est identique à celle présentée au paragraphe 3.4.2.1. La seule modification intervient sur l'estacade présente dans le lit mineur au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Celle-ci est rétrécie d'environ 5 m sur la quasi-totalité de sa longueur. D'autre part, sur les 60 premiers mètres de l'estacade modifiée, la largeur latérale entre deux ducs d'Albe est de 6 m. Ceci permet, conformément à la doctrine DRIEE « Aménagement impactant le libre écoulement des eaux », de ne pas considérer l'estacade comme entièrement pleine sur les 60 premiers mètres : seuls les espaces latéraux inférieurs ou égaux à 5 m sont considérés obstrués.

La carte suivante présente de manière succincte les différences entre l'estacade initiale et celle modifiée.

De la même manière que pour la phase travaux, l'estacade modifiée a été modélisée par un reprofilage des profils en travers au droit de la gare de Pont de Sèvres sur un linéaire d'environ 240 m (du profil P30 à P38).



Carte 50 : Différence entre l'estacade initiale et l'estacade modifiée

3.5.2 Incidences de la phase chantier modifiée

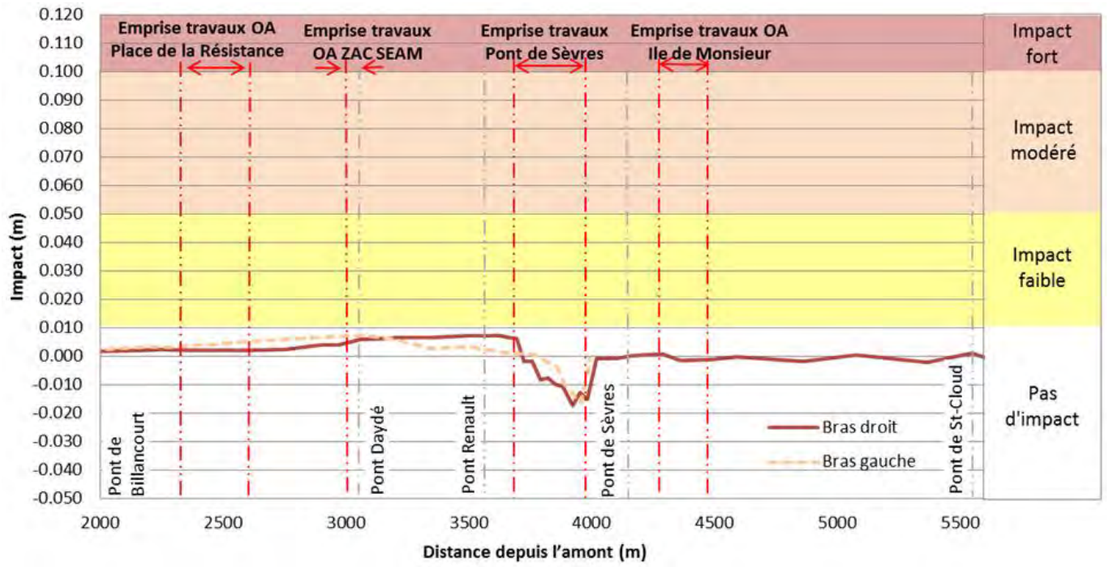
a. Crue de 1982 (crue décennale)

La crue de 1982 étant non débordante, le projet n'a aucun impact en lit majeur. Les seuls impacts potentiels sont donc situés en lit mineur.

Lors de la phase travaux modifiée, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1982 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau inférieur centimètre en amont de la gare de Pont de Sèvres (impact non significatif),
- un abaissement de la ligne d'eau (de 1 à 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact non significatif sur les niveaux d'eau (impact inférieur au centimètre, cf. graphique suivant).



Graphique 26 : Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1982

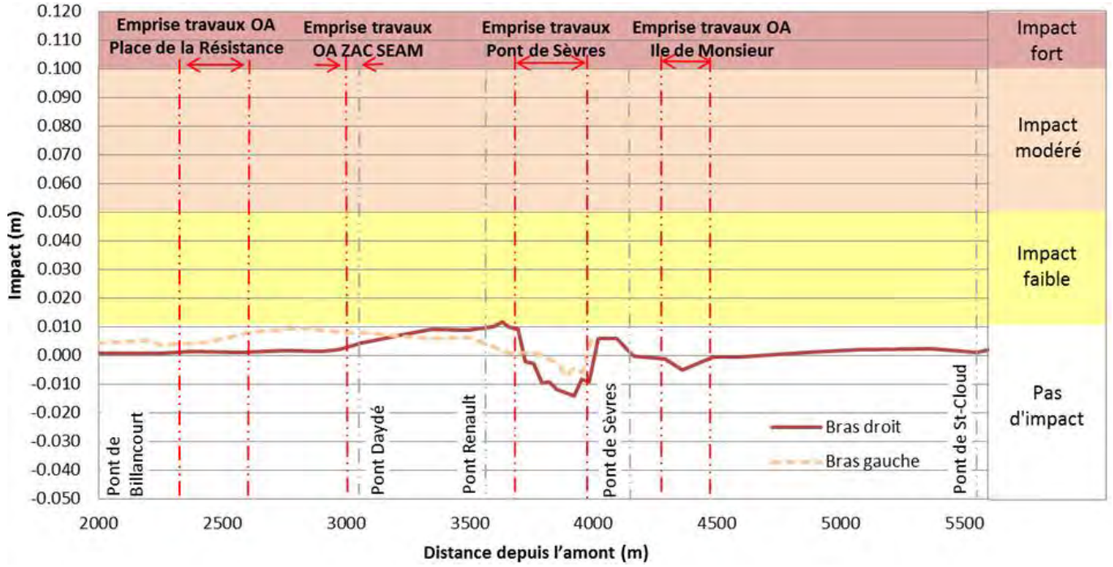
b. Crue de 1955 (crue trentennale)

La crue de 1955 étant faiblement débordante, le seul l'ouvrage annexe pouvant avoir un impact sur les inondations en lit majeur est l'OA Ile de Monsieur. L'impact non significatif de cet ouvrage sur la crue de 1955 est inchangé par la modification de la phase travaux initialement prévue.

Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1955 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau de l'ordre du centimètre (inférieur à 1,1 cm) sur un linéaire d'environ 100 m en amont de la gare de Pont de Sèvres correspondant à un impact faible,
- un abaissement de la ligne d'eau (de 1 à 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres,
- un impact non significatif est observé en lit majeur.

Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1.1 cm, cf. graphique suivant).



Graphique 27 : Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955

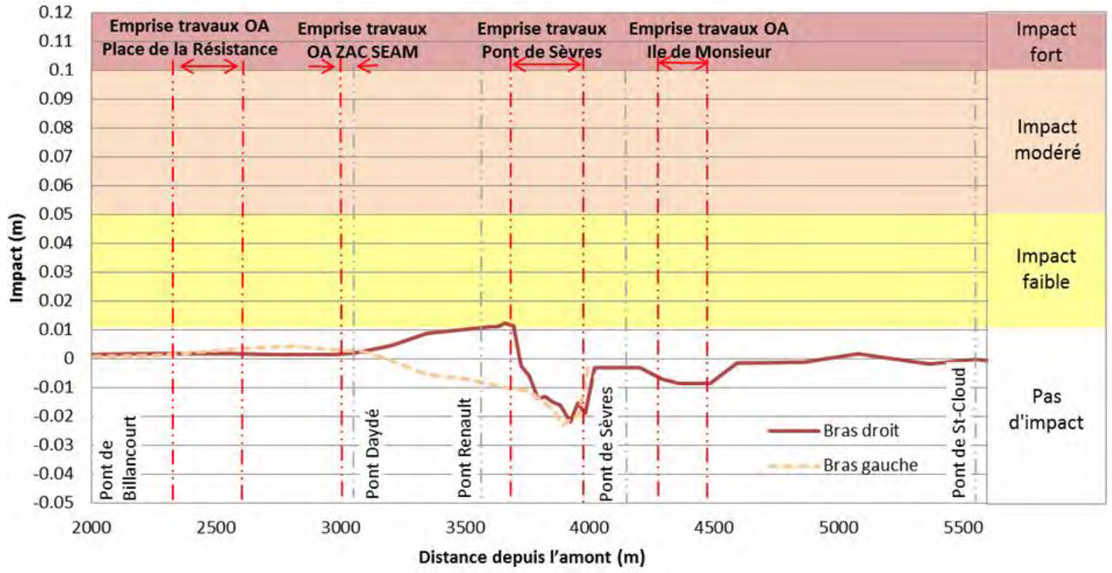
c. Crue de 1910 (crue centennale)

La crue de 1910, d'occurrence cent ans, est la crue réglementaire du PPRI des Hauts-de Seine. Cette crue débordante peut être impactée par l'OA Ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA place de la Résistance. Seuls ces ouvrages sont situés dans l'emprise de la zone inondable en cas de crue similaire à celle de 1910.

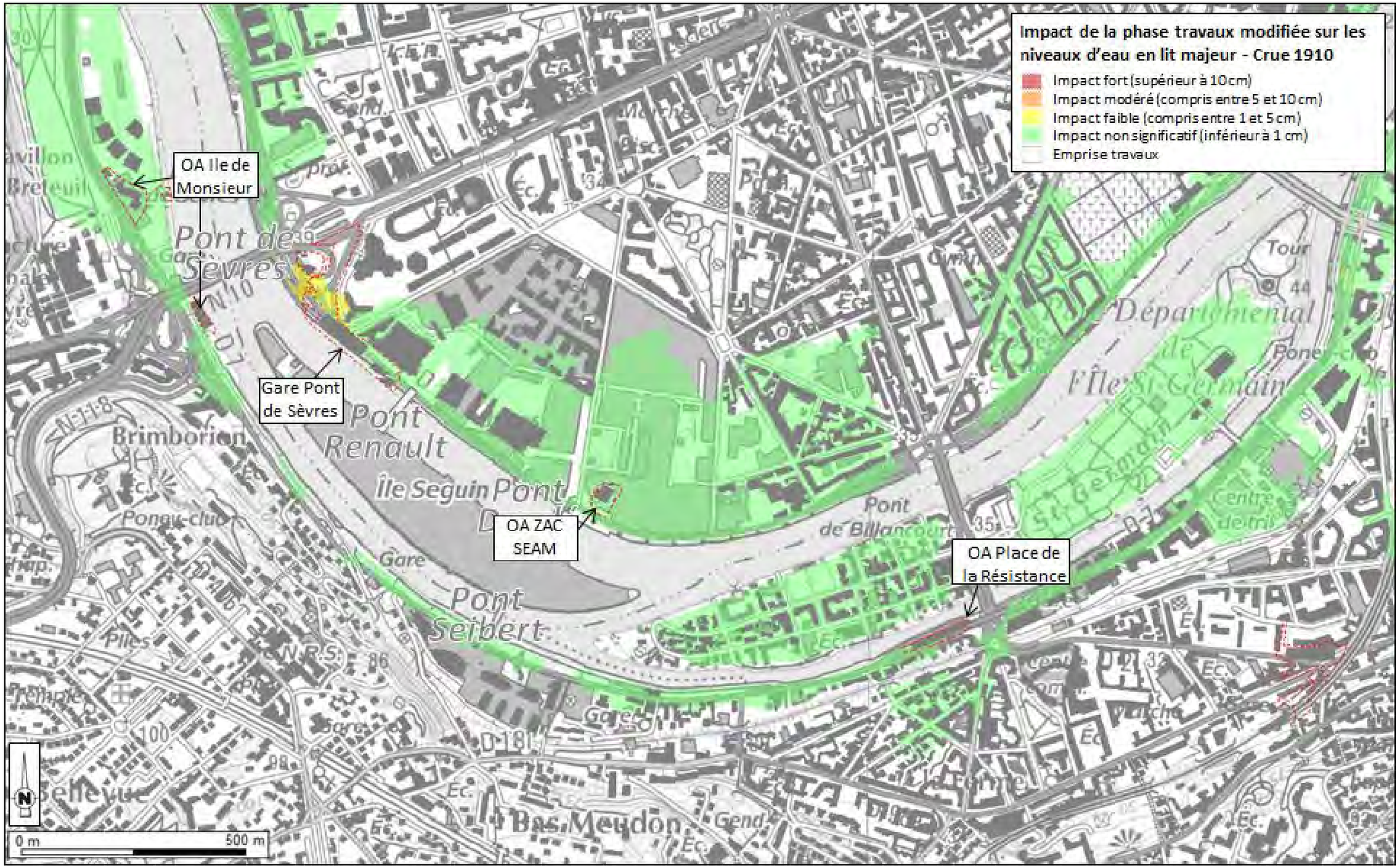
Lors de la phase travaux, les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue de 1910 sont :

- un léger rehaussement de la ligne d'eau de l'ordre du centimètre (inférieur à 1,2 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres en lit mineur correspondant à un impact faible sur une distance d'environ 200 m,
- un léger rehaussement de la ligne d'eau d'environ 1,5 cm au droit de la gare de Pont de Sèvres en lit majeur correspondant à un impact faible,
- un abaissement de la ligne d'eau de l'ordre de 1 cm au droit de l'OA Ile de Monsieur et de 2 cm au droit de la gare de Pont de Sèvres.

Ainsi, la phase travaux modifiée a un impact faible sur les niveaux d'eau (impact inférieur à 1.2 cm en lit mineur et inférieur à 1.5 cm en lit majeur, cf. graphique et carte suivants).



Graphique 28 : Impact de la phase travaux modifiée sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue 1955



Carte 51 : Impact de la phase travaux sur les niveaux d'eau en lit majeur – Crue 1910

3.5.3 Conclusion concernant la mesure de réduction des impacts en phase travaux

En phase travaux modifiée, le projet du Grand Paris Express a un impact faible sur les niveaux d'eau en lit mineur (inférieur à 1,2 cm) sur un linéaire d'environ 200 m en amont de la gare de Pont de Sèvres et en lit majeur (inférieur à 1,5 cm) en crue centennale. Les incidences engendrées par l'implantation de ducs d'Albe au droit de l'Ile Monsieur sont non significatifs.

Ainsi, la modification de l'estacade, initialement envisagée, permet de réduire les impacts en phase travaux d'environ 1.5 cm en lit mineur. Désormais l'estacade induit un impact de 1.2 cm au lieu de 2.6 cm avant son optimisation.

3.6 Mise en œuvre de mesures de réduction et/ou de compensation

3.6.1 Mesures générales de limitation des impacts

La principale mesure d'évitement du risque inondation est d'éviter de construire en zone inondable.

La gare de Pont de Sèvres est toutefois située en zone inondable.

Sa localisation, comme celle de l'ensemble des gares, a été arrêtée dans le cadre de l'approbation du schéma d'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris par décret n°2011-1011 du 24 août 2011, version consolidée au 27 août 2011. Cette approbation repose en particulier sur l'acte motivé, prévu par l'article 3 de la loi du 3 juin 2010 relative au Grand Paris[5]. Ce document précise les modifications apportées au projet soumis au débat public et aux personnes consultées.

La principale mesure de réduction du risque inondation est de réduire la vulnérabilité des futurs aménagements. Pour ce faire, l'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm.

En phase travaux, l'ensemble des puits seront mis hors d'eau à la cote casier (cote de crue centennale) + 20 cm. Une paroi périphérique permettra ainsi de rehausser celles des puits. Cette mesure essentielle permettra d'éviter les entrées d'eau dans ces derniers et dans le tunnel.

Un important travail d'optimisation a été réalisé en phase de conception afin de réduire l'impact des aménagements sur les crues.

Un bilan systématique des volumes soustraits à la crue a été réalisé à l'échelle de chaque ouvrage (voir détails par ouvrage dans le chapitre suivant).

Des mesures compensatoires ont été trouvées afin de compenser ces volumes soustraits, parmi les principales mesures :

- la suppression de bâtiments existants qui permet de restituer un espace de crue ;
- le décaissement du terrain naturel ;
- l'inondation contrôlée de parkings souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures ;
- la création de bassins enterrés dédiés à la compensation des crues.

En phase chantier, les bases vie seront installées sur pilotis au-dessus de la côte de crue centennale pour permettre la libre circulation des eaux. Les installations sur pilotis sont modélisées comme insubmersibles dans la modélisation hydraulique. Il s'agit d'une hypothèse pessimiste permettant de prendre en compte les éventuels embâcles pouvant perturber l'écoulement entre les pilotis

[5] Loi n° 2010-597 du 3 juin 2010 relative au Grand Paris, version consolidée au 02 août 2014.

3.6.2 Compensation des volumes prélevés à la crue

3.6.2.1 Méthodologie retenue

Le règlement du PPRI de la Seine des Hauts-de-Seine impose que les « ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains, …), et ceux non inondables, sont autorisés sous réserve que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. » (Titre 2-II-2).

Le projet s'attache à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur uniquement et non en lit mineur comme c'est le cas par exemple pour le reprofilage de la berge au droit de la gare du Pont de Sèvres.

La compensation volumique s'applique en effet de manière implicite aux remblais et locaux étanches implantés en lit majeur d'un cours d'eau et non en lit mineur étant donné que ce sont les notions de « capacité de stockage » et de « volume d'expansion des crues » qui sont invoquées. Or le lit mineur d'un cours d'eau n'est pas directement lié à ces notions. En revanche, il conviendra de limiter au maximum l'incidence sur la section mouillée (et non le volume pris en lit mineur) dans les zones d'écoulements préférentiels.

Le projet vise à compenser les volumes de remblais et locaux étanches en phase exploitation et chantier, le cas échéant.

En effet, les textes réglementaires en vigueur imposent d'assurer la conservation des champs d'expansion des crues (principalement par la compensation des volumes de remblais et locaux étanches en lit majeur) en phase exploitation, une fois la période de travaux achevée. La phase chantier n'est pas évoquée au sein des PPRI en vigueur.

3.6.2.2 Evaluation de la réduction de l'expansion des crues en phase chantier

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'évaluation des volumes soustraits à la crue.

a. OA Ile de Monsieur

Le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 39 : Calcul des volumes soustraits à la crue en phase travaux – OA Ile de Monsieur

		Niveau TN	Hauteur (m)	Longueur (m)	largeur (m)	Surface (m²)	Volume (m3)
PUITS	Tranche 1	30.20	0.50			1205	602.05
	Tranche 2	30.70	0.50				602.05
	Tranche 3	31.20	0.30				361.50
PUITS TEMPORAIRE	Tranche 1	30.20	0.50	10.60	9.00	95.4	47.70
	Tranche 2	30.70	0.50	10.60	9.00		47.70
	Tranche 3	31.20	0.30	10.60	9.00		28.60
BASSIN D'EXHAURE	Tranche 1	30.20	0.50	22.40	8.00	179.2	89.60
	Tranche 2	30.70	0.50	22.40	8.00		89.60
	Tranche 3	31.20	0.30	22.40	8.00		53.80
CENTRALE TRAITEMENT DE BOUES	Tranche 1	30.20	0.50	20.00	3.90	78	78.00
	Tranche 2	30.70	0.50	20.00	3.90		78.00
	Tranche 3	31.20	0.30	20.00	3.90		23.40
							2102.00

Le volume soustrait à la crue de 2 102 m^3 correspond à l'émergence du puits, du puits temporaire, du bassin d'exhaure et de la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Il est prévu un décaissement de 59 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 2 118 m^3, hormis l'emprise du puits et du bassin d'exhaure.

Le calcul du volume décaissé est le suivant :

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} – S_{puits} – S_{bassin\ d'exhaure}) \times 0,59$$

$$V_{décaissé} = (5\ 150 – 1\ 560) \times 0,59 = 3\ 590 \times 0,59$$

$$V_{décaissé} = 2\ 118\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 1 560 m²) seront totalement compensées (total de 3 590 m² libérés à la crue).

De plus, la centrale à boue ainsi que la base vie seront installées pour permettre la libre circulation des eaux en cas de crue centennale. Le stockage tampon de déblais sera évacué en cas d'alerte crue.

b. Gare Pont de Sèvres

L'avant-projet d'octobre 2014 a fait l'objet en février 2015 d'une première optimisation afin de réduire l'emprise soustraite à la crue en lit mineur en phase travaux puis d'une ultime modification en mai 2015.

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit majeur. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre. La vue en plan et les coupes pages suivantes permettent de situer les tranches altimétriques dans le projet.

Selon les conclusions du maître d'œuvre, le volume soustrait à la crue en lit majeur est de 2 807 m^3. Conformément au règlement du PPRI, ce volume sera compensé au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur par un décaissé du terrain.

Les surfaces soustraites à la crue sont également partiellement compensées avec une surface résiduelle à compenser de 2 995 m^2.

Issu des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit mineur. Le volume pris en lit mineur par l'aménagement des berges est de 10 699 m^3, en intégrant notamment les volumes immergés. Toutefois, le zonage du PPRI n'inclut pas le lit mineur (à partir du haut de berge) et de fait la nécessité de compenser en volume.

Calcul Volume dans lit MINEUR			Tranches altimétriques de compensation :									
			Tranche 1	*Tranche 2*	*Tranche 3*	*Tranche 4*	*Tranche 5*	*Tranche 6*	*Tranche 7*	*Tranche 8*	*Tranche 9*	*Tranche 10*	*Total :*
Boîte gare dans lit mineur	Mise hors crue centennale en phase travaux	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	382	382	368	320	271	215	167	115	63		
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
		volume (m3)	191	191	184	160	136	108	83	57	31	0	**1142**
Remblai en Seine dans lit mineur zone 1	-	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	980	980	980	980	980	980	980	980	980	980	
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
		volume (m3)	490	490	490	490	490	490	490	490	490	245	**4655**
Remblai en Seine dans lit mineur zone 2	-	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	58,6	58,6	56,1	49,7	40,9	32,0	24,5	14,2	5,8		
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
		volume (m3)	29	29	28	25	20	16	12	7	3	0	**170**
Rembali culée dans lit mineur	-	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	34,1	34,1	34,1	34,1	31,5	27,8	24,2	20,0	16,8	10,5	
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
		volume (m3)	17	17	17	17	16	14	12	10	8	5	**134**
Estacades provisoires	-	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
		surface (m²)	3400	232	232	232	232	232	232	232	232	232	
		épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
		volume (m3)	1700	116	116	116	116	116	116	116	116	58	**2686**
												Sous total	**8786,301**

Calcul volume immergé (impact en lit mineur)

	section transversale (m²)	linéaire (m)	volume (m3)
Remblai en Seine	5,6 (moyenne)	250	1406
	section plane (m²)	**profondeur (m)**	**volume (m3)**
Estacades	232	3,5	508
			1913

Volume total lit MINEUR :	**10699**	**m3**

Calcul des volumes soustraits à la crue en lit mineur en phase travaux – Gare Pont de Sèvres

c. OA ZAC SEAM

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 404 : Calcul des volumes soustraits à la crue en phase travaux – OA ZAC SEAM

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite à la crue (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[31,40 ; 31,55]	0,15	1 450	203
TOTAL	[31,40 ; 31,55]	0,15	-	203

Le volume soustrait à la crue de 203 m3 correspond à l'émergence du puits.

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 31,40 m NGF.

Il est prévu un décaissement en phase travaux de 20 cm du principal terrain permettant de libérer un volume Vdécaissé de 203 m3, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} – S_{puits}) \times 0,20$$

$$V_{décaissé} = (2\ 443 – 1\ 450) \times 0,20 = 993 \times 0,20$$

$$V_{décaissé} = 203\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase travaux sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 1 450 m²) seront partiellement compensées (total de 993 m² libérés à la crue).

d. OA Place de la Résistance

Conformément à la méthodologie retenue les tableaux ci-après détaillent le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, et ce pour l'ensemble des émergences.

Tableau 41 : Calcul des volumes soustraits à la crue en phase exploitation – OA Place de la Résistance

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
Trappe d'accès 1				
1	[30,55 ; 31,05]	0,50	8,41	4,2
2	[31,05 ; 31,55]	0,50	8,41	4,2
3	[31,55 ; 31,65]	0,10	8,41	0,9
Sous-total	[30,55 ; 31,65]	1,10	-	9,3
Trappe d'accès 2				
1	[30,90 ; 31,40]	0,50	13,26	6,6
2	[31,40 ; 31,65]	0,25	13,26	3,3
Sous-total	[30,90 ; 31,65]	0,75	-	9,9
Gaine de décompression				
1	[30,82 ; 31,32]	0,50	70,08	35,0
2	[31,32 ; 31,65]	0,33	70,08	23,1
Sous-total	[30,82 ; 31,65]	0,83	-	58,1
Gaine de ventilation				
1	[31,01 ; 31,51]	0,50	110,4	55,2
2	[31,51 ; 31,65]	0,14	110,4	15,5
Sous-total	[30,55 ; 31,65]	0,64	-	70,7
TOTAL				148

Le volume soustrait à la crue est donc de 148 m³ en phase travaux.

Il est prévu un décaissement dès la phase travaux de 8 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 190 m³, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} – \Sigma S_{émergences}) \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = (3\ 225 – 1\ 327) \times 0,08 = 1\ 898 \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = 152\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase travaux sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 202 m²) seront également totalement compensées (total de 1 898 m² libérés à la crue).

3.6.2.3 Evaluation de la réduction de l'expansion des crues en phase d'exploitation

Pour rappel, la méthodologie retenue pour l'évaluation de la réduction de l'expansion des crues repose sur l'évaluation des volumes soustraits à la crue.

Les classes d'impacts sur les volumes soustraits ont été définies comme suit :

- Impact non significatif : volume soustrait à la crue inférieure à 200 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements limités en surface, tels que de l'habitat individuel ou des édicules ;
- Impact faible : volume soustrait à la crue entre 200 m^3 et 1 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface inférieure à 5 000 m^2, tels que de l'habitat collectif ou des émergences de gare ;
- Impact modéré : volume soustrait à la crue entre 1 000 m^3 et 5 000 m^3. Cette classe correspond à des aménagements ayant en général une surface de l'ordre de l'hectare, tels que des lotissements ;
- Impact fort : volume soustrait à la crue au-delà de 5 000 m^3. Cette classe correspond en général à des aménagements en surface au-delà de 5 hectares. Il s'agit alors de projets d'aménagement d'envergure, tels que des Zones d'Aménagement Concerté (ZAC).

Le tableau suivant récapitule les classes d'impacts définies en fonction du critère étudié.

Tableau 426 : Définition des classes d'impact par rapports aux volumes soustraits à la crue

Classe	Critère sur les volumes soustraits à la crue
Impact non significatif	V < 200 m^3
Impact faible	200 m^3 ≤ V < 1 000 m^3
Impact modéré	1 000 m^3 ≤ V < 5 000 m^3
Impact fort	V ≤ 5 000 m^3

a. OA Ile de Monsieur

Etant donné la durée prévisionnelle des travaux sur le puits d'attaque de l'OA Ile de Monsieur (durée estimée à 15 ans car ce dernier restera en place pour pouvoir être utilisé lors de la construction de la ligne 15 Ouest), le bilan des volumes soustraits a été réalisé sur les infrastructures en phase chantier, comportant pour l'essentiel : le puits, le puits temporaire, le bassin d'exhaure et la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, au nombre de trois pour le site. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 437 : Calcul des volumes soustraits à la crue en phase exploitation – OA Ile de Monsieur

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite à la crue (en m^2)	Volume soustrait par tranche (en m^3)
1	[30,20 ; 30,70]	0,50	30	15,4
2	[30,70 ; 31,20]	0,50	30	15,4
3	[31,20 ; 31,50]	0,30	30	9,2
TOTAL	[30,20 ; 31,50]	1,30	-	40

Le volume soustrait à la crue de 40 m^3 correspond à l'émergence du puits, du puits temporaire, du bassin d'exhaure et de la centrale de traitement de boues (voir plan de localisation page suivante).

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 30,20 m NGF ne permet pas une compensation tranche par tranche.

Il est donc prévu un décaissement de 26 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 183 m^3, hormis l'emprise du puits et du bassin d'exhaure.

Le calcul du volume décaissé est le suivant (détail pages suivantes) :

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} - S_{gaines}) \times 0,47$$

$$V_{décaissé} = (744 - 30) \times 0,26 = 714 \times 0,26$$

$$V_{décaissé} = 183\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Le surplus permettra la compensation du volume résiduel pour la gare de Pont de Sèvres, soit 143 m^3. Les surfaces soustraites à la crue (total de 30+595 m^2) seront totalement compensées (total de 714 m^2 libérés à la crue).

b.Gare Pont de Sèvres

L'avant-projet d'octobre 2014 a fait l'objet en février 2015 d'une optimisation afin de réduire l'emprise soustraite à la crue en lit mineur. A titre d'illustration, les deux perspectives ci-dessous présente la principale évolution : le décaissement du quai piéton sur l'ensemble de sa longueur.



Figure 4 : Vue en perspective de la berge AVP-B sur Pont de Sèvres (source : MOE)



Figure 5 : Vue en perspective de la berge AVP-B optimisé sur Pont de Sèvres (source : MOE)

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit majeur. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre. La vue en plan et les coupes pages suivantes permettent de situer les tranches altimétriques dans le projet. Ils correspondent à la dernière version du projet (mai 2015).

Selon les conclusions du maître d'œuvre, le volume soustrait à la crue en lit majeur est de 143 m^3. Ce bilan intègre des volumes rendus à la crue par rapport à la situation actuelle (en vert dans le tableau ci-dessus). Conformément au règlement du PPRI, ce volume sera compensé au droit de l'ouvrage annexe de l'Ile de Monsieur par un décaissé du terrain.

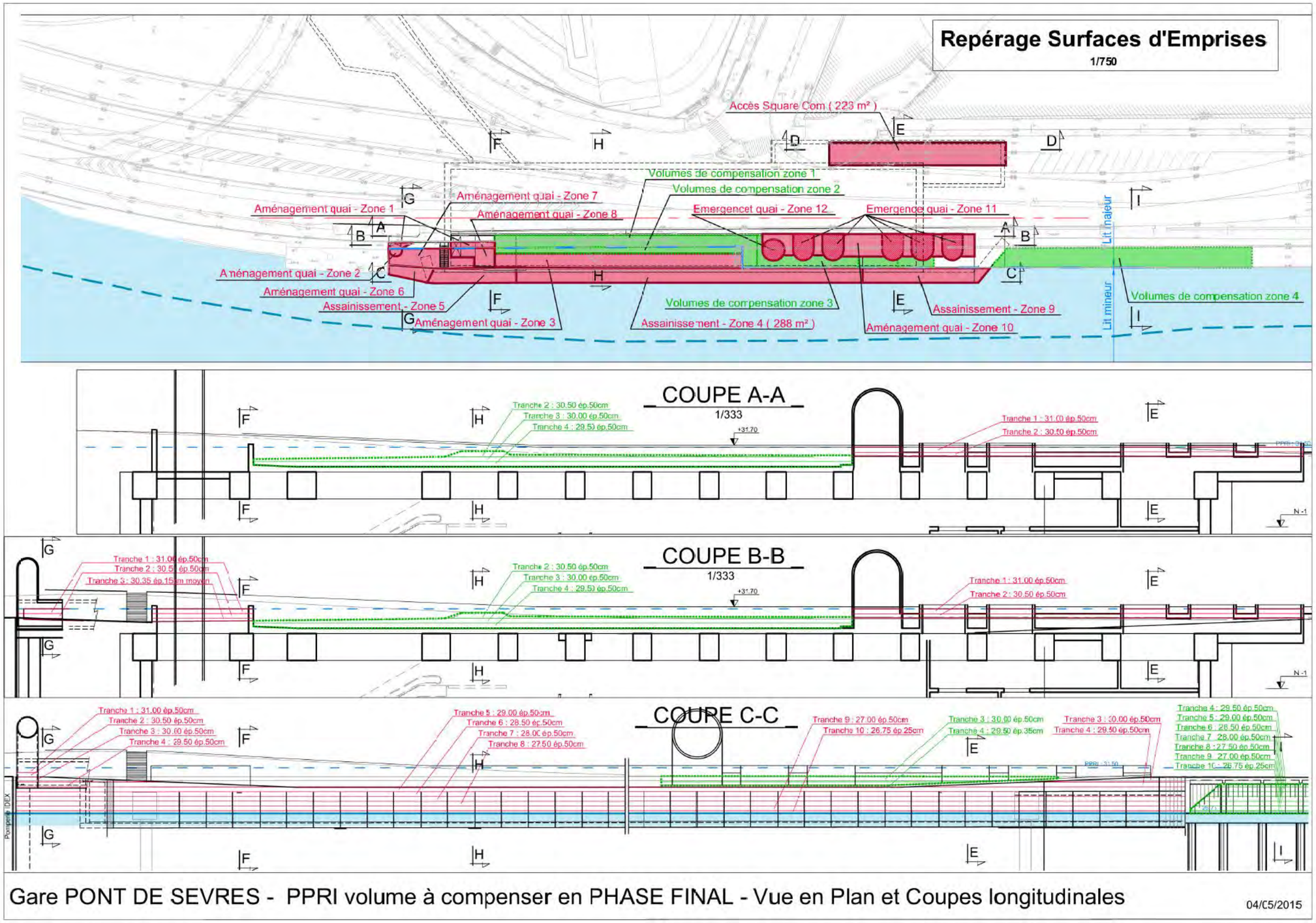
Les surfaces soustraites à la crue sont également partiellement compensées avec une surface résiduelle à compenser de 595 m^2.

Pour information, le tableau détaille le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, ceci en lit mineur. Le volume pris en lit mineur par l'aménagement des berges est de 1 705 m^3, en intégrant notamment les volumes immergés. Toutefois, le zonage du PPRI n'inclut pas le lit mineur (à partir du haut de berge) et de fait la nécessité de compenser en volume.

Tableau 448 : Calcul des volumes soustraits à la crue en lit majeur en phase exploitation – Gare Pont de Sèvres

Calcul Volume dans lit MAJEUR		Tranches altimétriques de compensation :										
		tranche 1	*tranche 2*	*tranche 3*	*tranche 4*	*tranche 5*	*tranche 6*	*tranche 7*	*tranche 8*	*tranche 9*	*tranche 10*	*Total :*
Aménagement quai zone 1	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30,35								
	surface (m²)	21	21	21								
	épaisseur (m)	0,5	0,5	0,2								
	volume (m3)	11	11	4	0	0	0	0	0	0	0	25
Emergence quai zone 10	Altimétrie dessous tranche (NGF)		-0,5									
	surface (m²)		275									
	épaisseur (m)		0,5									
	volume (m3)	0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	138
Emergence quai zone 11	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31										
	surface (m²)	140										
	épaisseur (m)	0,5										
	volume (m3)	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
Emergence quai zone 12	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31										
	surface (m²)	20										
	épaisseur (m)	0,5										
	volume (m3)	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
Accès Square COM	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5									
	surface (m²)	223	223									
	épaisseur (m)	0,5	0,5									
	volume (m3)	112	112	0	0	0	0	0	0	0	0	223
Volume de compensation zone 1	Altimétrie dessous tranche (NGF)		30,5	30	29,5							
	surface (m²)		105,6	189,0	189,0							
	épaisseur (m)		0,5	0,5	0,5							
	volume (m3)	0	-53	-95	-95	0	0	0	0	0	0	-242
Volume de compensation zone 3	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5							
	surface (m²)			92,0	70,0							
	épaisseur (m)			0,5	0,5							
	volume (m3)	0	0	-46	-35	0	0	0	0	0	0	-81

Volume total lit MAJEUR :	**143**	**m3**


Repérage Surfaces d'Emprises
1/750
Accès Square Com (223 m²)
Volumes de compensation zone 1
Volumes de compensation zone 2
Aménagement quai - Zone 1
Aménagement quai - Zone 7
Aménagement quai - Zone 8
Emergencet quai - Zone 12
Emergence quai - Zone 11
Aménagement quai - Zone 2
Aménagement quai - Zone 6
Assainissement - Zone 5
Aménagement quai - Zone 3
Volumes de compensation zone 3
Assainissement - Zone 4 (288 m²)
Assainissement - Zone 9
Aménagement quai - Zone 10
Volumes de compensation zone 4
Lit majeur
Lit mineur
COUPE A-A
1/333
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
Tranche 3 : 30.00 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.50cm
Tranche 1 : 31.00 ép.50cm
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
COUPE B-B
1/333
Tranche 1 : 31.00 ép.50cm
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
Tranche 3 : 30.35 ép.15cm moyen
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
Tranche 3 : 30.00 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.50cm
Tranche 1 : 31.00 ép.50cm
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
COUPE C-C
Tranche 1 : 31.00 ép.50cm
Tranche 2 : 30.50 ép.50cm
Tranche 3 : 30.00 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.50cm
Tranche 5 : 29.00 ép.50cm
Tranche 6 : 28.50 ép.50cm
Tranche 7 : 28.00 ép.50cm
Tranche 8 : 27.50 ép.50cm
Tranche 9 : 27.00 ép.50cm
Tranche 10 : 26.75 ép.25cm
Tranche 3 : 30.00 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.35cm
Tranche 3 : 30.00 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.50cm
Tranche 4 : 29.50 ép.50cm
Tranche 5 : 29.00 ép.50cm
Tranche 6 : 28.50 ép.50cm
Tranche 7 : 28.00 ép.50cm
Tranche 8 : 27.50 ép.50cm
Tranche 9 : 27.00 ép.50cm
Tranche 10 : 26.75 ép.25cm
Gare PONT DE SEVRES - PPRI volume à compenser en PHASE FINAL - Vue en Plan et Coupes longitudinales
04/05/2015

Calcul Volume dans lit MINEUR		Tranches altimétriques de compensation :										
		tranche 1	*tranche 2*	*tranche 3*	*tranche 4*	*tranche 5*	*tranche 6*	*tranche 7*	*tranche 8*	*tranche 9*	*tranche 10*	*Total :*
Aménagement quai zone 2	Altimétrie dessous tranche (NGF)	31	30,5	30,35								
	surface (m²)	4,3	4,3	4,3								
	épaisseur (m)	0,5	0,5	0,25								
	volume (m3)	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	5
Aménagement quai zone 3	Altimétrie dessous tranche (NGF)					29	28,5	28	27,5	27		
	surface (m²)					191,4	150,8	104,4	60,9	26,1		
	épaisseur (m)					0,5	0,5	0,5	0,5	0,25		
	volume (m3)	0	0	0	0	96	75	52	30	7	0	260
Aménagement quai zone 4	Altimétrie dessous tranche (NGF)					28	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m²)					288	288	288	288	288	288	
	épaisseur (m)					0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	0	0	144	144	144	144	144	72	792
Aménagement quai zone 5	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m²)			12,08	45,20	69,69	69,69	69,69	69,69	69,69	69,69	
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	6	23	35	35	35	35	35	17	220
Aménagement quai zone 6	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m²)			16,5	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	8	12	12	12	12	12	12	6	83
Aménagement quai zone 7	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27		
	surface (m²)			75,8	66,4	56,3	46,1	35,6	22,8	8,9		
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	volume (m3)	0	0	38	33	28	23	18	11	4	0	156
Aménagement quai zone 8	Altimétrie dessous tranche (NGF)	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5	28	27,5	27		
	surface (m²)	31,6	31,6	30,1	24,9	19,7	13,0	9,5	6,0	2,5		
	épaisseur (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
	volume (m3)	16	16	15	12	10	7	5	3	1	0	84
Aménagement quai zone 9	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,75	
	surface (m²)			30,1	72,8	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	
	épaisseur (m)			0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	15	36	49	49	49	49	49	25	323
Volume de compensation zone 2	Altimétrie dessous tranche (NGF)			30	29,5							
	surface (m²)			22,0	63,8							
	épaisseur (m)			0,5	0,5							
	volume (m3)	0	0	-11	-32	0	0	0	0	0	0	-43
Volume de compensation zone 4					29,5	29,35	29,35	29,35	29,35	29,35	29,35	
	surface (m²)				284,3	232,8	188,6	145,1	98,2	55,7	26,7	
	épaisseur (m)				0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	
	volume (m3)	0	0	0	-142	-116	-94	-73	-49	-28	-7	-509
											Sous total	1367

Calcul Volume immergé (impact en lit mineur)			
	section transversale (m²)	**linéaire (m)**	**volume (m3)**
Galerie SEVESC	2,5	135	338

Volume total lit MINEUR :	**1705**	**m3**

c. OA ZAC SEAM

Conformément à la méthodologie retenue, le tableau ci-après détaille le bilan des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm. Ces données sont issues des calculs de cubature réalisés par la maîtrise d'œuvre.

Tableau 20 : Calcul des volumes soustraits à la crue en phase exploitation – OA ZAC SEAM

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite à la crue (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
1	[31,40 ; 31,55]	0,15	105,1	14,7
TOTAL	[31,40 ; 31,55]	0,15	-	15

Le volume soustrait à la crue de 15 m³ correspond à l'émergence du puits.

La topographie actuellement plane du site, à une cote moyenne de 31,40 m NGF ne permet pas une compensation tranche par tranche.

Il est prévu un décaissement en phase exploitation de 1 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 485 m³, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} – S_{puits}) \times 0,01$$

$$V_{décaissé} = (2\ 443 - 105) \times 0,01 = 3\ 230 \times 0,01$$

$$V_{décaissé} = 23\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 105 m²) seront totalement compensées (total de 2 340 m² libérés à la crue).

d. OA Place de la Résistance

Conformément à la méthodologie décrite précédemment les tableaux ci-après détaillent le bilan des surfaces et des volumes soustraits à la crue, par tranche altimétrique de 50 cm, et ce pour l'ensemble des émergences (comme en phase travaux) dont les emplacements sont présentées sur la figure page suivante.

Tableau 21 : Calcul des volumes soustraits à la crue en phase exploitation – OA Place de la Résistance

N° tranche	Intervalle altimétrique (en m NGF)	Hauteur correspondante (en m)	Surface soustraite par tranche (en m²)	Volume soustrait par tranche (en m³)
Trappe d'accès 1				
1	[30,55 ; 31,05]	0,50	8,41	4,2
2	[31,05 ; 31,55]	0,50	8,41	4,2
3	[31,55 ; 31,65]	0,10	8,41	0,9
Sous-total	[30,55 ; 31,65]	1,10	-	9,3
Trappe d'accès 2				
1	[30,90 ; 31,40]	0,50	13,26	6,6
2	[31,40 ; 31,65]	0,25	13,26	3,3
Sous-total	[30,90 ; 31,65]	0,75	-	9,9
Gaine de décompression				
1	[30,82 ; 31,32]	0,50	70,08	35,0
2	[31,32 ; 31,65]	0,33	70,08	23,1
Sous-total	[30,82 ; 31,65]	0,83	-	58,1
Gaine de ventilation				
1	[31,01 ; 31,51]	0,50	110,4	55,2
2	[31,51 ; 31,65]	0,14	110,4	15,5
Sous-total	[30,55 ; 31,65]	0,64	-	70,7
TOTAL				148

Le volume soustrait à la crue est donc de 155 m³ en phase exploitation, la surface correspondante est de 205 m².

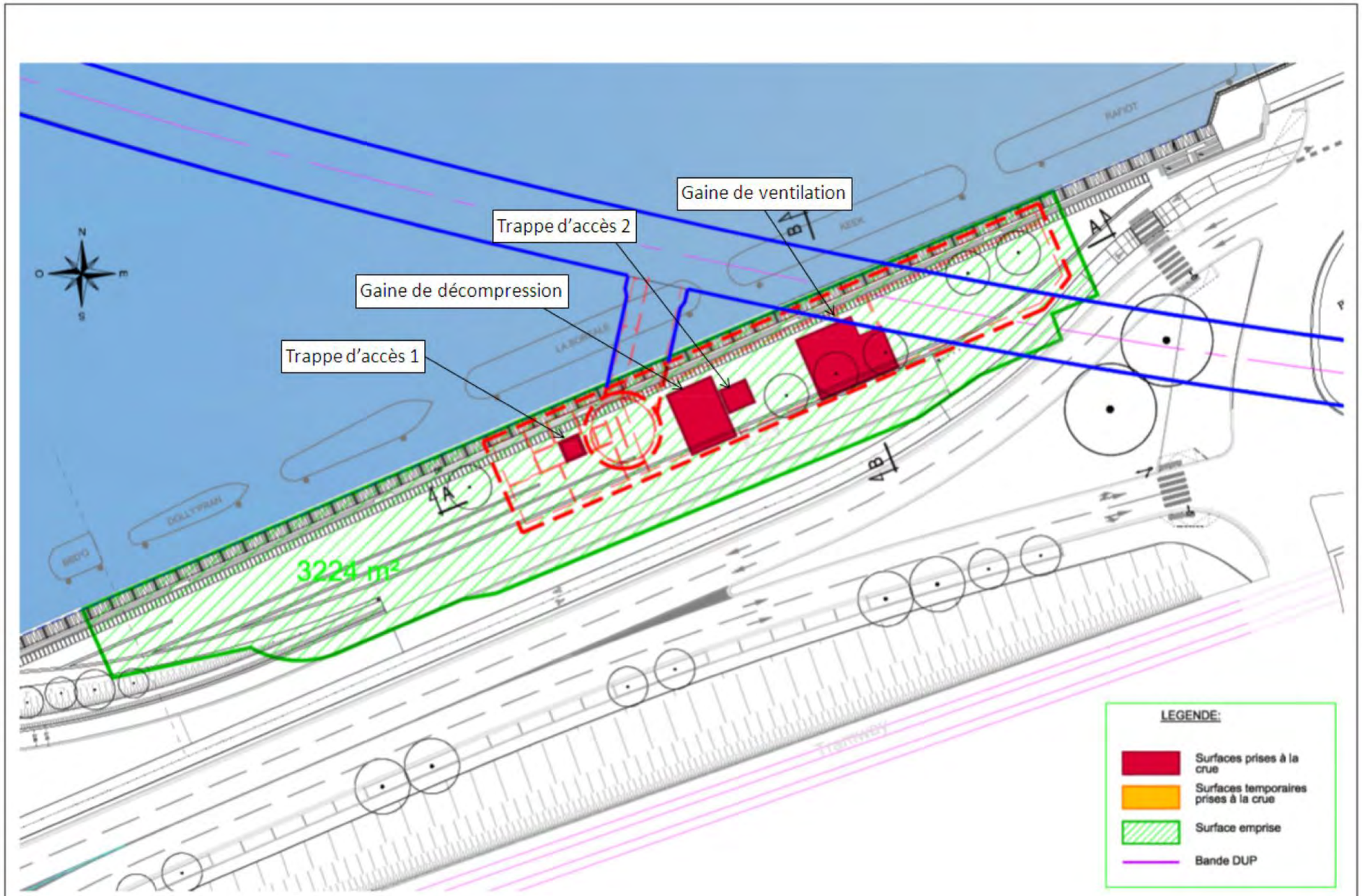
Il est prévu un décaissement dès la phase travaux de 8 cm du principal terrain permettant de libérer un volume $V_{décaissé}$ de 650 m³, hormis l'emprise du puits.

$$V_{décaissé} = (S_{emprise} – \Sigma S_{émergences}) \times 0,08$$

$$V_{décaissé} = (3\ 225 – 1\ 327) \times 0,\ 10 = 1\ 898 \times 0,\ 08$$

$$V_{décaissé} = 152\ m^3$$

En conclusion et conformément au règlement du PPRI, le volume soustrait en phase exploitation sera compensé en volume. Les surfaces soustraites à la crue (total de 202 m²) seront totalement compensées (total de 1 898 m² libérés à la crue).



OA 10 - Place de la résistance - PPRI VOLUME A COMPENSER - Vue en plan

Vue en plan de l'OA Place de la Résistance en phase exploitation – Localisation des émergences

3.6.3 Conformité et compatibilité des aménagements de la ligne 15 Sud sur le secteur de Pont de Sèvres

3.6.3.1 PPRI 92

Le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine précise dans le sous-chapitre 2 « aménagement » du chapitre 2.II « règles de construction applicables aux bâtiments et installations neufs dans les quatre zones du plan y compris dans les ilots hors submersion » que « les ouvrages d'art et d'infrastructure inondables (tunnels, souterrains…) et ceux non inondables sont autorisés […] ».

Commentaires : le projet est donc autorisé dans les quatre zones réglementées : A, B, C et D. le règlement précise en outre pour la zone A (zone à forts aléas) au chapitre 1.2 page 10 que sont autorisés sous conditions les « constructions et installations liées à l'usage de la voie d'eau et autres modes de transport pour autant qu'il s'agisse d'une plate-forme multimodale ». Le règlement précise de plus que « ces constructions et leurs extensions sont autorisées dans l'ensemble de la zone A y compris dans la marge de recul ».

A la lecture du règlement, l'aménagement de la gare du Pont de Sèvres et des trois ouvrages annexes concernés apparaît donc autorisé par le règlement du PPRI de la Seine dans les Hauts-de-Seine.

Le sous-chapitre 2 du chapitre 2.II conditionne toutefois leur autorisation sous réserve « que tout remblaiement ou réduction de la capacité de stockage de la crue, situé au-dessous de la cote de casier soit compensé par un volume égal de déblais pris sur la zone d'aménagement compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins. »

Le chapitre IV « Définitions » du Titre 1 « Portée du PPRI – Dispositions générales » précise le principe de compensation des remblais et des locaux étanches, en particulier sur les points suivants :

- le volume à compenser est celui soustrait à la crue entre la cote du terrain naturel et la cote casier (cote de crue centennale) ;
- Le volume créé doit être compensé par un volume inondable égal de déblais pris sur la même unité foncière, à une altitude comprise entre la cote du terrain naturel et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins ;
- les remblais ponctuels rendus strictement nécessaires pour la desserte des bâtiments sont exonérés de compensation (rampes pour handicapés, emmarchements, aires de livraison…) ;
- en cas d'opération d'aménagement d'ensemble (ZAC, lotissement, opérations groupées, zone portuaire…), le volume à compenser est localisé sur l'emprise de l'ensemble de l'opération sous réserve que la localisation de ces compensations et leurs volumes ne provoquent pas d'aggravation de la situation en amont et en aval de l'opération (une étude technique doit être fournie par le pétitionnaire).

Commentaires : l'ensemble des volumes soustraits à la crue liés aux émergences de la gare du Pont de Sèvres et des ouvrages annexes est compensé (cf. paragraphe 5.2), et ce au-dessus de la cote casier diminuée de 2,5 m.

Le chapitre 1.2 (zone A) précise que « le plancher fonctionnel des constructions doit être situé au-dessus de la cote casier. ». Il en est de même pour la zone B (chapitre 2.1) et pour la zone D (chapitre 4.2). Ces deux dernières zones offrent tout de même des assouplissements pour certains usages :

- En zone B, Les surfaces de bureaux, commerces et activités, à usage autre que centres d'intervention et de secours, centres d'exploitation de services publics, centres de contrôle, surfaces d'habitation ou d'hébergement collectif de personnes, peuvent aussi être implantés au-dessus de la cote de la voirie existante sans pouvoir être situés à plus de 2 m au-dessous de la cote de casier, sous réserve que la SHON totale située en dessous de cette cote soit :
  - inférieure ou égale à 300 m² lorsque la surface de l'unité foncière est inférieure à 3 000 m².
  - inférieure ou égale à 10 % de la surface de l'unité foncière lorsque celle-ci est supérieure à 3 000 m². En cas d'opération d'aménagement d'ensemble, cette surface peut être répartie sur l'entité foncière hors surfaces de voirie sans pouvoir dépasser 30% de la surface d 'une unité foncière donnée.
- En zone D, la cote de tout plancher nouvellement créé, à quelque usage que ce soit, doit être située au-dessus de la cote de casier. Cependant,
  - les entrées de bâtiments de moins de 30 m² de SHON et les rampes pour handicapés peuvent être installées jusqu'à la cote du terrain naturel ou de la voirie existante.
  - les caves des logements et les locaux techniques (contenant des équipements d'alimentation en énergie, télécommunications, transformateurs) peuvent être réalisés sous le niveau de la cote de casier à la condition d'être placés en cuvelage étanche établi jusqu'au niveau de cette cote. Le volume ainsi cuvelé doit être compensé par un volume au moins égal rendu inondable compris entre le terrain naturel initial et la cote de casier diminuée de 2,5 m au moins.

Au niveau de la gare Pont de Sèvres, l'implantation de surfaces de commerces est prévue au niveau du couloir de raccordement au métro ligne 9, situé en dehors du zonage du PPRI.

L'implantation de ces surfaces de commerces est représentée sur les figures suivantes.

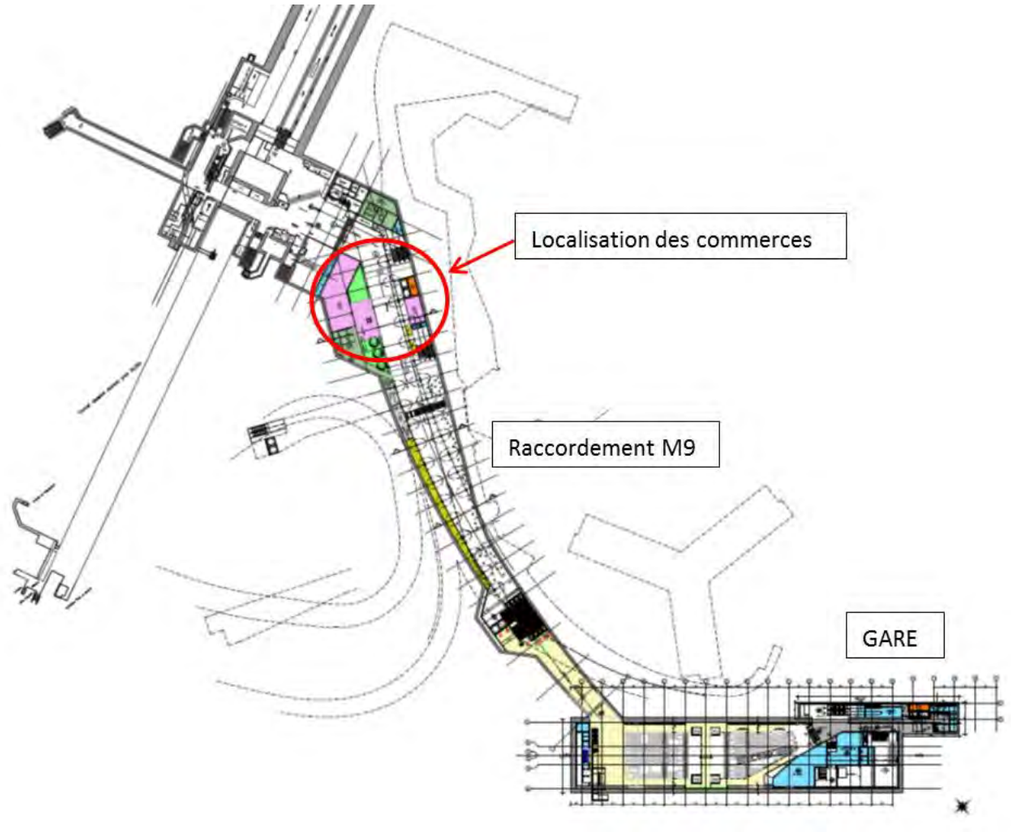


Figure 8 : Vue en plan de la gare de Pont de Sèvres en phase exploitation – Localisation des surfaces de commerces

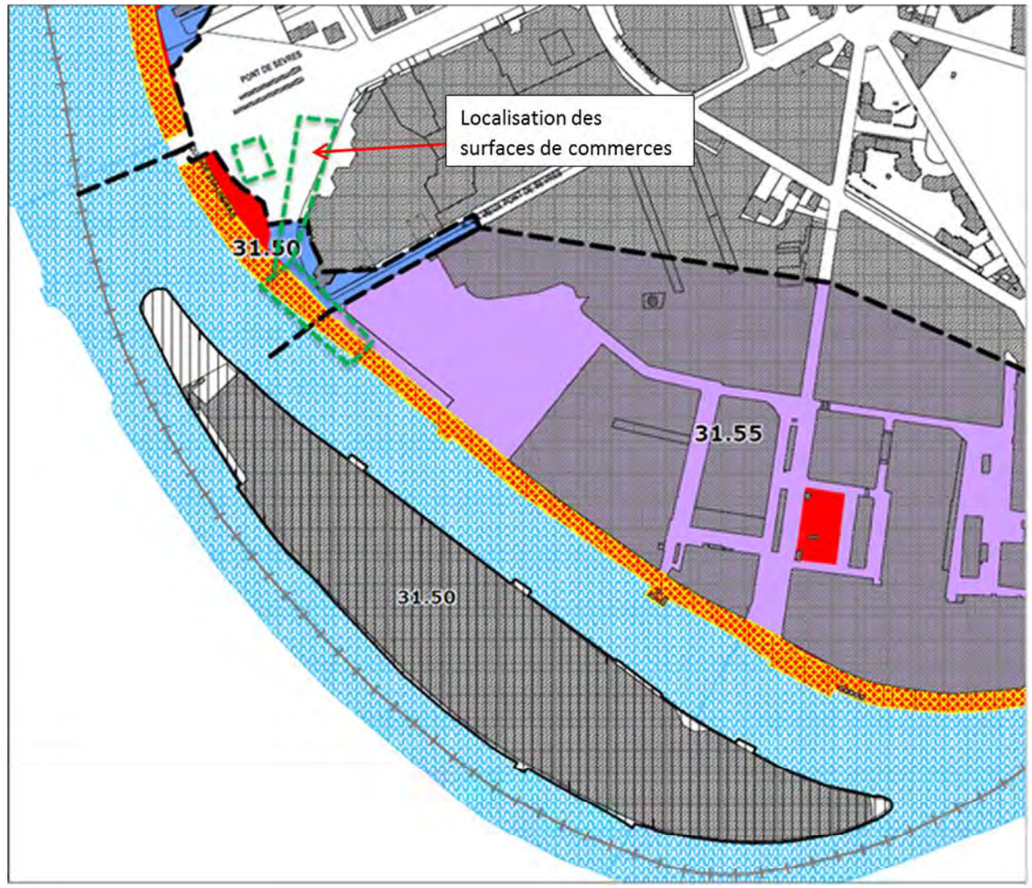


Figure 9 : Localisation des surfaces de commerces vis-à-vis du zonage du PPRI

Cependant, les commerces étant créés dans une zone en déblai, une analyse plus poussée de la réglementation du PPRI peut être réalisée.

L'extrait de plan ci-dessous montre que les zones de commerces (en rose) sont effectivement implantées sous la côte casier la plus proche (31.50m).



Figure 10 : Vue en plan zoomée de la gare de Pont de Sèvres en phase exploitation – Localisation des surfaces de commerces

En analysant l'implantation des commerces vis-à-vis de la réglementation de la zone du PPRI la plus proche (zone B) dans laquelle s'insère une partie du couloir de correspondance, il peut être constaté que :

- les commerces sont implantés le long d'une voirie, voie de raccordement entre la ligne 15 et la ligne 9,
- les commerces sont implantés moins de 2 m sous la côte casier (côte supérieure à 29.50m),
- la surface totale des commerces, représentant 255 m² (+terrasse), est inférieur à 1% de l'emprise du couloir de correspondance (3 000 m²) et a fortiori de l'emprise totale de la gare.

Par conséquent, l'implantation des commerces prévue au niveau du couloir de correspondance au droit de la gare de pont de Sèvres est compatible avec le PPRI, bien que celui-ci ne s'applique pas à cette zone.

Commentaires : l'ensemble de l'infrastructure (gare, ouvrage annexe, tunnel…) sera mis hors d'eau jusqu'à la cote casier (crue centennale) + 20 cm. Cet objectif est donc cohérent avec les prescriptions abordées ci-avant.

3.6.3.2 SDAGE du bassin de la Seine et cours d'eau côtiers normands

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands rappelle que la prévention du risque d'inondation doit être cohérente à l'échelle d'un bassin versant et intégrer l'ensemble des composantes suivantes : évaluation du risque, information préventive, réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes, préservation des zones naturelles d'expansion des crues, urbanisation raisonnée, gestion adaptée des eaux de ruissellement pluviales.

La prévention du risque doit systématiquement être privilégiée à la protection qui peut aggraver la situation en amont et en aval de la zone protégée et dégrader les espaces naturels.

La prévention du risque d'inondation se décline dans le SDAGE au défi n°8 « limiter et prévenir le risque inondation » en cinq orientations, dont notamment :

- Orientation 30 : réduire la vulnérabilité des personnes et des biens exposés au risque d'inondation ;
- Orientation 31 : préserver et reconquérir les zones naturelles d'expansion des crues.

Chacune de ces orientations est déclinée en dispositions.

Le projet prend en compte les orientations susmentionnées du SDAGE et les dispositions liées, notamment :

- Orientation 30, disposition 134. « Développer la prise en compte du risque d'inondation pour les projets situés en zone inondable »

  L'ensemble des infrastructures sera mis hors d'eau jusqu'à la cote de crue centennale + 20 cm. D'autre part, chaque ouvrage a fait l'objet d'une compensation systématique des volumes soustraits à la crue et a fait l'objet d'une analyse des incidences en lit mineur et lit majeur par une modélisation hydro-dynamique (objet du présent rapport) ;

- Orientation 31, disposition 139. « Compenser les remblais autorisés permettant de conserver les conditions d'expansion des crues »

  Bien qu'on ne puisse pas considérer, compte tenu du caractère très urbanisé du secteur du projet, que les zones actuelles d'expansion des crues sont des zones « naturelles », le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

Révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est en cours de révision. Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

La révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands et l'élaboration du plan de gestion des risques d'inondation PGRI font l'objet conformément au code de l'environnement d'une consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015 dans les préfectures et au siège de l'Agence de l'Eau. Il est prévu d'entrer en vigueur au 1er janvier 2016.

Le défi 8 du projet de SDAGE 2016-2021 traite du volet « inondation », ses dispositions sont articulées avec la mise en œuvre de la directive inondation (et notamment du PGRI).

La figure suivante présente de manière synthétique le projet des orientations et dispositions du défi 8.

Le projet d'infrastructure détaillé dans le présent rapport est compatible avec le SDAGE en vigueur et conforme à la réglementation en vigueur (PPRI notamment).

En fonction des dispositions qui seront in fine approuvées du SDAGE révisé, le projet s'attachera à les intégrer.

Dès à présent, le projet est cohérent avec la principale disposition concernée, la disposition D8.140. « Eviter, réduire, compenser les installations en lit majeur des cours d'eau » (1.D1 et 1.D.2 du PGRI) :

« Les aménagements dans le lit majeur des cours d'eau doivent satisfaire un principe de neutralité hydraulique : ils ne doivent pas aggraver le phénomène d'inondation et ses impacts potentiels en amont et en aval. De plus, ces aménagements ne doivent pas compromettre les capacités d'expansion des crues.

Pour satisfaire ce principe une réflexion doit être menée sur l'implantation des aménagements et leur conception.

S'il n'est pas possible d'éviter l'implantation de ces aménagements dans le lit majeur des cours d'eau, leurs impacts sur l'écoulement des crues doivent être réduits.

Les impacts de ces aménagements qui ne pourraient pas être réduits font l'objet de mesures compensatoires permettant de restituer intégralement au lit majeur du cours d'eau les surfaces d'écoulement et les volumes de stockage soustraits.

Les compensations doivent intervenir par restitution de volumes et de surface à partir de la cote du pied de remblai. Le déblai d'un volume de matériaux en dessous de la cote du pied de remblais ne permet pas de satisfaire l'objectif de restitution de volumes et de surfaces d'écoulement.

Afin de garantir l'efficience des mesures compensatoires, il est recommandé de les regrouper sur un même site à proximité des projets d'aménagement.

La recherche de compensations des impacts hydrauliques doit être mobilisée en dernier recours. »

Ainsi, le projet s'attache à compenser systématiquement les remblais ou espaces pris à la crue (gares et ouvrages annexes mis hors d'eau), ceci afin de conserver les conditions actuelles d'expansion des crues.

De plus, la neutralité hydraulique a été évaluée avec la modélisation hydrodynamique en lit mineur et en lit majeur, pour l'ensemble des ouvrages concernés.

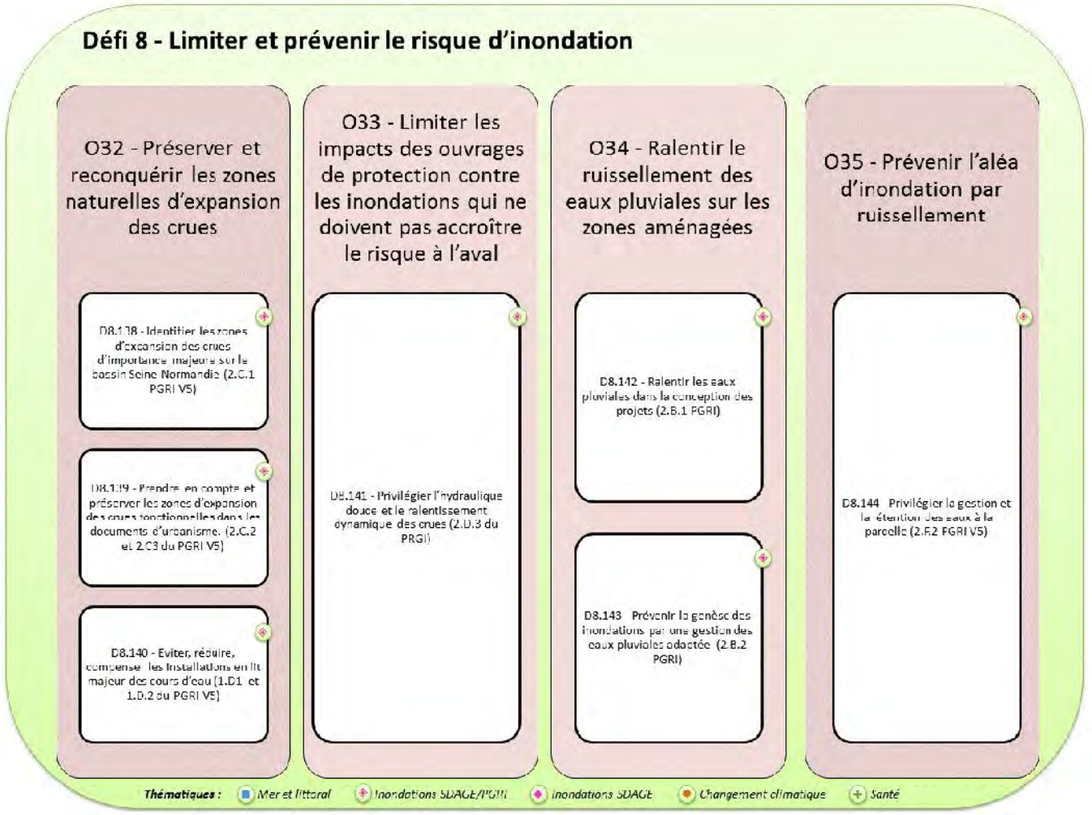


Figure 8 : Projet des orientations et des dispositions du défi 8 de la révision du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands.

3.7 Crues exceptionnelles

3.7.1 Descriptifs des zones inondées en fonction de la crue exceptionnelle simulée

3.7.1.1 Crue R1.15 (occurrence d'environ 500 ans)

La crue R1.15, d'occurrence d'environ 500 ans, correspond à la crue de 1910 multiplié par un facteur de 1,15. Cette crue inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Les ouvrages inondés par cette crue sont : l'OA ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA Place de la Résistance. Cette crue n'atteint pas la gare d'Issy RER.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont majoritairement faibles (inférieures à 0,2 m/s). Des vitesses modérées apparaissent au droit de l'Ile Saint Germain et en aval du pont de Sèvres. Les hauteurs de submersion varient entre 0 et 2 m.

3.7.1.2 Crue extrême (crue millénale)

La crue millénale inonde les lits majeurs droit et gauche de la Seine ainsi que l'Ile Saint Germain. L'Ile Seguin est, quant à elle, seulement inondée au niveau de sa pointe aval.

Les ouvrages inondés par cette crue sont : l'OA ile de Monsieur, la gare de Pont de Sèvres, l'OA ZAC SEAM et l'OA Place de la Résistance. Cette crue atteint la limite de l'emprise chantier de la gare d'Issy RER.

Les vitesses d'écoulement observées en lit majeur sont majoritairement faibles (inférieures à 0,2 m/s). Des vitesses modérées à fortes apparaissent au droit de l'Ile Saint Germain et en aval du pont de Sèvres. Les hauteurs de submersion sont élevées et dépassent souvent les 2 m.

3.7.2 Présentation des résultats

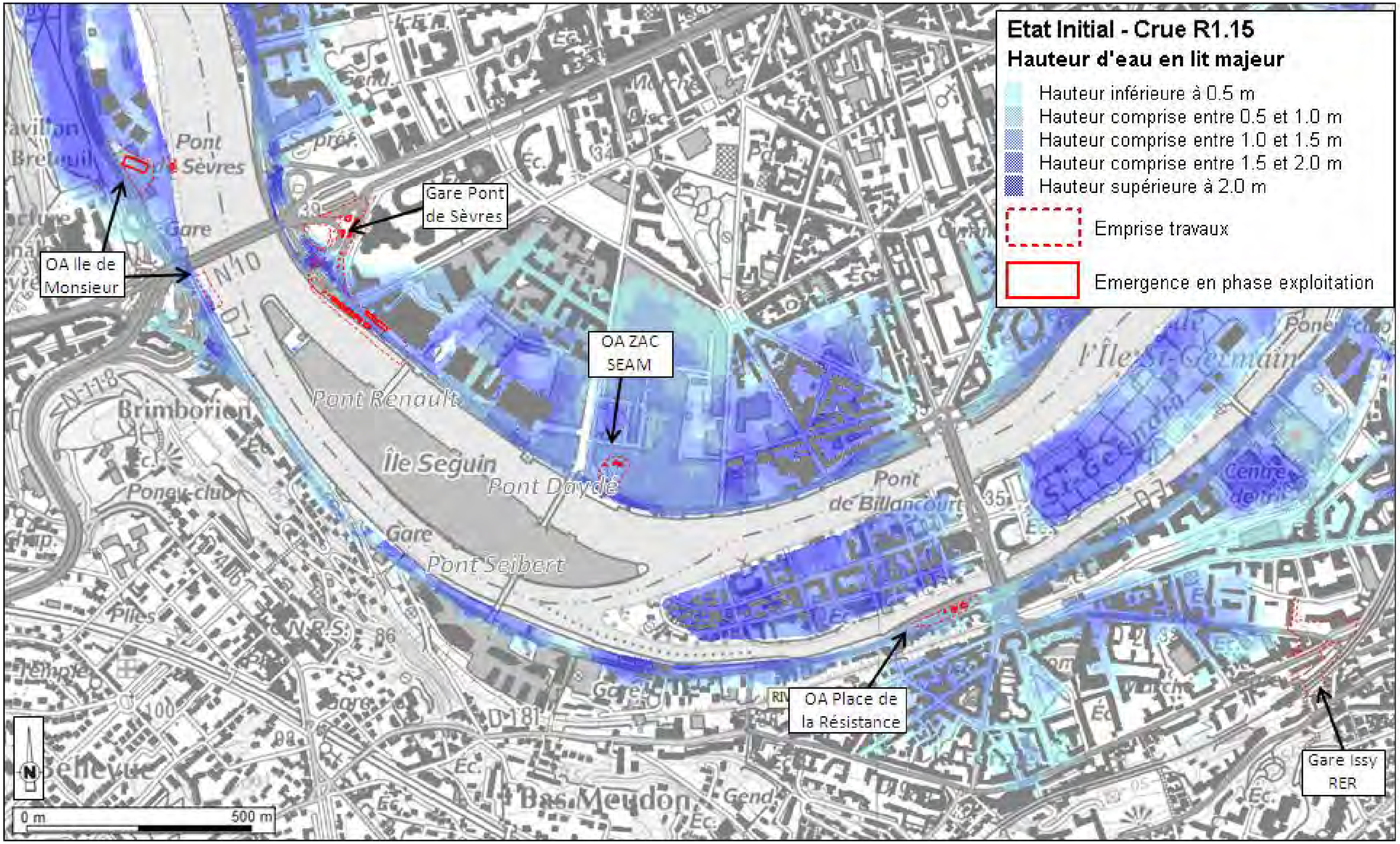
Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau calculés pour chacune des crues exceptionnelles au droit des ouvrages de la ligne 15 Sud.

Tableau 45 : Niveaux d'eaux simulés au droit des ouvrages pour les crues exceptionnelles – Etat de référence

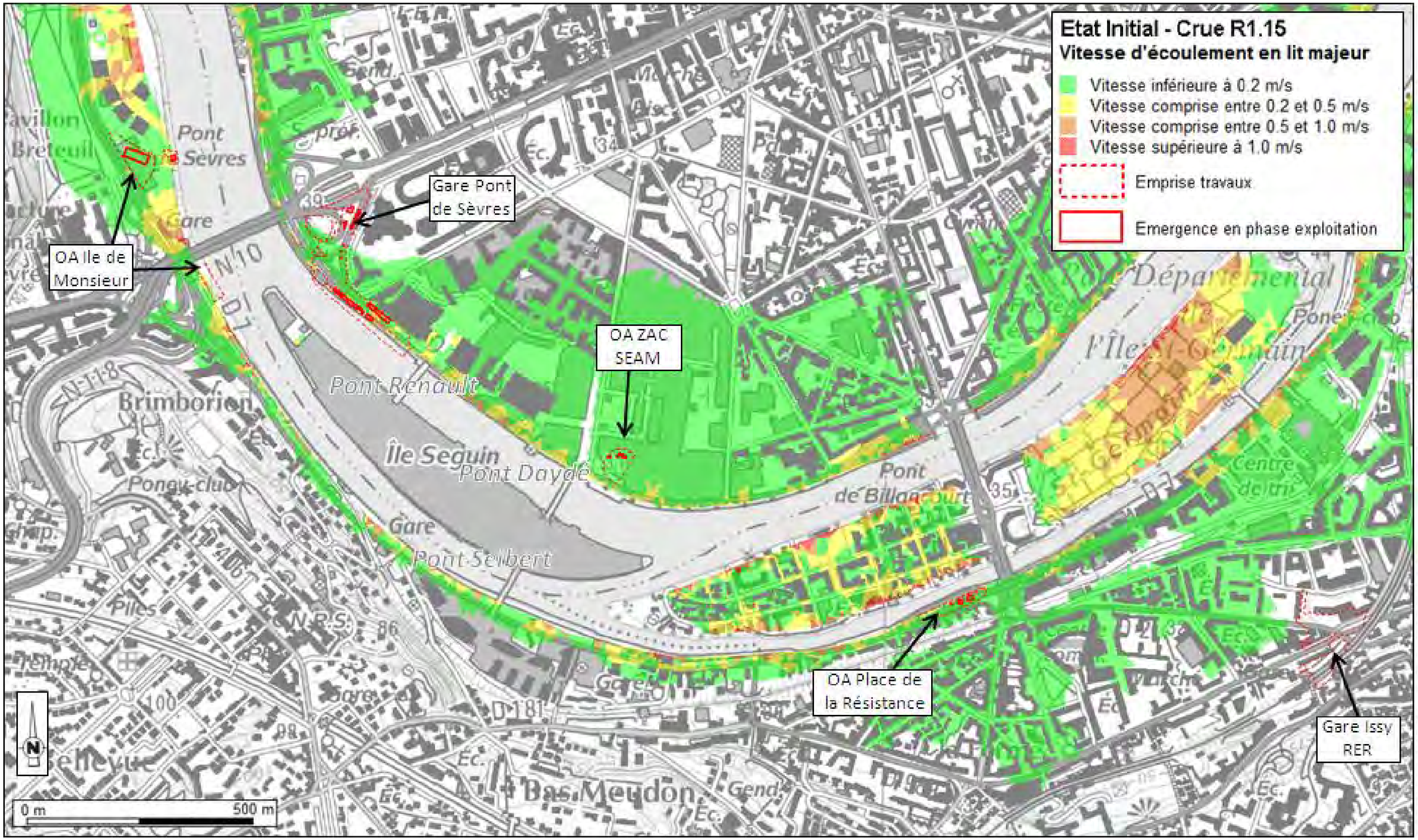
Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues exceptionnelles (m NGF)	
	R1.15	Q1000
OA Ile de Monsieur	31.92	32.13
Gare Pont de Sèvres	32.83	33.01
OA ZAC SEAM	32.03	32.27
OA Place de la Résistance	32.91	33.20

Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement en lit majeur obtenues par la simulation des crues extrêmes pour l'état initial sont présentées pages 81 à 84.

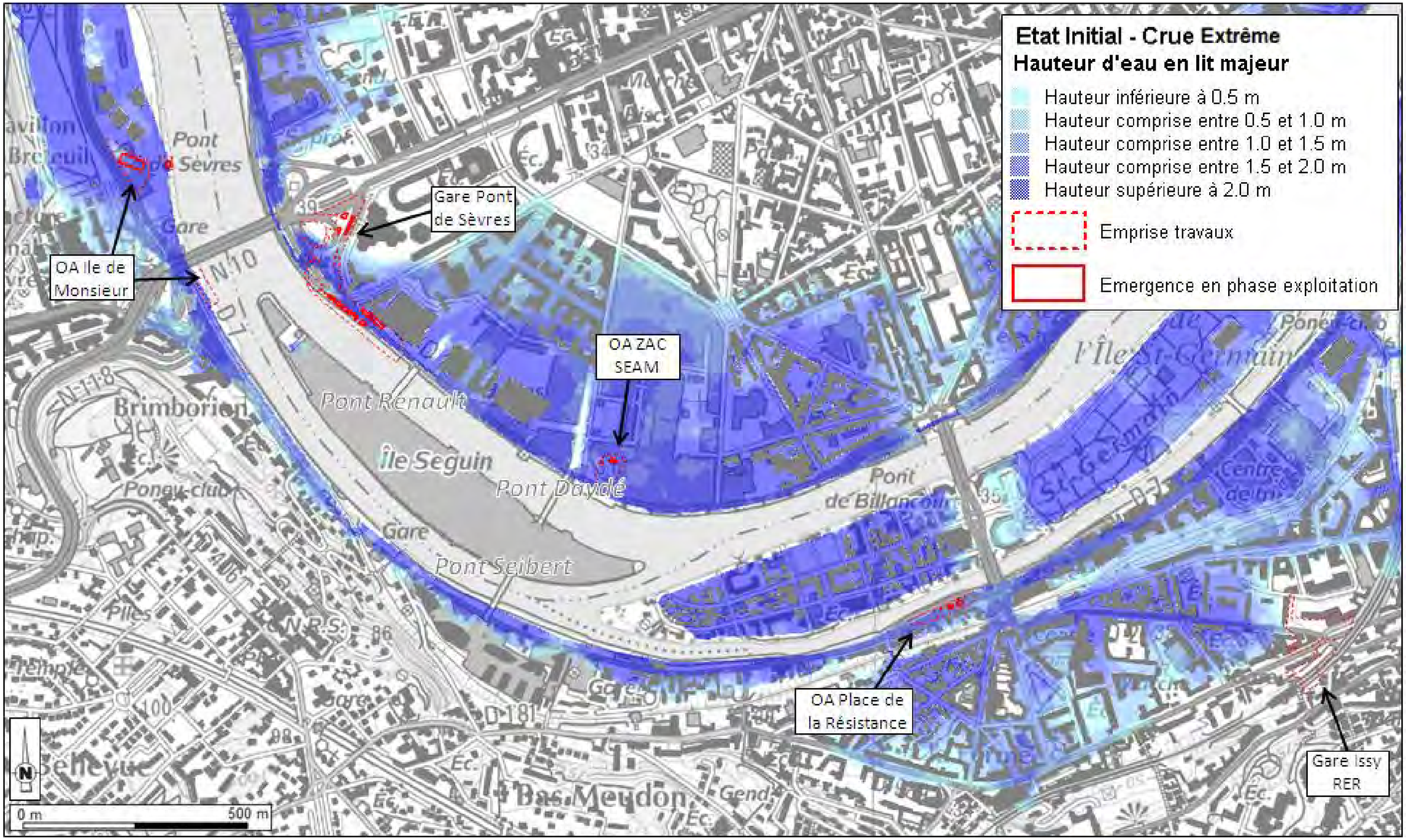
Les cartographies des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement en lit majeur obtenues par la simulation des crues extrêmes pour la phase exploitation sont présentées pages 85 à 89.



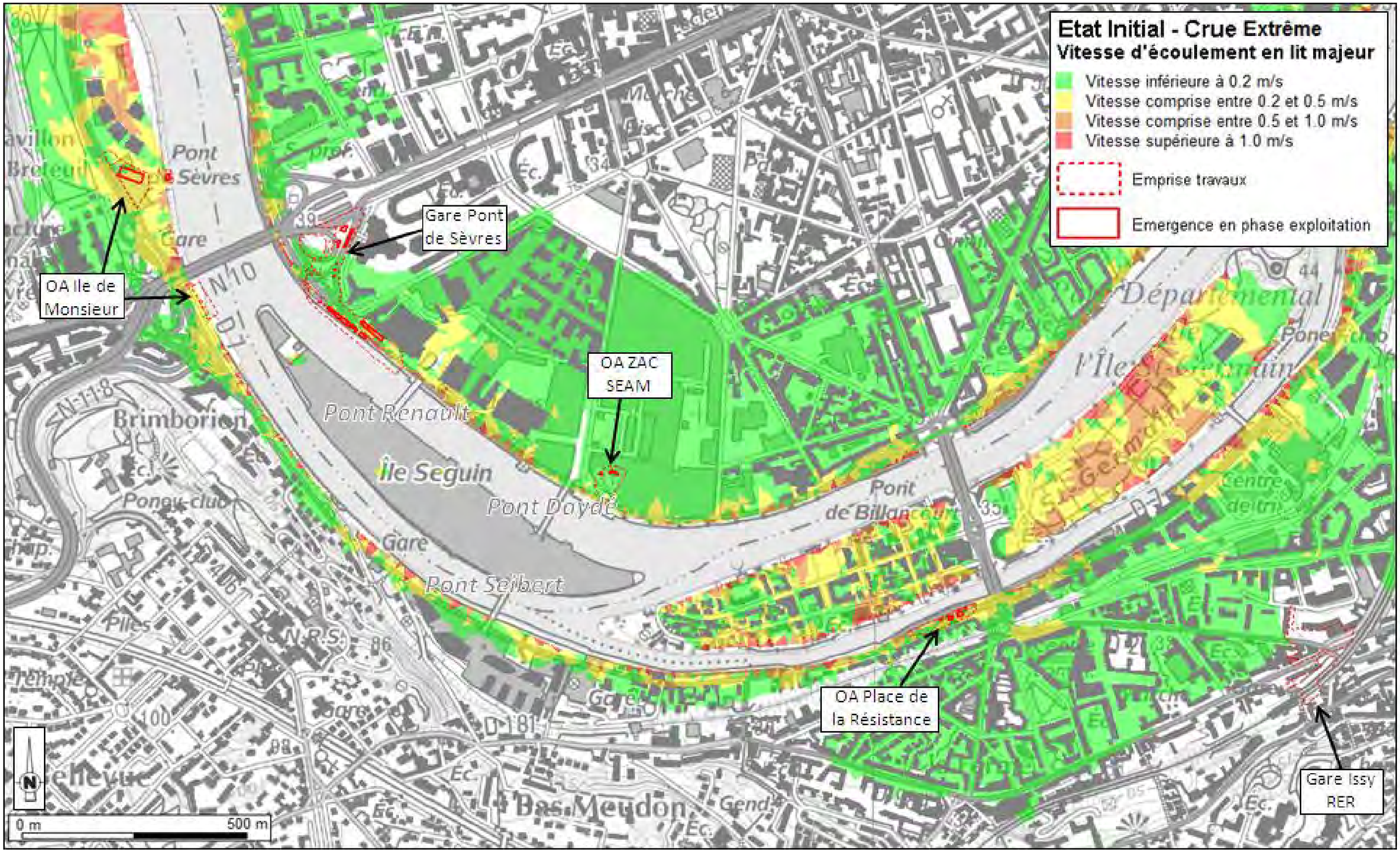
Carte 147 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue R1.15



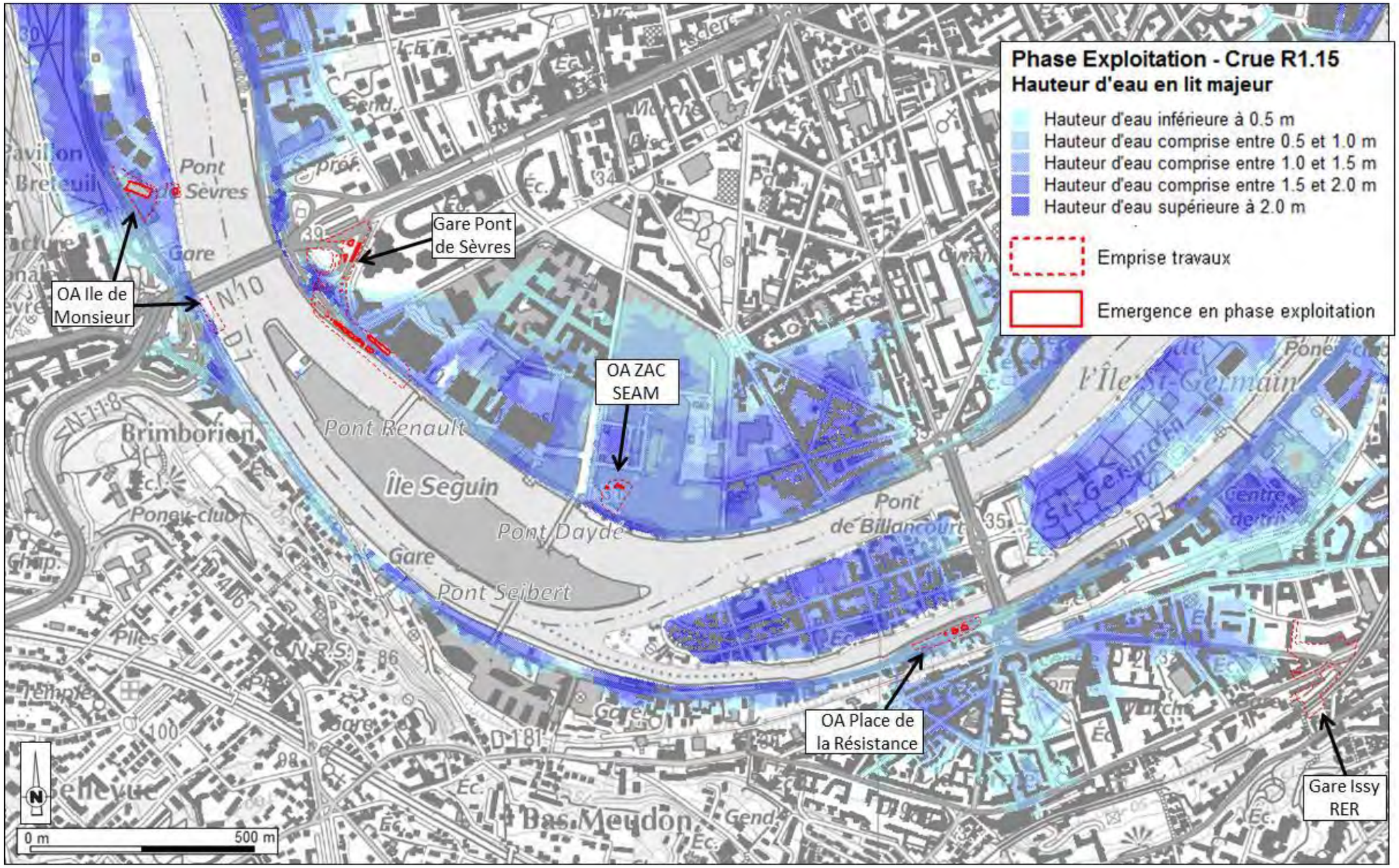
Carte 148 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue R1.15



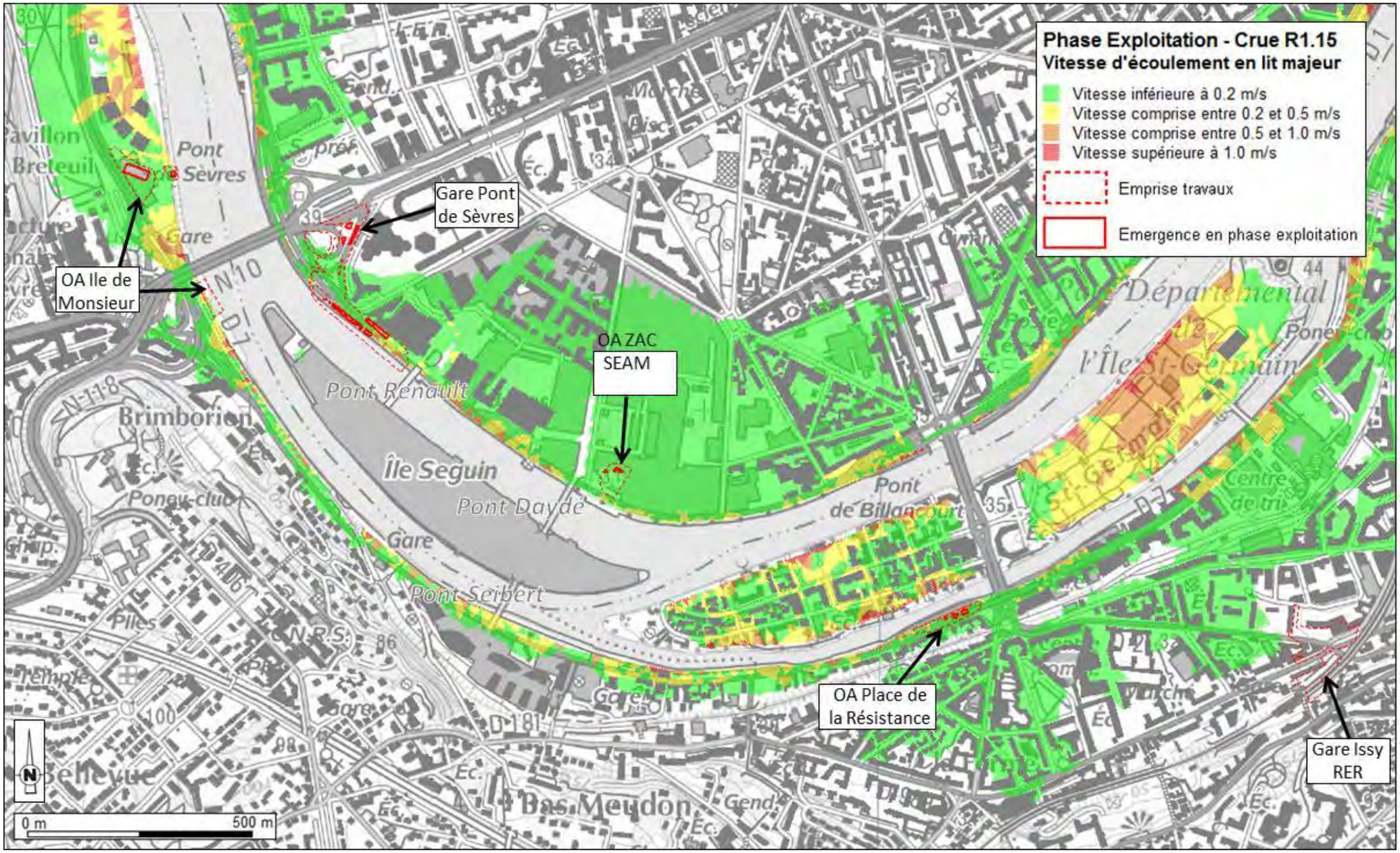
Carte 149 : Etat initial – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue extrême



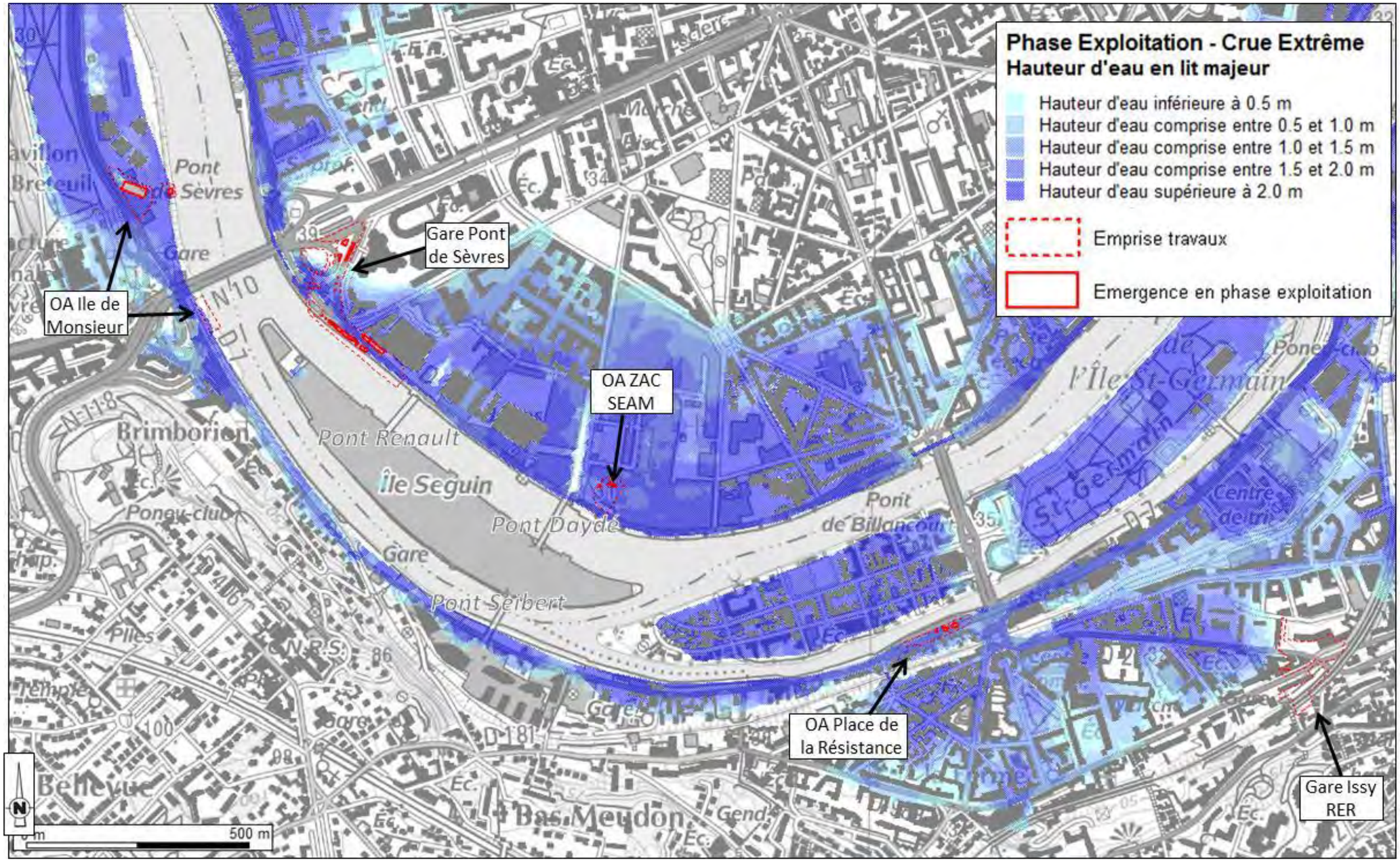
Carte 150 : Etat initial – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue extrême



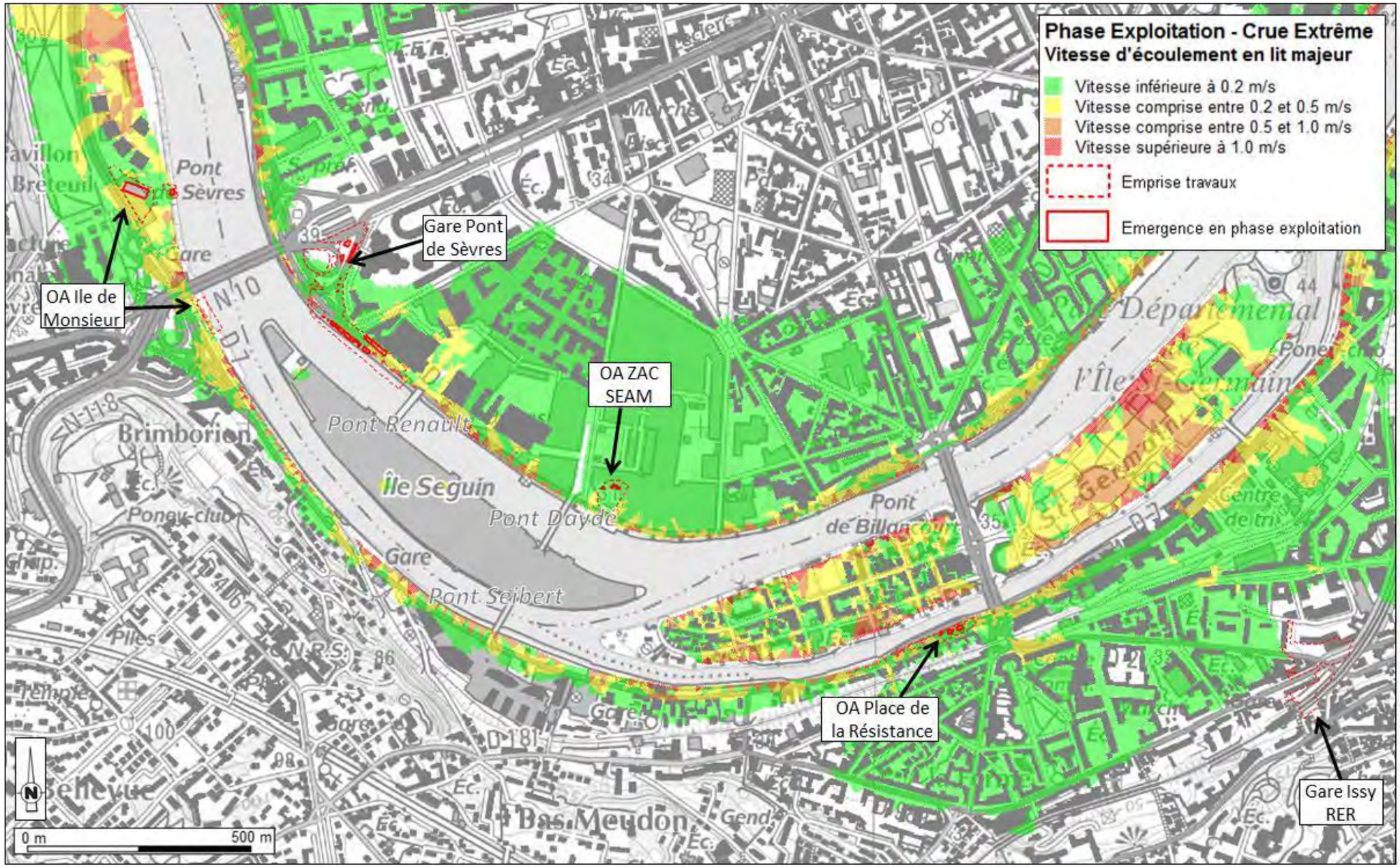
Carte 151 : Phase exploitation – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue R1.15



Carte 152 : Phase exploitation – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue R1.15



Carte 153 : Phase exploitation – Hauteur d'eau en lit majeur – Crue extrême



Carte 154 : Phase exploitation – Vitesses d'écoulement en lit majeur – Crue extrême

4 Annexe 4 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique de la boucle de Boulogne-Billancourt (92)

4.1 Résumé et auteurs de l'étude

4.1.1 Résumé

Dans le cadre de l'étude d'impact (phase 2) de la Ligne 15 sud (Pont de Sèvres – Noisy-Champs) du projet de métro du Grand Paris, les incidences hydrogéologiques du projet ont été étudiées spécifiquement pour le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt, du fait de la présence d'un aquifère à très forte productivité et de la proximité de la Seine, hydrauliquement connectée à cet aquifère. La Société du Grand Paris, responsable de la mise en œuvre du projet du Grand Paris, a choisi le bureau d'études Burgeap afin de réaliser un modèle hydrogéologique visant à décrire le fonctionnement hydrodynamique de ce secteur et à évaluer les impacts du projet.

A cet effet, une modélisation du secteur avait été effectuée en 2013, aboutissant à une première estimation de l'incidence du projet sur les niveaux de nappe. Depuis, des modifications apportées au projet de la Ligne 15 Sud – en particulier sur l'emprise et la profondeur des gares – ainsi que la disponibilité de nouvelles données sur l'environnement proche ont rendu nécessaire une reprise du modèle pour nouvelle évaluation des impacts hydrogéologiques.

Ce rapport présente les différentes étapes de conception et de calage du modèle révisé au début de l'année 2015, les simulations réalisées avec ce dernier et les résultats obtenus. Le modèle a été calé en régime permanent et en régime transitoire sur la base des dernières données disponibles. Au final, le modèle mathématique permet de calculer les impacts par différence entre des piézométries de référence restituées (état sans projet) et différentes simulations du projet dans des contextes hydrauliques variés.

Deux types d'impact sur les eaux souterraines ont été étudiés :

- l'impact lié au pompage en phase chantier, nécessaire lors de la construction des gares, et ce afin de maintenir les chantiers au sec,

- l'impact en phase définitive du tunnel et des gares : cet impact résulte de la perturbation des écoulements souterrains par la présence du tunnel et des gares.

Les résultats des simulations effectuées à partir du modèle calé montrent que les impacts de la mise en place du tronçon de la Ligne 15 Sud du projet de métro, sur le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt, seraient les suivants :

- au cours de la phase chantier de construction des gares : abaissement des niveaux de nappe de l'ordre de 20 cm à 30 cm au maximum, à proximité immédiate des infrastructures projetées, selon les hypothèses considérées.

  Les impacts piézométriques, en phase chantier, à l'échelle de l'ensemble de la boucle de Boulogne sont de l'ordre de 10 à 20 cm ; ces impacts sont donc faibles et ne sont pas de nature à avoir des conséquences quantitatives, en l'état actuel, sur les forages exploitant l'aquifère ;

- en phase définitive, après mise en place des infrastructures : hors période de crue, impact piézométrique centimétrique lié à la présence des gares et impact de la présence du tunnel quasi-nul.

  En période de crue, la présence des infrastructures (gares et tunnel) a pour conséquence d'augmenter l'amplitude de l'onde de crue transmise dans l'aquifère. Toutefois, cette augmentation n'est pas significative : au maximum, pour la crue de récurrence 50 ans, l'augmentation de l'onde de crue transmise dans l'aquifère est de l'ordre d'une dizaine de centimètres au droit des gares (soit augmentation au maximum de 3 % de l'amplitude de l'onde de crue) et de l'ordre du centimètre au droit du tunnel (soit augmentation de l'ordre de 0,4 % de l'amplitude de l'onde de crue).

  Ces impacts sont donc faibles et ne sont pas de nature à avoir des conséquences quantitatives, en l'état actuel, sur les forages exploitant l'aquifère, ni sur les infrastructures existantes dans le secteur étudié.

Il conviendra, au cours des phases d'étude ultérieures, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer les hypothèses considérées dans cette étude, et notamment celles relatives aux caractéristiques et profondeurs des formations géologiques faiblement perméables (en l'occurrence la craie saine), susceptibles de limiter les débits d'exhaure en phase chantier (par l'ancrage des parois moulées dans cette formation), et donc les impacts associés. Ces hypothèses pourront notamment être vérifiées par la réalisation d'investigations in-situ adaptées.

D'après notre bonne connaissance du contexte et les nombreux retours d'expérience de réalisation de parois moulées dont nous disposons dans la boucle de Boulogne-Billancourt, les impacts évalués dans le cadre de la présente étude ne devraient pas changer significativement, si un ancrage suffisant des parois moulées dans la craie peu perméable est assuré. En effet, l'impact est très peu dépendant de l'épaisseur ou de la perméabilité de la craie perméable, mais est surtout dépendant de la hauteur d'ancrage des parois moulées dans la craie saine.

Enfin, on remarquera qu'à la différence de la version initiale de 2013, le nouveau modèle utilisé prend en compte l'important projet de géothermie au droit de la ZAC du Trapèze à Boulogne-Billancourt (également nommé projet IDEX dans le texte). En effet, compte tenu de leur proximité avec la gare Pont de Sèvres, les forages de pompage et de réinjection de l'installation sont susceptibles d'impacter les sens d'écoulement et d'augmenter les gradients. Toutefois leur implantation et le volume de fonctionnement de l'installation ne sont pas connus précisément à ce jour. En conséquence, les cas de simulations ont été doublés de manière à présenter systématiquement les résultats par rapport à deux états de référence :

- l'état de nappe actuel sans projet IDEX (ou avec installation à l'arrêt),

- une nappe influencée par le fonctionnement de l'installation à son débit de pointe théorique de 1 500 m^3/h.

4.1.2 Auteurs de l'étude

Les contributeurs à la réalisation de cette étude sont présentés ci-dessous.

Tableau 46 : Contributeurs de l'étude

Directeur d'étude	Hugues THOMAS (BURGEAP)
Hydrogéologue modélisateur	Noémie NICOD (BURGEAP) Nicolas TRIBOUILLARD (CONSULTANT) Lionel SCHAPER (BURGEAP)
Expert hydrogéologue	Laurent PYOT (BURGEAP)
Relecteur qualité	Claude MICHELOT (BURGEAP)

4.2 Description de la zone d'étude et du projet

La boucle de Boulogne-Billancourt se situe dans la partie centrale du département des Hauts-de-Seine (92), en limite sud-ouest de la ville de Paris, et au sud du Bois de Boulogne. Cette boucle, délimitée par la Seine, représente environ 5 km de long sur 3,5 km de large. La boucle est urbanisée sur les trois-quarts de sa surface, et est occupée par le Bois de Boulogne au nord, quelques parcs et étangs ainsi que les hippodromes de Longchamp et Auteuil sur le quart restant.

La zone étudiée est représentée sur la Figure 9 suivante.

4.2.1 Hydrographie

Dans le secteur étudié, le réseau hydrographique est essentiellement composé par la Seine. Au niveau de la boucle, le niveau de la Seine est contrôlé, en amont, par le barrage du Port-à-l'Anglais, situé en amont de Paris (sur les communes d'Alfortville et de Vitry-sur-Seine) et, en aval, par le barrage de Suresnes (92).

Ainsi, entre Alfortville et Suresnes, hors période de crue, le niveau d'eau de la Seine est constant et imposé à la cote de 26,73 NGF IGN69 (retenue normale de la Seine), afin de permettre sa navigation.

Le Tableau 47 suivant présente les cotes de la Seine au droit des différents ponts présents sur la boucle de Boulogne pour les crues de Seine de référence : crue quinquennale, crue décennale et crue centennale.

Tableau 47 : Cotes (NGF IGN69) de Seine pour les crues de référence

	Crue quinquennale (1978)	Crue décennale (1982)	Crue centennale (1910)
Pont de Grenelle	30,10	30,58	32,55
Pont du Garigliano	29,83	30,35	32,16
Pont d'Issy	29,65	30,25	31,91
Pont de Billancourt	29,44	29,89	31,68
Pont de Sèvres	29,17	29,63	31,45
Pont de Saint Cloud	29,06	29,54	31,26
Passerelle de l'Avre	28,94	29,42	31,12
Pont de Suresnes	28,77	29,24	30,97

On notera également dans le secteur étudié la présence de quelques plans d'eau, notamment au droit du Parc Edmond de Rothschild et du Bois de Boulogne.

4.2.2 Géologie

Le secteur d'étude, à l'échelle régionale, est caractérisé par l'affleurement, dans le méandre de la Seine de Boulogne-Billancourt, de la craie sous les alluvions anciennes et récentes du fleuve, comme le montre la Figure 10. Cet affleurement, fruit de l'érosion par la Seine des terrains tertiaires, est appelé « boutonnière de Boulogne-Billancourt ».

Les alluvions récentes de la Seine s'étendent sur 700 m maximum en dehors du lit mineur de la Seine. Le cœur de la boucle est essentiellement recouvert d'alluvions anciennes.

La zone d'étude est localisée au nord de l'anticlinal de Meudon, qui affecte l'ensemble des couches tertiaires jusqu'à la craie du Secondaire, et dont l'axe est orienté globalement nord-ouest/sud-est. De fait, les couches géologiques tertiaires situées de part et d'autre de la boutonnière présentent un pendage significatif, de l'ordre de 1 %, orienté vers le nord-est. Du fait des processus d'érosion au cœur de la boucle, et de la présence de l'anticlinal de Meudon, les couches géologiques tertiaires n'apparaissent sous les alluvions que sur la partie nord de la boucle. Ces formations se biseautent en direction du sud.

La Figure 11 et la Figure 12 présentent des coupes géologiques schématiques, respectivement le long et en travers de la boucle de Boulogne.

La coupe géologique type de la boucle de Boulogne comprend, de haut en bas, les formations suivantes. Cette coupe résulte d'une synthèse géologique établie sur la base : des données de sondages réalisés par la SGP, des données de sondages disponibles auprès de la banque de données du sous-sol [2], des archives de BURGEAP [3], du Mémoire de Mégnien [6] et de la notice de la carte géologique de Paris au 1/25 000 [1] :

- remblais éventuels, sur une épaisseur variable,
- alluvions récentes ou modernes (Quaternaire), composées de limons sableux, parfois tourbeux, hétérogènes, sur une épaisseur pouvant atteindre 7 à 10 mètres environ,
- alluvions anciennes (Quaternaire), composées de sables et graviers, d'épaisseur maximale de l'ordre d'une dizaine de mètres environ,
- argiles plastiques (Sparnacien, Yprésien), épaisses d'une dizaine de mètres,
- marnes et calcaires de Meudon (Montien), caractérisés par des marnes crayeuses à argileuses, voire du calcaire grossier, d'une dizaine de mètres d'épaisseur au maximum dans le secteur étudié,
- craie blanche à silex (Crétacé), dont l'épaisseur totale est d'environ 300 m. Lorsque la craie est rencontrée sous les alluvions, sa partie supérieure est généralement fracturée sur une épaisseur de 10 à 20 m. Sous recouvrement tertiaire, l'épaisseur de fracturation de la partie supérieure de la craie se réduit. Sous cette frange de craie fracturée, la craie devient progressivement plus saine (de moins en moins fracturée).

Dans ce contexte, le seul horizon réellement très peu perméable rencontré correspond aux argiles plastiques, mais que l'on retrouve uniquement sur le périmètre de la boucle de Boulogne (formation en mauve sur la Figure 10).

Dans la boucle en elle-même, ces argiles ainsi que toutes les formations tertiaires ont été érodées, si bien que le tracé recoupera les formations du Crétacé (et les alluvions sus-jacentes) : l'horizon peu perméable constituant la limite inférieure de l'aquifère correspond à la craie saine. Les formations situées au-dessus des argiles plastiques, isolées par ces argiles des formations sous-jacentes et présentes uniquement en périphérie de la boucle de Boulogne, ne seront donc pas décrites ni étudiées (à l'exception des alluvions qui recouvrent les argiles plastiques dans le secteur nord de la boucle).

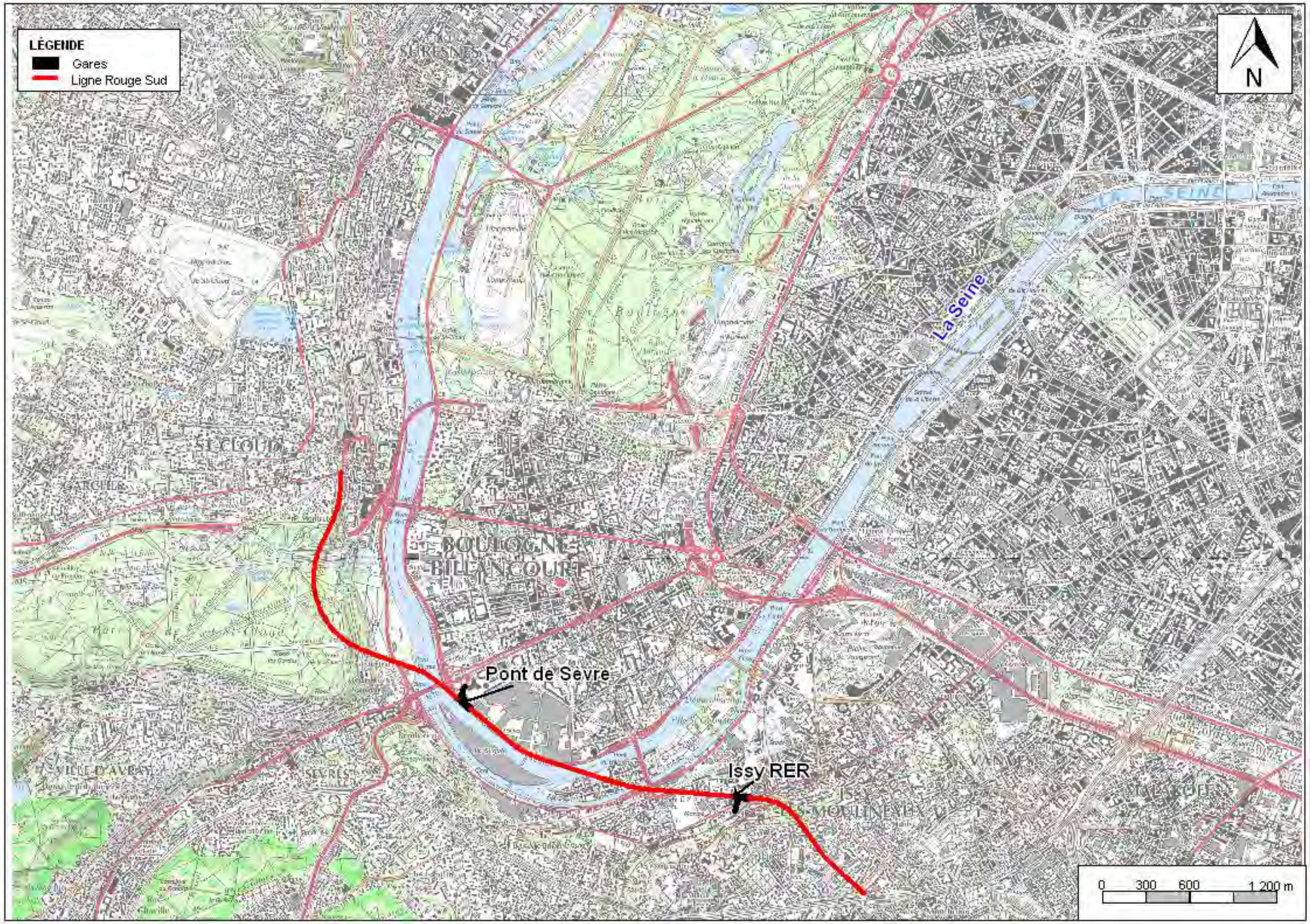


Figure 9 : Localisation du secteur d'étude

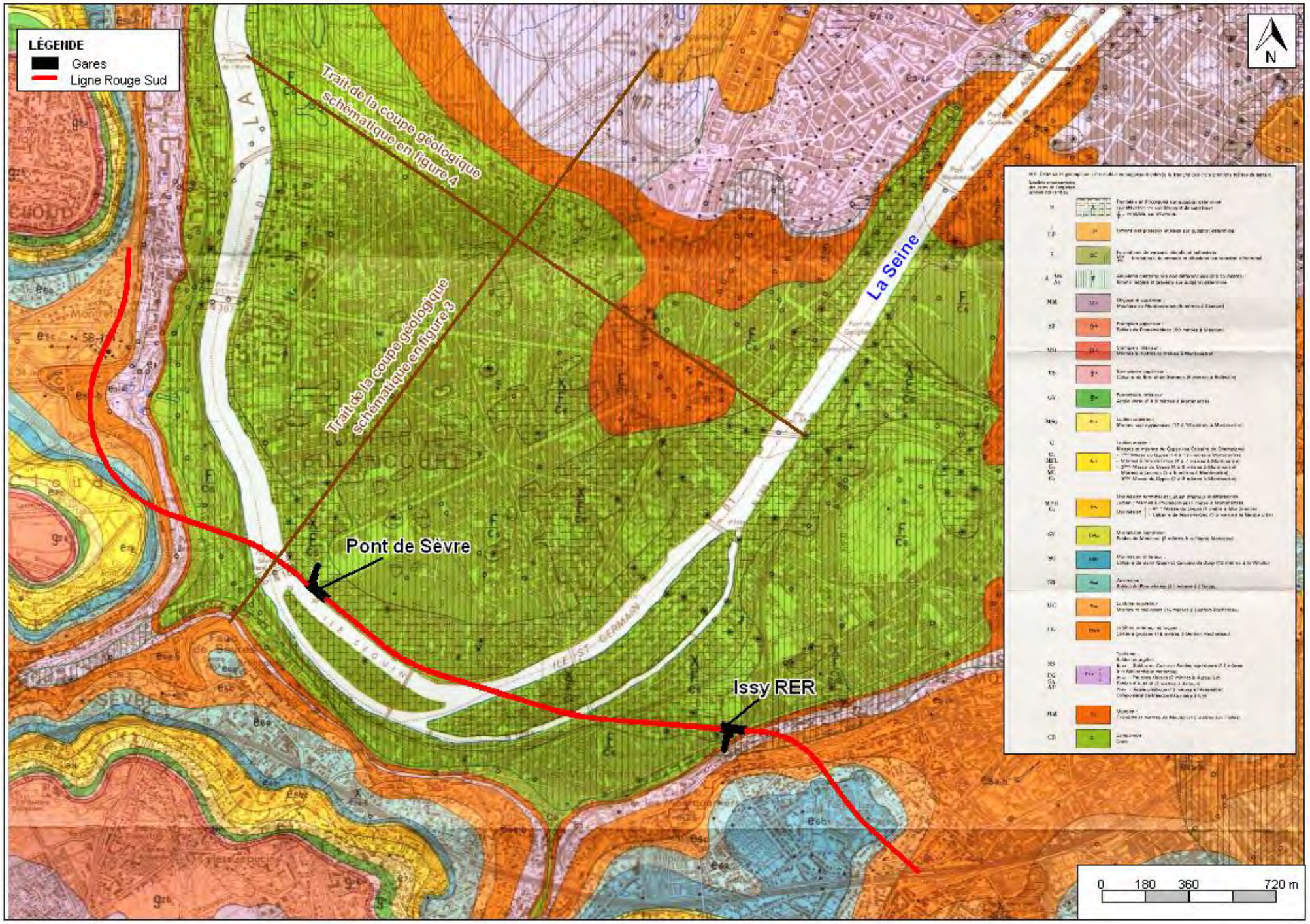


Figure 10 : Contexte géologique du secteur d'étude (extrait de la carte géologique au 1/25000 de Paris, BRGM [1])

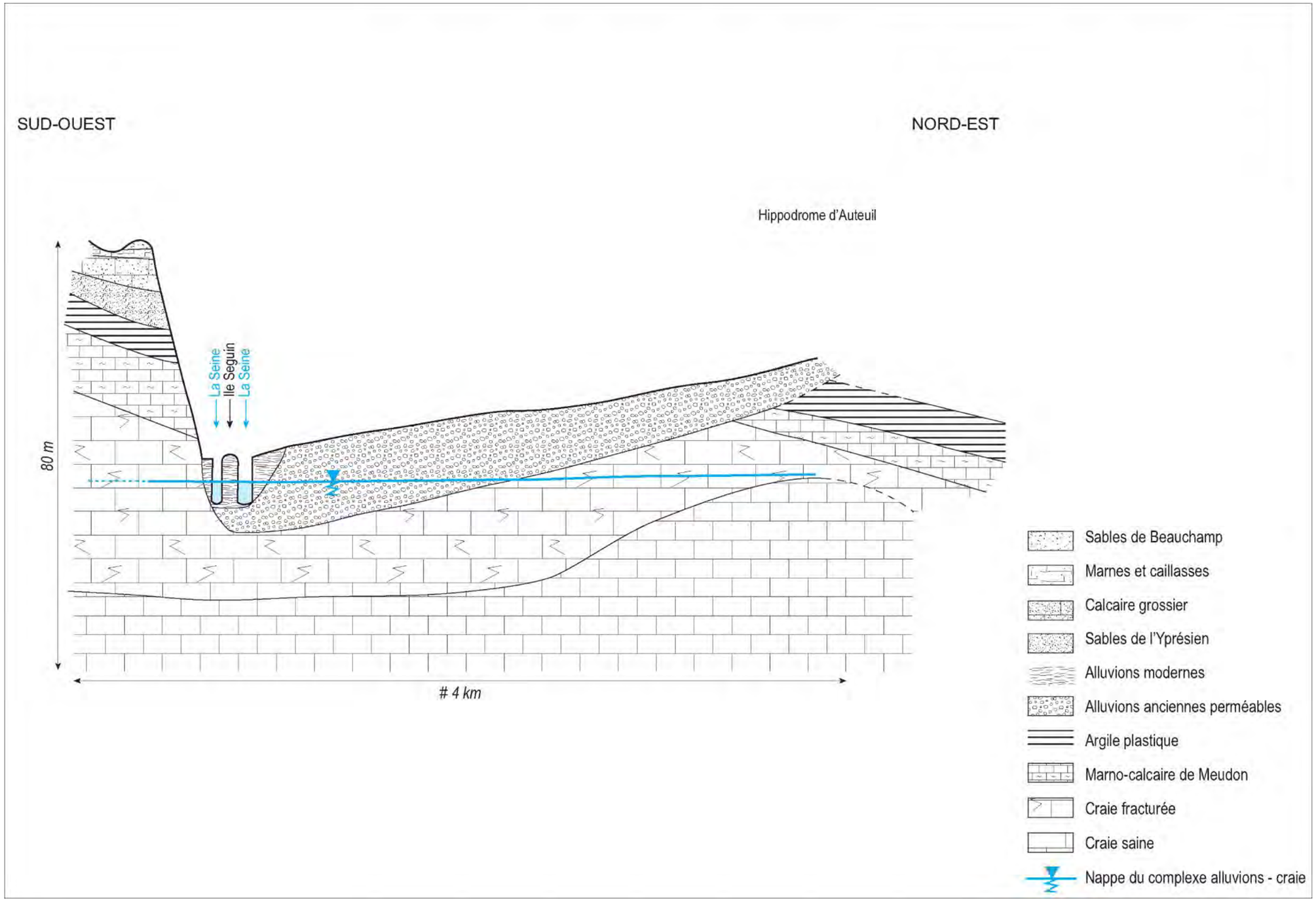


Figure 11 : Coupe géologique schématique le long de la boucle de Boulogne-Billancourt

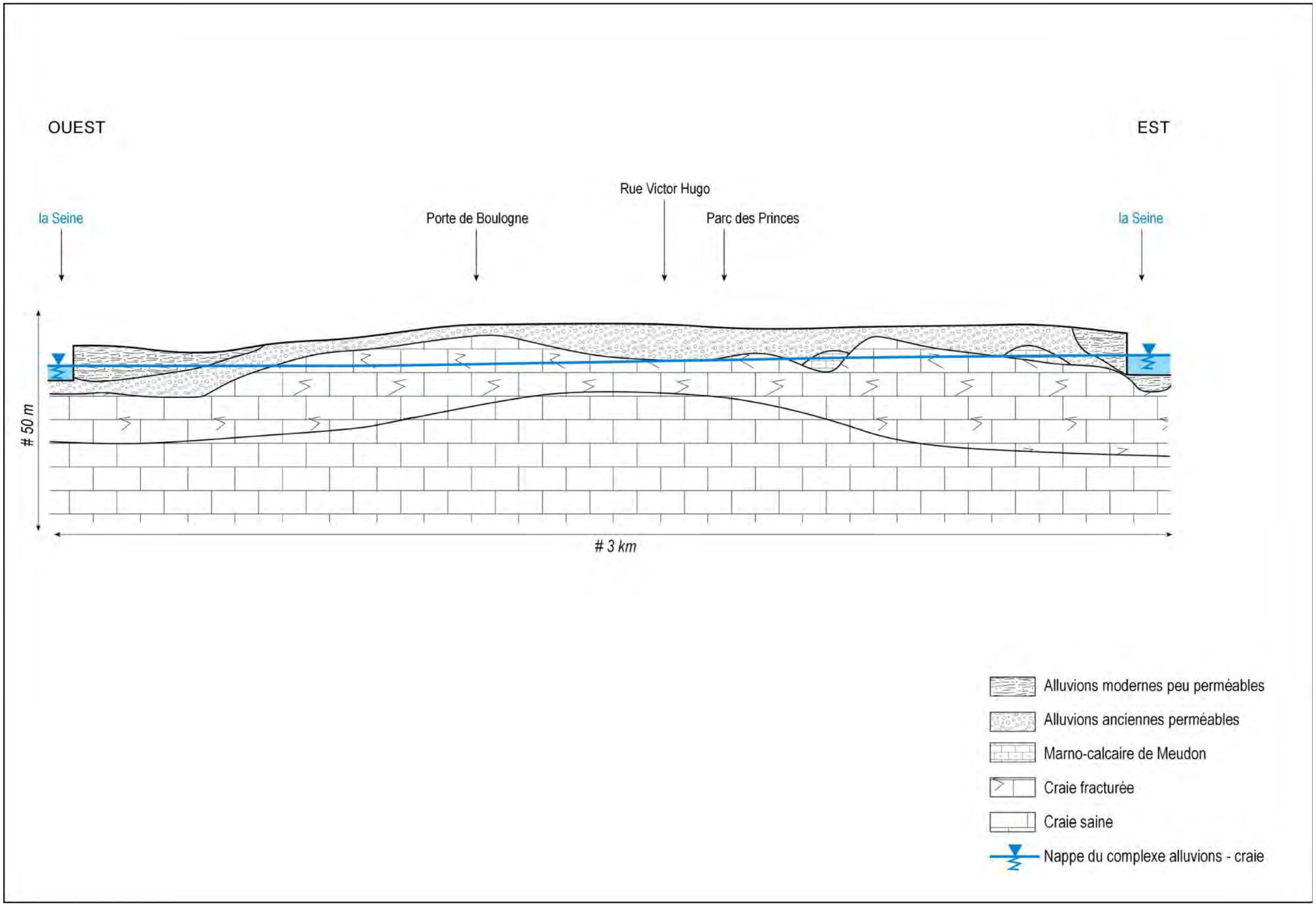


Figure 12 : Coupe géologique schématique en travers de la boucle de Boulogne-Billancourt

4.2.3 Hydrogéologie

Dans la série géologique présentée précédemment, on distingue essentiellement deux horizons aquifères constitués d'une part par les alluvions anciennes et d'autre part par la craie fracturée.

Localement, dans la partie nord de la boucle, ces deux aquifères sont séparés par les marno-calcaires de Meudon, également aquifères (lorsqu'ils existent) ou par l'ensemble constitué par les marno-calcaires de Meudon et les argiles plastiques.

Comme indiqué précédemment, sur la majeure partie de la boucle, les marno-calcaires et les argiles plastiques sont érodés et les alluvions reposent directement sur la craie fracturée, formant ainsi un seul aquifère bicouche.

On parle d'aquifère bicouche en raison des différences de lithologie et donc de type de perméabilité qui caractérise ces horizons : on parle de perméabilité d'interstice pour les alluvions anciennes sablo-graveleuses, tandis que la craie fracturée est caractérisée par une perméabilité de fractures. La fracturation de la craie, au droit de la boutonnière de Boulogne-Billancourt, diminue avec la profondeur, si bien qu'à partir de 30 à 40 m de profondeur, la craie devient de plus en plus saine (soit de moins en moins fracturée) et donc de moins en moins perméable. Ainsi, l'aquifère de la craie est limitée, en profondeur, vers 30 à 40 m de profondeur en ordre de grandeur.

L'aquifère bicouche des alluvions anciennes et de la craie est donc le siège de la nappe phréatique, que l'on appelle communément « nappe du complexe alluvions-craie ». Cette nappe, semi-captive sous les alluvions modernes, peu perméables, et libre dans le cœur de la boucle (en dehors des zones d'extension des alluvions modernes), est en relation hydraulique avec la Seine. Elle est considérée comme la nappe d'accompagnement de la Seine.

L'aquifère du complexe alluvions-craie est alimenté par la pluie utile s'infiltrant dans les terrains au droit de la boucle, ainsi que par la percolation en nappe des eaux souterraines contenues dans les formations tertiaires bordant la boutonnière crayeuse de Boulogne-Billancourt.

Théoriquement, en période d'étiage, la nappe alimente le fleuve, si bien qu'à l'état naturel, l'exutoire final de l'aquifère est constitué par la Seine. Par ailleurs, de manière transitoire, en cas de crue de Seine, c'est le fleuve qui réalimente la nappe (modification transitoire du gradient hydraulique entre la Seine et l'aquifère, inversant ainsi les sens d'écoulement). Les échanges entre la nappe alluviale et la Seine sont contrôlés par le colmatage des berges et du lit de la Seine, qui peut être naturel (dépôts de fines, de limons, …) ou anthropique (confortement des berges ou des quais).

Actuellement, il existe un certain nombre de pompages en nappe (voir paragraphe 4.2.3.4), exploitant l'aquifère du complexe alluvions-craie. De fait, l'ensemble de ces prélèvements constitue un second exutoire pour la nappe aquifère.

Du fait de l'existence de ces pompages en nappe, l'équilibre hydraulique naturel existant entre l'aquifère et la Seine est perturbé (voir paragraphe 4.2.3.1) : ainsi, le niveau piézométrique de l'aquifère du complexe alluvions-craie se situe, sur une portion importante de la boucle de Boulogne-Billancourt, nettement sous le niveau de la Seine et, en l'état actuel, c'est la Seine qui alimente la nappe sur cette portion, même en période d'étiage.

4.2.3.1 Piézométrie

Seulement peu de cartes piézométriques historiques ont été réalisées spécifiquement pour le secteur étudié. Citons notamment la carte hydrogéologique de Delesse [4] ou l'atlas hydrogéologique des nappes aquifères de la région parisienne [7] (cotes piézométriques ponctuelles uniquement).

Une carte piézométrique, issue des archives internes de Burgeap [3], présente également la piézométrie de la nappe du complexe alluvions-craie à fin 2004. Dans le cadre de la présente étude, cette carte a été mise à jour sur la base des mesures piézométriques suivantes :

- mesures piézométriques effectuées par Burgeap lors de différentes études dans le secteur de la boucle de Boulogne, entre 2004 et 2013 [3],
- mesures piézométriques effectuées par Burgeap dans les différents puits et piézomètres recensés dans le secteur, et accessibles, le 22 juillet 2013,
- mesures piézométriques le long tracée réalisées lors des missions de reconnaissance géotechnique menées par la SGP : dans le secteur modélisé, 28 sondages (dont 16 équipés en piézomètres) et 37 sondages (dont 17 équipés en piézomètres) ont respectivement été réalisés au cours des campagnes de mission G11 et G12.

Les Figure 13 et Figure 14 présentent respectivement les cartes piézométriques interprétatives de la nappe à fin 2004 et la mise à jour de celle-ci avec des données de la période 2004-2013, établies sur le secteur d'étude. Bien que l'ensemble des mesures ayant permis de réaliser la carte sur la période de 2004-2013 ne soient pas synchrones, et que certaines mesures piézométriques sont influencées par des opérations de pompage de nappe en phase chantier, nous considèrerons cette dernière carte comme la carte piézométrique actuelle de référence pour l'aquifère du complexe alluvions-craie.

Toutefois, sur le secteur du pont de Sèvres, on observe une dépression piézométrique occasionnée par des pompages de rabattement de nappe en phase chantier, dans le cadre du réaménagement de l'ensemble de ce secteur (anciennes usines Renault sur l'ile Seguin et le trapèze Renault). Ces pompages de nappe étant des opérations temporaires (phase chantier uniquement), nous n'avons donc pas cherché à représenter cette dépression piézométrique, qui atteint la cote 26,1 NGF (décroché de 0,6 m par rapport à la retenue du fleuve).

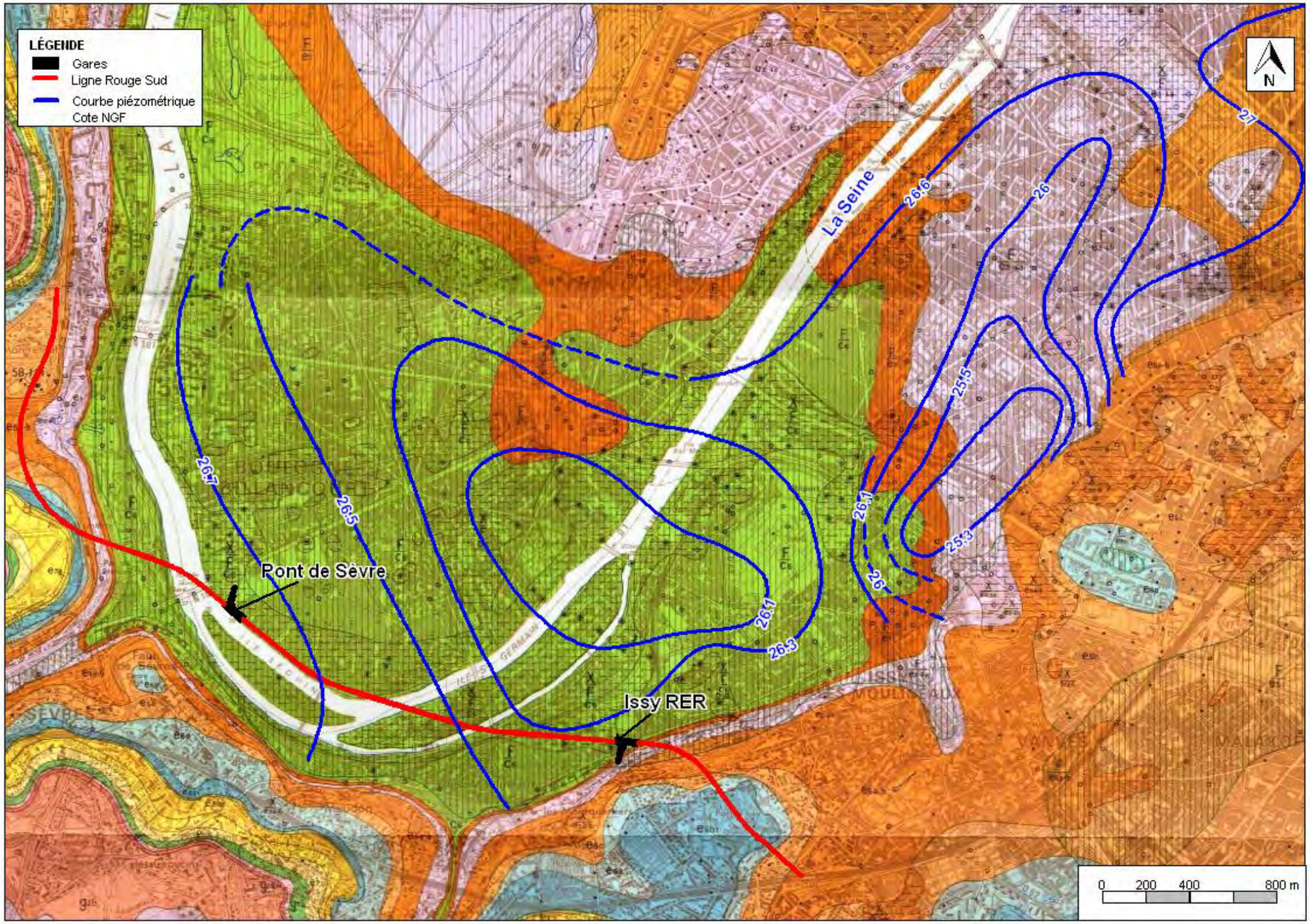


Figure 13 : Carte piézométrique de la nappe de la craie et des alluvions sur craie (archives de Burgeap [3]) – Fin 2004

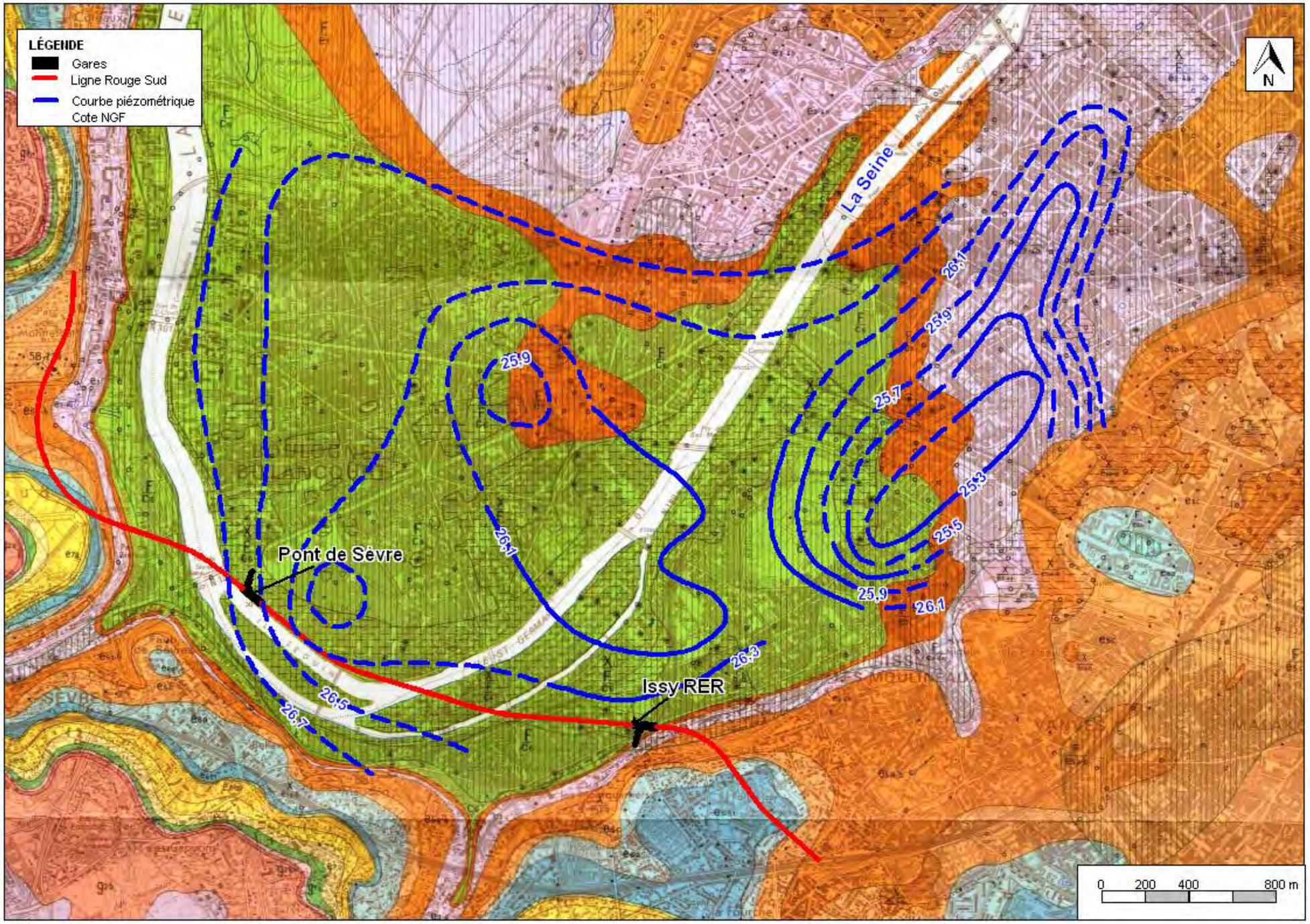


Figure 14 : Carte piézométrique de la nappe de la craie et des alluvions sur craie (interprétation des données internes [3] et d'une campagne piézométrique le 22/07/2013)
Période 2004 – 2013

On constate sur ces cartes que, globalement, le niveau de la nappe s'établit plus bas que le niveau de la Seine, sur la majeure partie de la boucle. Ainsi, dans cette situation, c'est la Seine qui réalimente la nappe. Cette observation met en évidence que la nappe n'est pas à son équilibre naturel (en situation naturelle, c'est-à-dire sans influence de pompage ou drainage, la nappe d'accompagnement d'une rivière est généralement drainée par celle-ci), mais est influencée par des prélèvements en nappe qui abaissent artificiellement son niveau.

Ainsi, à fin 2004, on observe deux dépressions piézométriques : une première dépression centrée sur le pont d'Issy (la densité des cotes de nappe disponibles pour l'établissement de cette carte ne permet pas de dire s'il s'agit d'une seule dépression « à cheval sur le fleuve » ou deux dépression distinctes), une seconde dépression dans le secteur du cimetière de Vaugirard – Palais des Sports dans le 15ème arrondissement de Paris.

Ces deux dépressions ont perduré et sont également observées sur la carte piézométrique de la période 2004-2013 : l'une globalement comparable à celle observée en 2004 dans le secteur du pont d'Issy et de Boulogne-Billancourt, et l'autre également centrée sur le secteur du cimetière de Vaugirard – Palais des Sports dans le 15ème arrondissement.

La dépression piézométrique dans le secteur du pont d'Issy atteint la cote 26,1 NGF sur les deux cartes piézométriques, ce qui représente un décroché de 0,6 m par rapport à la retenue du fleuve (26,73 NGF).

Nous ne disposons pas de mesures continues sur plusieurs années de l'évolution des niveaux piézométriques au droit même de la boucle de Boulogne, toutefois, nous avons recueilli dans nos archives [3], différentes chroniques piézométriques locales et sur des périodes plus ou moins longues : ces chroniques piézométriques montrent que le battement saisonnier de la nappe, hors évolutions pluriannuelles liées aux évolutions des prélèvements, est de l'ordre de 0,5 m.

Ainsi, compte tenu de ce faible battement saisonnier, nous ne ferons pas de distinction entre période de hautes eaux et période de basses eaux (hors période de crue).

4.2.3.2 Relation hydraulique entre la Seine et l'aquifère : transmission d'ondes de crue

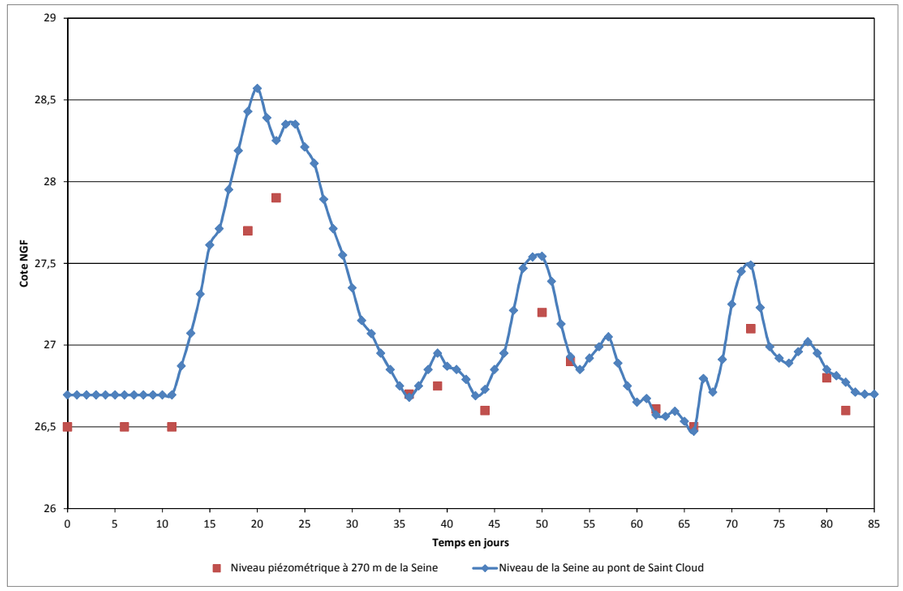
Lorsque le niveau de la Seine est affecté par une crue, les équilibres hydrodynamiques entre le cours d'eau et la nappe sont temporairement modifiés (augmentation du gradient entre le niveau de la Seine et le niveau de la nappe) et l'onde de crue de Seine se propage dans l'aquifère.

La propagation de l'onde de crue dépend du facteur de colmatage des berges et du lit de la Seine, qui peut varier le long du linéaire du cours d'eau, et des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère dans lequel l'onde se propage (ici l'aquifère du complexe alluvions-craie).

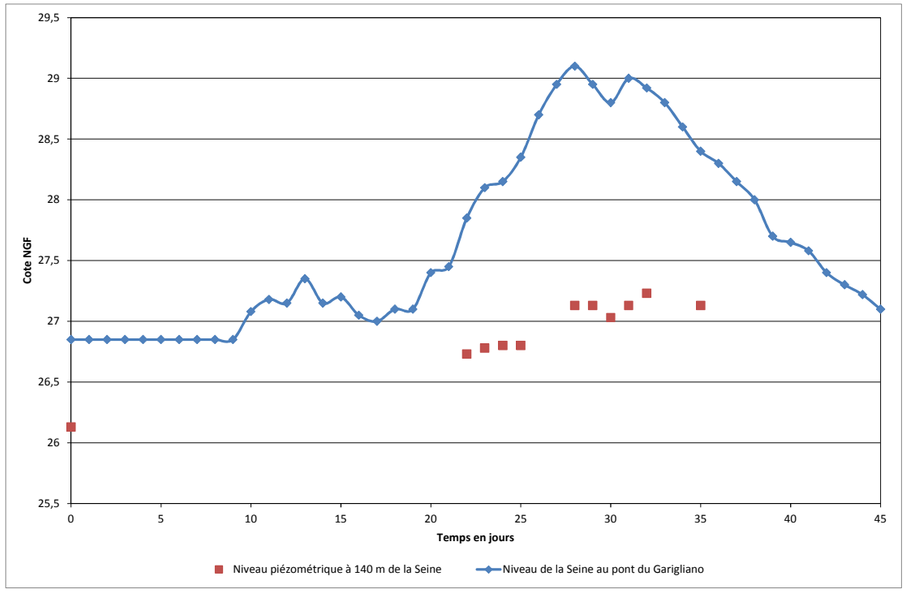
Au droit de la boucle de Boulogne-Billancourt, Burgeap a enregistré un certain nombre d'ondes de crue de Seine transmise dans l'aquifères [3] :

- onde de crue enregistrée au rond-point Rhin et Danube à Boulogne-Billancourt en 1995,
- onde de crue enregistrée près du parc André Citroën à Paris en 1995,
- onde de crue enregistrée entre le pont de Billancourt et le pont d'Issy (coté Issy-les-Moulineaux) en 2007,
- onde de crue enregistrée près du pont d'Issy (coté Issy-les-Moulineaux) en 2013.

Les graphiques suivants présentent le suivi du niveau de la Seine pour chacune de ces crues et, parallèlement, l'évolution des niveaux piézométriques.



Graphique 54 : Transmission de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère - Pont de Saint-Cloud (1995)



Graphique 55 : Transmission de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère – Parc André Citroën (1995)



Graphique 56 : Transmission de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère – Entre le pont d'Issy et le pont de Billancourt (2007)

Graphique 57 : Transmission de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère – Pont d'Issy (2013)

4.2.3.3 Paramètres hydrodynamiques

Le Tableau 48 suivant présente les valeurs des paramètres hydrodynamiques correspondant aux différentes formations aquifères présentes dans le secteur étudié.

Ces valeurs sont issues d'une synthèse bibliographique, réalisée sur la base des archives de Burgeap (résultats d'essais de pompage, d'essais au micromoulinet, résultats de calage de modèle, …) [3] et du mémoire de Mégnien [6].

Tableau 48 : Synthèse bibliographique des paramètres hydrodynamiques des différentes formations géologiques

	Perméabilité horizontale ($m.s^{-1}$)	Perméabilité verticale ($m.s^{-1}$)	Coefficient d'emmagasinement en nappe libre (m^3/m^3)	Coefficient d'emmagasinement en nappe captive (m^3/m^3)	Porosité totale (%)
Alluvions modernes	1.10^{-5} à 5.10^{-6}	5.10^{-7}	5.10^{-2}	-	30
Alluvions anciennes	1 à 3.10^{-3}	1.10^{-4}	5.10^{-2} à 1.10^{-1}	8.10^{-4}	30
Argiles plastiques de l'Yprésien	6.10^{-5}	2.10^{-9}	5.10^{-3}	-	25
Marnes de Meudon	1 à 2.10^{-5}	1 à 2.10^{-6}	-	-	-
Craie perméable	$3,5.10^{-4}$ à 3.10^{-3}	$K_V = K_H$	1.10^{-2}	4.10^{-4}	40
Craie peu perméable	2.10^{-8} à 5.10^{-6}	$K_V = K_H$	1.10^{-3}	1.10^{-4}	40

On remarquera que, dans cet ensemble de formations géologiques, certaines sont bien connues et bien documentées, comme par exemple la craie ou les alluvions. À l'inverse, pour d'autres formations, les données bibliographiques (et notamment les valeurs de perméabilité) sont plus rares, comme c'est le cas pour les Argiles plastiques ou les Marnes de Meudon.

Un pompage d'essai mené pour le compte de la SGP au droit de la gare ISSY RER est d'ores et déjà disponible. La transmissivité de la craie a été déterminée entre 5,5 10^{-2} m2/s et 9.10^{-2} m^2/s suivant les piézomètres d'observation ce qui conduit à une perméabilité moyenne de craie comprise entre $4,5.10^{-3}$ m/s et $7,5.10^{-3}$ m/s. Ces valeurs confirment la très bonne perméabilité de la craie.

Il est possible toutefois que la perméabilité de la craie déterminée par pompage d'essai soit légèrement surestimée. En effet, le pompage d'essai a été réalisé dans un puits captant exclusivement la craie. Dans ce contexte très particulier, des phénomènes instantanés de drainance venant des alluvions anciennes sont susceptibles de réalimenter fortement la craie ce qui tend à sous-estimer la baisse de niveau d'eau dans la nappe suite au pompage. Par exemple,

en considérant que la transmissivité mesurée est plutôt représentative de l'ensemble alluvions et craie, la perméabilité moyenne des alluvions et de la craie serait comprise entre 2 et 4.10-3 m/s.

4.2.3.4 Prélèvements et usages des eaux souterraines dans la zone d'étude

Un inventaire des prélèvements et usages des eaux de la nappe superficielle a été établi sur la base des données suivantes :

- fichiers de l'Agence de l'Eau Seine Normandie [9],
- archives de Burgeap [3],
- données recueillies auprès de la police de l'eau,
- données fournies par la RATP [10].

Ces données ont été synthétisées sur la carte présentée en Figure 15.

Dans la boucle de Boulogne, les prélèvements en nappe sont essentiellement effectués pour la mise hors d'eau d'infrastructures souterraines (sous-sols de bâtiments ou lignes et gares RATP) ou pour l'alimentation en eau de dispositifs de géothermie (dispositifs de type pompage-réinjection essentiellement).

Il n'existe pas de prélèvement des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable dans la boucle de Boulogne.

Le prélèvement le plus important est celui de la station de Javel (113,5 m^3/h en moyenne sur l'année). Le débit total prélevé et recensé représente, dans le secteur d'étude, un débit moyen sur l'année de l'ordre de 375 m^3/h pour l'ensemble des pompages de mise hors d'eau des infrastructures.

Nous ne connaissons pas les débits prélevés par les dispositifs de géothermie sur nappe, mais il est vraisemblable que l'intégralité de ces débits est réinjecté en nappe, à l'exception du dispositif de géothermie de la Maison de la Radio, pour lequel les eaux pompées dans l'aquifère de la craie sont rejetées en Seine.

Les données reposent pour l'essentiel sur les déclarations des exploitants auprès de l'Agence de l'Eau et sur les données de la RATP. De fait, la liste des captages n'est probablement pas exhaustive, et il est probable que des prélèvements non déclarés exploitent la ressource aquifère.

Le représentant de la Police de l'Eau dans les Hauts-de-Seine nous a indiqué les caractéristiques générales de la future exploitation géothermique de la nappe de la craie réalisée pour la ZAC Seguin et porté par la société IDEX. Ce dispositif consiste en l'exploitation géothermique d'un réseau de chaleur, dans le quartier des anciennes usines Renault (ZAC du Trapèze et Ile Seguin), soit à proximité immédiate du tunnel et de la gare Pont de Sèvres. Le projet de géothermie prévoit l'exploitation de la nappe du complexe alluvions-craie à un débit de l'ordre de 1 500 m^3/h en pointe (pompage – réinjection).

Ce dossier porté par la société IDEX est en cours d'instruction, les données y afférentes ne sont pour l'instant pas publiques à notre connaissance.

Pour les simulations avec projet IDEX, nous avons représenté en fonction des renseignements disponibles (et donc de manière approximative) l'installation dans le modèle, avec :

- 4 forages de pompage 375 m^3/h implantés le long du quai Georges Gorse,
- 6 forages de rejet 250 m^3/h le long du la rue Yves Kermen et du cours Emile Zola.

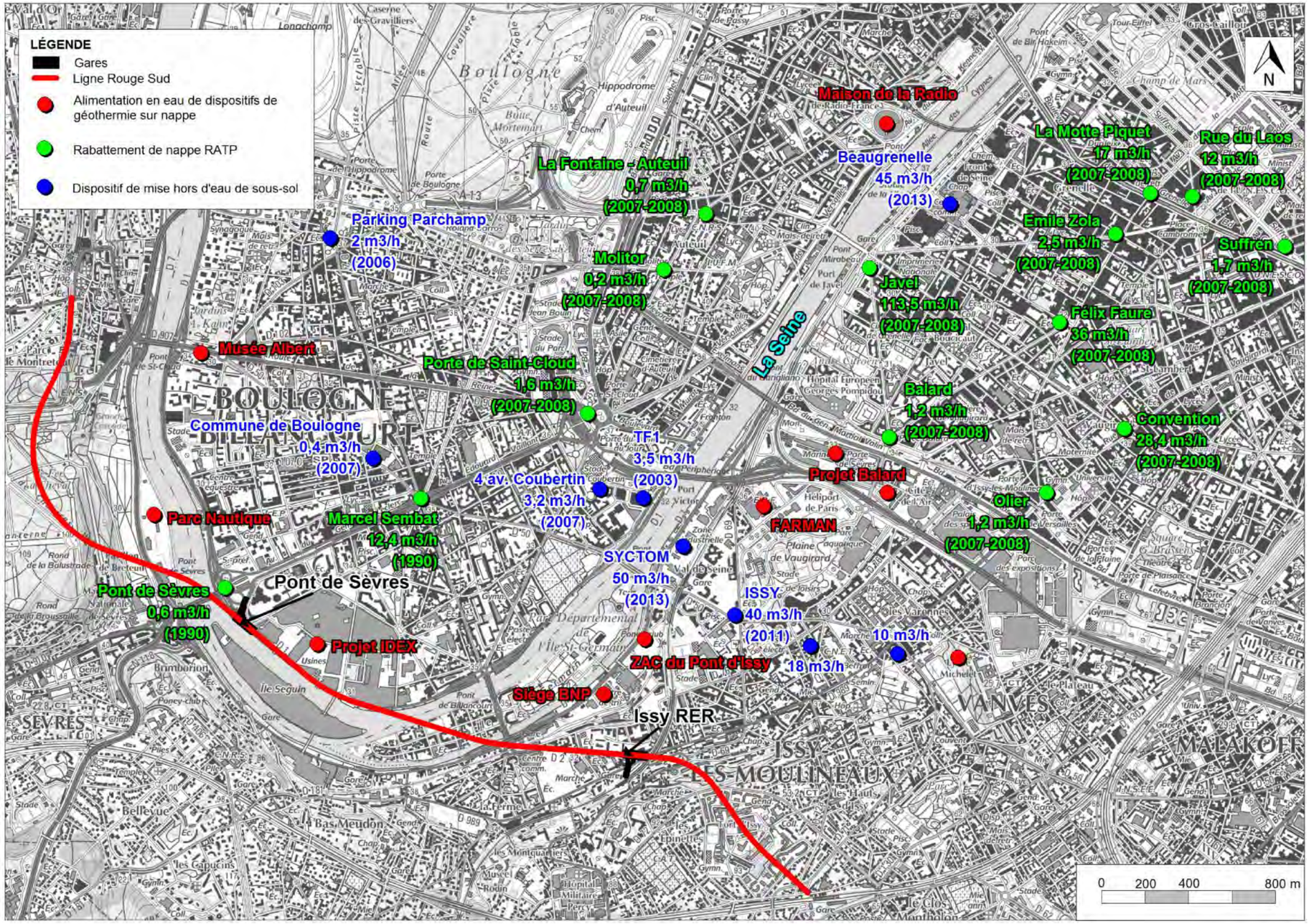


Figure 15 : Carte de localisation des captages d'alimentation en eau (données non exhaustives)

4.2.4 Description du projet de métro et de ses impacts potentiels

4.2.4.1 Description du projet

Le secteur de la boucle de Boulogne est concerné par une partie du tracé de la ligne 15 sud (ex ligne rouge), reliant les gares de Pont de Sèvres à Noisy-Champ.

Le secteur de la zone étudiée correspond au linéaire compris entre le puits tunnelier de l'ile Monsieur et la gare Issy RER environ. Dans le secteur de la zone d'étude, l'intégralité du tracé sera réalisée en souterrain au tunnelier. On recense sur ce parcours les deux gares de pont de Sèvres et Issy RER, avec leurs correspondances. On rencontre également le puits d'accès du tunnelier, localisé sur l'ile Monsieur. Les gares seront enterrées.

Le tracé considéré est le tracé de référence retenu dans le cadre de la phase 2 de l'étude d'impact environnemental. Le tunnel aura un diamètre de 10 m. La profondeur du tunnel le long du tracé et la géométrie des gares sont issues des données du Groupement Maître d'Œuvre ([11] à [16]).

La figure 8 donne le profil en long sur coupe géologique du tracé Ligne 15 dans la boucle de Boulogne ([16]).

La localisation et l'emprise des ouvrages sont données en Figure 9.

Entre le puits d'accès du tunnelier et la gare Issy RER, le tunnel traverse essentiellement les terrains crayeux, et recoupe la base des alluvions anciennes dans le secteur de la gare Issy RER.

Le puits tunnelier, ainsi que les deux gares, seront réalisés sous protection de parois moulées.

Les parois moulées des gares et du puits tunnelier pénètreront dans la craie peu perméable. Au droit de ces ouvrages, la cote du toit de la craie peu perméable a été estimée sur la base d'un certain nombre d'essais au micromoulinet réalisés dans la boucle de Boulogne, à plus ou moins grande distance de la Seine (d'après les archives internes de BURGEAP [3]).

Ainsi, nous avons considéré les hypothèses suivantes, conformément aux hypothèses de calcul de débit d'épuisement en phase travaux du Maître d'œuvre :

- la paroi moulée du puits tunnelier pénètre d'au moins 4 m dans la craie peu perméable,
- la paroi moulée de la gare du pont de Sèvres pénètre d'environ 17 m dans la craie peu perméable,
- la paroi moulée de la gare Issy RER pénètre de 16 à 17 m dans la craie peu perméable.

4.2.4.2 Impacts potentiels

Deux types d'impacts potentiels peuvent être provoqués par le projet et affecter les conditions hydrogéologiques actuelles (niveaux, flux hydriques, …) :

- en phase chantier : les pompages d'épuisement pour les phases chantier liés à la construction des gares souterraines engendreront des baisses des niveaux piézométriques (baisses ponctuelles le temps de la phase chantier) qui pourraient s'étendre aux captages alimentant les dispositifs de géothermie et/ou captages d'alimentation en eau industrielle non identifiés,
- en phase définitive : la modification de la perméabilité du milieu, par la mise en place du tunnel souterrain et des gares souterraines sous protection de parois moulées, est susceptible de perturber les lignes d'écoulement (effet « barrage ») et donc les sens, gradients et directions d'écoulement.

L'impact du tunnel en phase chantier entre deux stations est considéré comme non significatif, à la condition que la technique choisie pour creuser le tunnel permette d'éviter de devoir pomper, ce qui est le cas avec la méthode retenue (creusement au tunnelier).

Ainsi, en l'absence d'exploitation de la nappe pour l'alimentation en eau potable, les cibles principales des impacts potentiels du projet sont représentées par l'ensemble des captages exploitant la nappe phréatique à des fins géothermiques et, dans une moindre mesure, les infrastructures existantes (risques de remontée de nappe).

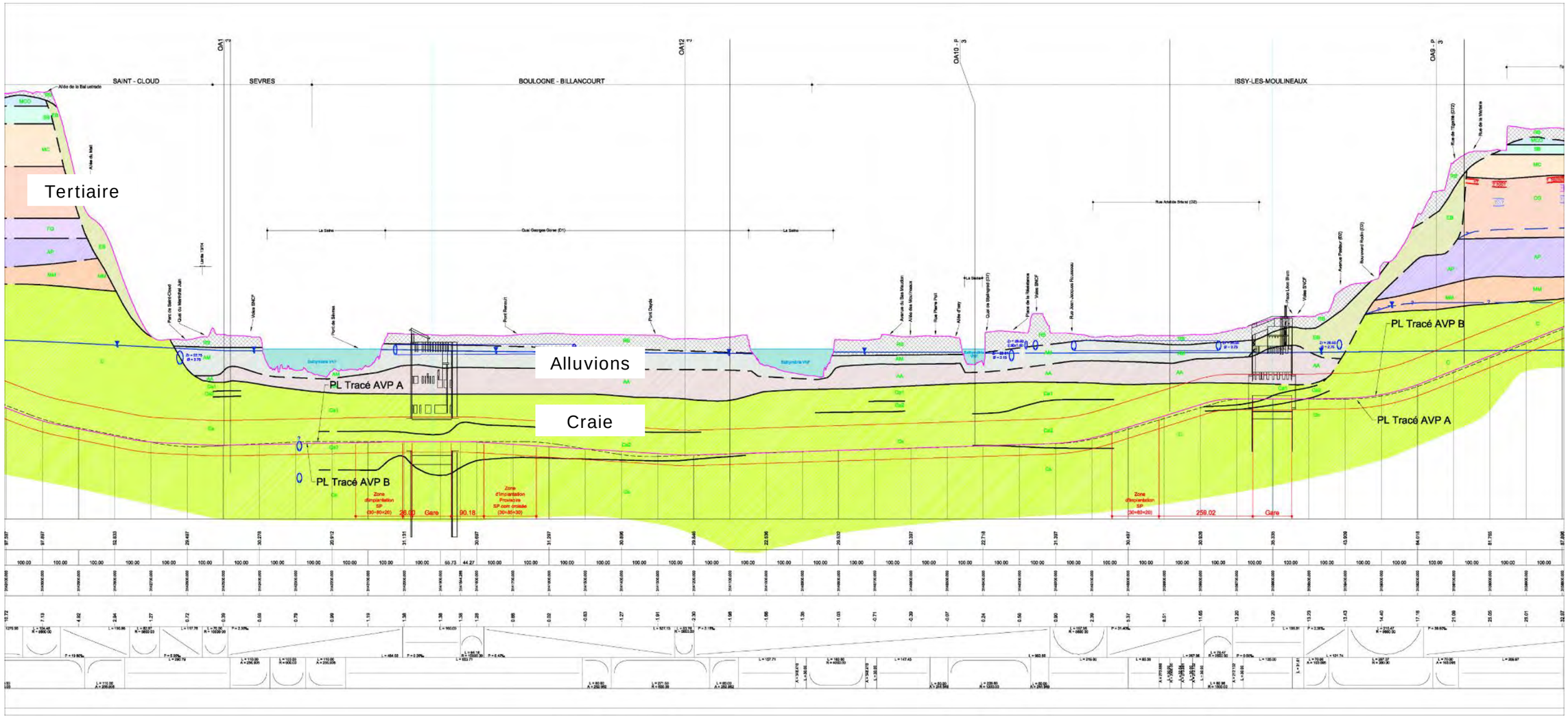
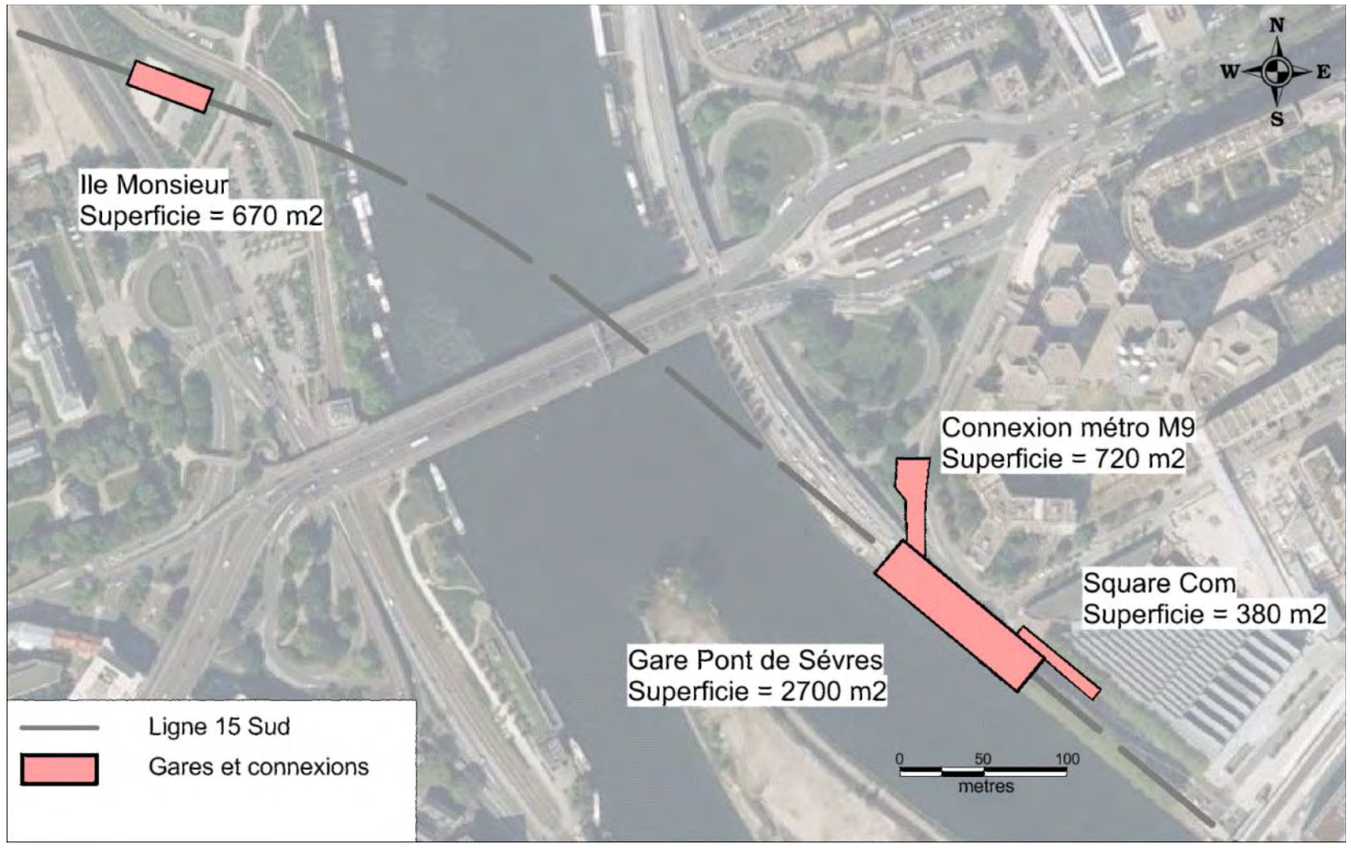


Figure 16 : Profil en long Ligne 15 sur la boucle de Boulogne (Groupement Maître d'Œuvre [1])



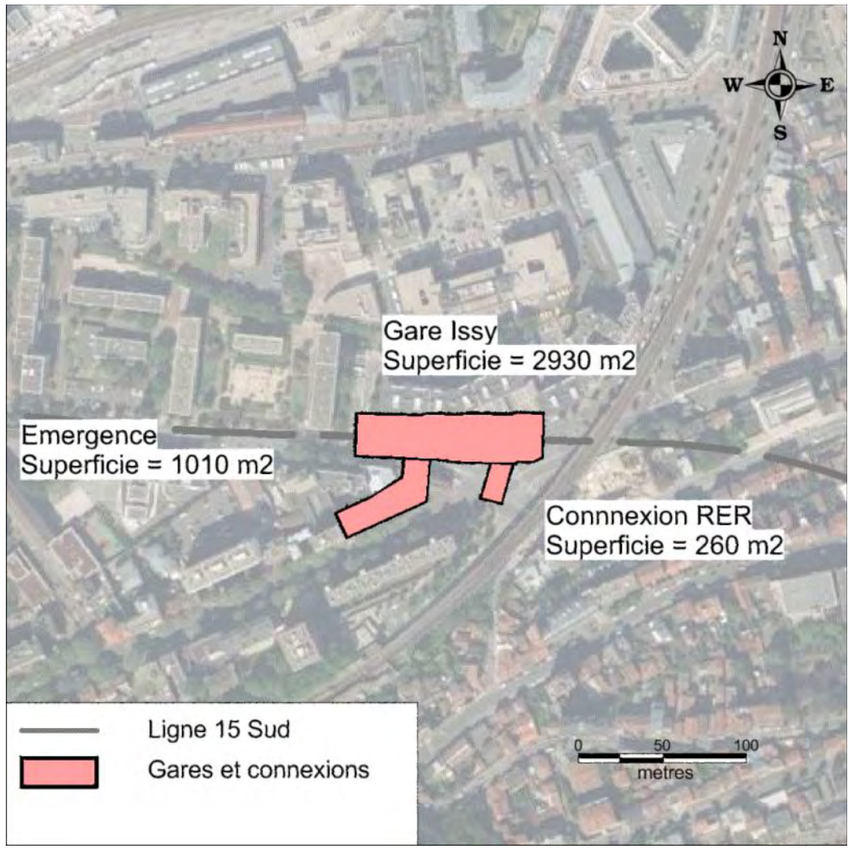


Figure 17 : Localisation et emprise des structures souterraines modélisées

4.3 Modèle hydrogéologique de la boucle de Boulogne

Le modèle a été réalisé à l'aide du code de calcul FEFLOW. Il s'agit d'un logiciel de modélisation des écoulements souterrains en 3 dimensions, développé par la société DHI-WASY [25]. Le code de calcul FEFLOW est basé sur la résolution des équations d'écoulement par la méthode des éléments finis. Dans le cas présent, le logiciel a été utilisé en mode saturé libre, tridimensionnel et en régime permanent et transitoire.

4.3.1 Modèle conceptuel et limites du domaine

Les limites du domaine hydrogéologique considéré sont représentées sur la Figure 18 et le schéma conceptuel du modèle de la boucle de Boulogne est représenté sur la Figure 19 ci-dessous.

4.3.1.1 Modèle conceptuel

Régionalement, le domaine hydrogéologique est alimenté par des flux horizontaux à l'est, au sud et à l'ouest du domaine (flux correspondant à la percolation de l'eau des aquifères tertiaires, perchés sur les argiles yprésiennes), en complément de la recharge par la pluie utile qui alimente le modèle en surface.

Les exutoires du domaine hydrogéologique considéré sont la Seine, les prélèvements pour l'alimentation en eau (géothermie essentiellement) et surtout les drainages de mise hors d'eau d'infrastructures (RATP, parkings souterrains, autres infrastructures).

A l'intérieur même du domaine hydrogéologique, les alluvions anciennes et la craie se comportent, du point de vue piézométrique, comme un seul et même aquifère, à l'exception des zones, au nord, où ces deux formations sont séparées par les marnes de Meudon et les argiles plastiques.

Au droit de ces zones nord, on peut observer des circulations d'eau entre les alluvions et la craie, conséquence des différences de charge entre aquifères, elles-mêmes occasionnées par les prélèvements effectués dans l'un ou l'autre compartiment. Dans ce secteur, les circulations d'eau internes au domaine hydrogéologique (drainance verticale) sont essentiellement contrôlées par les horizons semi-perméables à très peu perméables que sont les argiles plastiques.

Les échanges avec la Seine sont quant à eux contrôlés par le colmatage des berges et du lit du fleuve.

Dans ce schéma, les alluvions modernes ne jouent qu'un rôle mineur de transit entre l'aquifère du complexe alluvions-craie d'une part, et l'alimentation par la pluie ou la Seine d'autre part.

4.3.1.2 Limites du domaine hydrogéologique et conditions aux limites

Les limites et conditions aux limites suivantes ont permis de définir l'emprise du domaine hydrogéologique considéré pour les travaux de modélisation :

- la limite nord du domaine correspond à la crête piézométrique supposée de la nappe des alluvions et de la nappe de la craie pour les deux segments ouest et aux lignes de courant pour le segment est (lignes perpendiculaires aux isopièzes). Cette limite est une limite à flux nul,

- les limites est, sud et ouest du domaine correspondent à la limite d'extension des alluvions anciennes. Toutefois, compte tenu de la proximité du tunnel avec ces limites, et afin de s'affranchir des effets de bords, nous avons repoussé la limite de domaine de plusieurs centaines de mètres au sud et à l'ouest (craie sous recouvrement).

  Nous avons représenté ces limites comme des limites à flux imposé, correspondant d'une part à la percolation dans la nappe alluvions-craie des eaux des aquifères tertiaires perchés sur les argiles yprésiennes et d'autre part à l'alimentation latérale de la nappe de la craie sous recouvrement.

  La valeur des flux entrants a été calculée sur la base des gradients piézométriques des différents aquifères bordant la boucle de Boulogne (aquifère de l'Eocène à l'ouest et au sud, aquifère alluvial à l'est, aquifère de la craie à l'ouest, au sud et à l'est) et sur la base des perméabilités horizontales des formations.

Le domaine hydrogéologique ainsi délimité représente environ 6,2 km de long sur 5,5 km de large, soit une surface de l'ordre de 34 km².

A l'intérieur du domaine ainsi défini, la Seine a été représentée comme un potentiel imposé à la cote 26,73 NGF (hors crue), associée à un facteur de colmatage, afin de représenter le colmatage des berges et du lit de la Seine (la valeur du facteur de colmatage a fait l'objet, entre autres, du calage du modèle).

Par ailleurs, une recharge de 2 l/s/km² (environ 62 mm/an) a été imposée sur toute la surface urbanisée du domaine et une recharge de 5 l/s/km² (environ 160 mm/an) a été imposée sur les surfaces correspondant au bois de Boulogne, au parc de l'ile Saint Germain et au Champ de Mars.

Enfin, les prélèvements connus et déclarés ont été pris en compte dans le modèle hydrogéologique. Les prélèvements connus mais non déclarés [3] ont également été pris en compte. Des prélèvements en nappe supplémentaires ont dû être imposés de manière à reproduire correctement les dépressions piézométriques observées au centre de la boucle de Boulogne. Ces prélèvements supplémentaires non identifiés correspondent vraisemblablement à des drainages de mise hors d'eau d'infrastructures.

4.3.2 Modèle géologique

Le modèle géologique comprend toutes les couches géologiques situées entre le terrain naturel et la craie. Il comprend donc les unités stratigraphiques suivantes :

- alluvions modernes,
- alluvions anciennes,
- argiles plastiques,
- marnes de Meudon,
- craie fracturée perméable,
- craie saine peu perméable.

La base du modèle géologique est donc constituée par la craie peu perméable.

Afin de simplifier la construction du modèle géologique, les hypothèses suivantes ont été considérées :

- sur la zone nord du modèle, les formations sus-jacentes aux argiles plastiques (Lutétien) ont été assimilées aux alluvions anciennes,
- aux limites sud et ouest du modèle, les formations géologiques constituant les coteaux de Seine (Lutétien, Yprésien) n'ont pas été représentées en tant qu'aquifères individualisés. En revanche, leur rôle hydrogéologique a été pris en compte en imposant sur ce contact un flux entrant dans le modèle traduisant leur apport en eau par percolation dans le complexe alluvions-craie.

Une synthèse géologique à l'échelle de l'ensemble la boucle de Boulogne a été établie sur la base des éléments suivants :

- base de données de la BSS [2],
- archives internes de Burgeap [3],
- données du Groupement Maître d'Œuvre [11],
- campagnes de sondage des missions géotechniques G11 et G12 réalisées par la SGP : dans le secteur modélisé, 28 sondages (dont 16 équipés en piézomètres) et 37 sondages (dont 17 équipés en piézomètres) ont respectivement été réalisés au cours des campagnes de mission G11 et G12.

Sur la base de ces données, les isohypses du toit et du mur de chacune des unités stratigraphiques précédemment citées ont été construites puis interpolées, de manière à disposer, pour toutes ces surfaces, de leur cote altimétrique en tout point de l'espace.

Par ailleurs, un important travail de recensement des structures souterraines sous nappe a été réalisé de sorte à représenter les « obstacles » à l'écoulement déjà existant sur le secteur modélisé. En effet, l'ensemble de la boutonnière de Boulogne-Billancourt comprend de nombreuses structures enterrées assez profonde (principalement à usage de parking) du fait de la reconversion de ce secteur de zones industrielles à zones tertiaires. Le recensement a été réalisé sur la base principalement des nombreuses archives de BURGEAP qui a réalisé de nombreuses études et enquêtes de quartier sur les communes de Boulogne-Billancourt et Issy-Les-Moulineaux. Ce recensement n'est probablement pas exhaustif mais doit être assez complet compte tenu de nombres d'informations à disposition. Les structures enterrées représentées sont représentées sur les figures présentant les résultats du modèle.

4.3.3 Maillage du modèle hydrogéologique

Le maillage du modèle hydrogéologique a été construit en se calant sur les grandes structures comprises dans les limites du domaine, à savoir le lit mineur de la Seine, le tracé du tunnel de la ligne 15 sud, les gares et le puits tunnelier, ainsi que les parois moulées existantes, à notre connaissance, à l'intérieur du domaine représenté. Le maillage prend également en compte, dès sa création, la position des puits et forages exploitant les aquifères.

Le maillage est affiné le long de ces structures principales ou des puits et devient progressivement plus grossier en s'éloignant de ces éléments, comme le montre la Figure 20.

Au moins une couche numérique est utilisée pour chaque unité géologique. Le modèle numérique initial qui a servi au calage des paramètres hydrodynamiques comporte ainsi 6 couches, pour environ 330 000 mailles.

Pour les simulations, le modèle a dû être discrétisé verticalement afin de représenter correctement la profondeur du tunnel, l'ancrage des parois moulées des différentes gares ainsi que les écoulements souterrains en phase chantier (création d'écoulement verticaux lors des pompages de nappe au droit des gares).

En fonction des simulations (phase chantier ou phase définitive), le modèle comporte 30 à 31 couches, pour environ 1 600 000 mailles à 1 700 000 mailles.

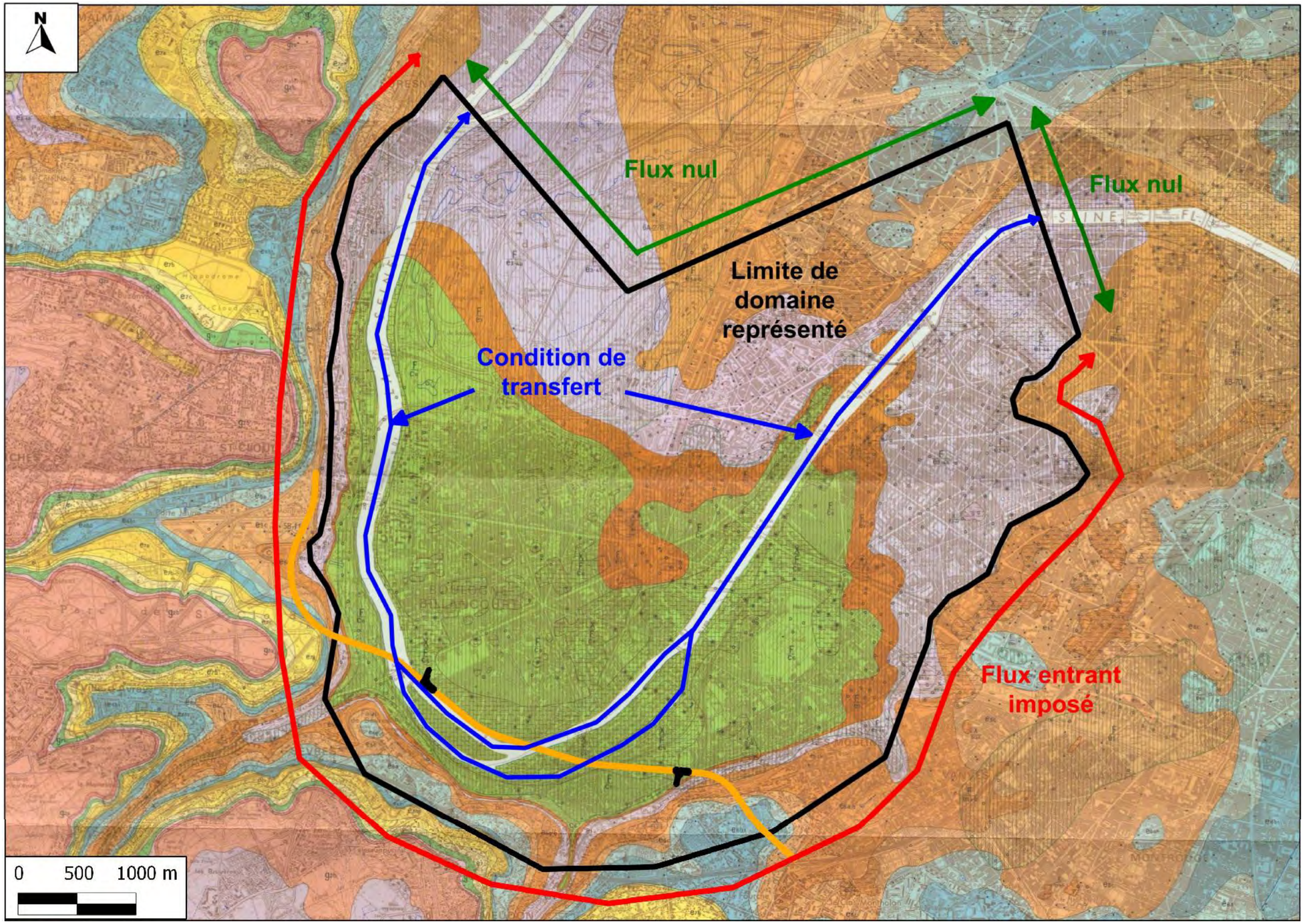


Figure 18 : Limites du domaine modélisé et conditions aux limites

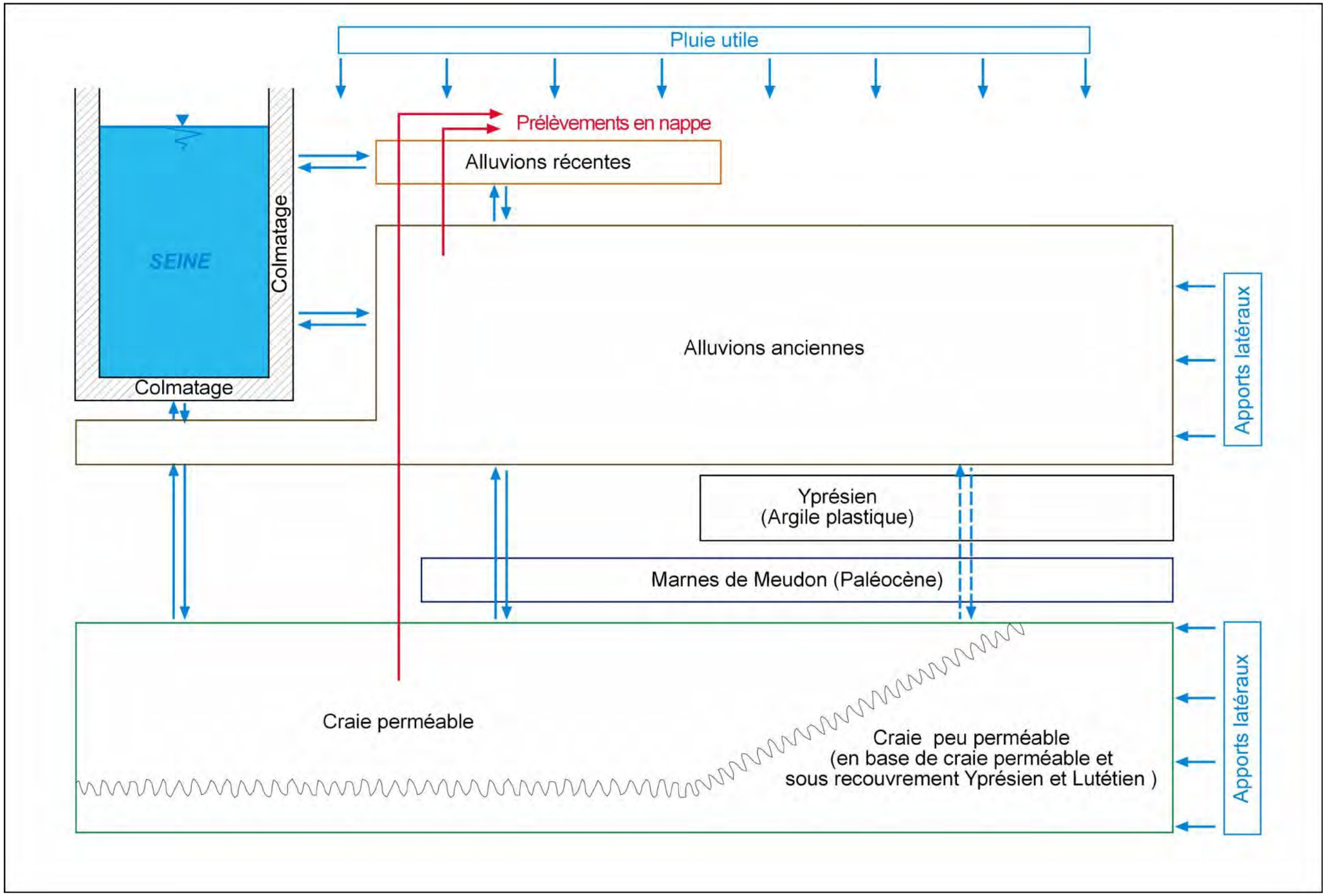


Figure 19 : Schéma conceptuel du modèle de la boucle de Boulogne-Billancourt

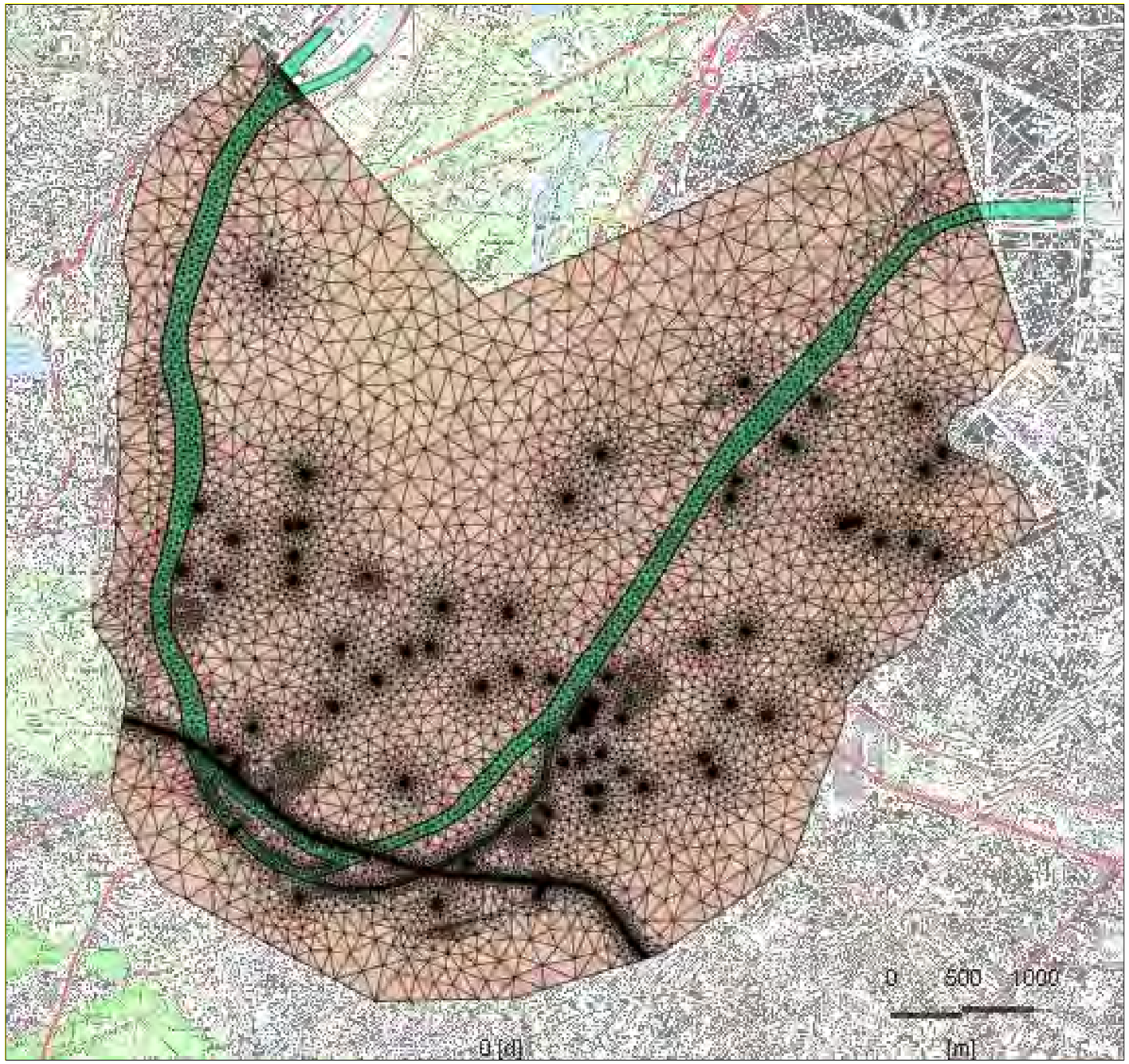


Figure 20 : Maillage du modèle hydrogéologique

4.3.4 Calage en régime permanent

4.3.4.1 Objectifs et méthodologie

Le calage du modèle en régime permanent a consisté à reproduire l'allure de la piézométrie de référence établie pour la nappe du complexe alluvions-craie (voir paragraphe 4.2.3.1).

Le calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres, dont :

- la perméabilité horizontale des alluvions anciennes et de la craie fracturée,
- les volumes pompées par des puits « fictifs », ayant dus être ajoutés aux puits recensés (et aux débits associés) afin de reproduire les dépressions piézométriques. On remarquera qu'un processus itératif entre le calage en régime permanent et le calage en régime transitoire a dû être effectué du fait de l'ajustement du facteur de colmatage en régime transitoire, qui affecte la charge piézométrique en régime permanent (voir paragraphe 4.3.5.2).

Pour le calage en régime permanent, nous avons fait les hypothèses suivantes :

- les paramètres hydrodynamiques de l'ensemble des couches géologiques sont homogènes dans l'espace à l'exception de la craie fracturée,
- la perméabilité de la craie fracturée a été affectée de 3 valeurs croissantes en fonction de la localisation : valeur faible sous recouvrement, valeur intermédiaire hors recouvrement mais éloigné de la Seine, valeur forte à proximité immédiate du lit mineur de la Seine. Cette gradation de perméabilité rend compte de la progression de la fracturation de la craie au fur et à mesure que l'on se rapproche de la Seine.

4.3.4.2 Résultats et interprétation

La Figure 21 présente la carte piézométrique de la nappe du complexe alluvions-craie obtenue après calage du modèle en régime permanent (et après reprise du calage en régime permanent, suite à l'ajustement du facteur de colmatage en régime transitoire, voir paragraphe 4.3.5.2). On constate que les sens et les gradients d'écoulement sont correctement reproduits, de même que les charges piézométriques.

Cette carte présente également les mesures effectuées sur le réseau de piézomètres du GPE (indication du niveau moyen 2012-2014 en rouge) : l'écart entre valeurs mesurées et valeurs calculées est convenable étant donné les incertitudes résultant du caractère non synchrones des mesures et de la présence sur la période de mesures de plusieurs opérations de pompages de nappe en phase chantier.

Suivant les estimations du modèle calé en régime permanent, le bilan des flux sur l'ensemble du domaine se décompose ainsi :

- l'alimentation latérale du modèle hydrogéologique (flux imposé) représente un apport total de 260 m^3/h le long des limites du modèle,
- la Seine joue, sur le secteur central et le secteur est de la boucle, un rôle de réalimentation de la nappe, du fait de la dépression piézométrique créée par les pompages en nappe (réalimentation de l'ordre de 550 m^3/h), tandis que, sur le secteur ouest de la boucle de Boulogne, elle joue le rôle d'exutoire de la nappe (drainage d'un débit de l'ordre de 110 m^3/h). Ainsi, à l'échelle globale de la boucle, la Seine réalimente la nappe à un débit d'environ 440 m^3/h,
- l'ensemble des prélèvements (drainage de mise hors d'eau des infrastructures essentiellement), représente un débit d'environ 950 m^3/h,
- le secteur modélisé reçoit 250 m^3/h de recharge par la pluie utile.

Les paramètres hydrodynamiques des différentes formations (perméabilité horizontale et verticale), obtenus à l'issue du calage du modèle en régime permanent, sont présentés dans le Tableau 49 suivant.

Tableau 49 : Paramètres hydrodynamiques des formations géologiques obtenus après calage du modèle en régime permanent

	Perméabilité horizontale (m/s)	Perméabilité verticale (m/s)
Alluvions modernes	1.10^{-5}	5.10^{-7}
Alluvions anciennes	3.10^{-3}	1.10^{-4}
Argiles plastiques de l'Yprésien	6.10^{-5}	2.10^{-9}
Marnes de Meudon	$1,7.10^{-5}$	$1,7.10^{-6}$
Craie perméable	3.10^{-3}	3.10^{-3}
Craie peu perméable	5.10^{-6}	5.10^{-6}

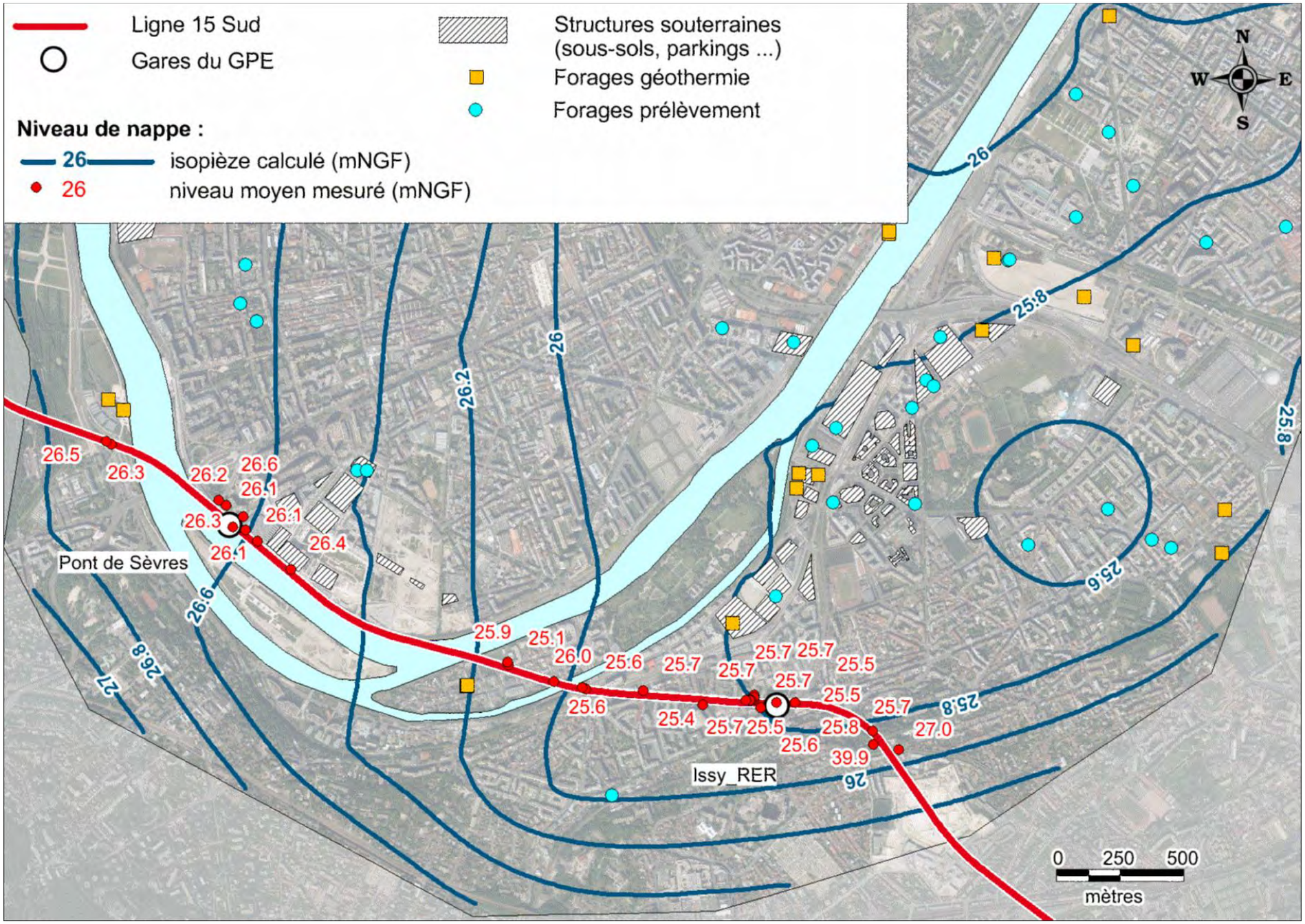


Figure 21 : Carte piézométrique obtenue dans la formation de la craie après calage du modèle en régime permanent

4.3.5 Calage en régime transitoire

4.3.5.1 Objectifs et méthodologie

Le calage du modèle en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire les transmissions d'onde de crues de Seine dans l'aquifère qui ont été enregistrées en différents points de la boucle, en bordure de Seine (voir Graphiques 1 à 4).

Le calage en régime transitoire a ainsi été réalisé en ajustant les paramètres suivants :

- le coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine,
- la porosité des alluvions modernes.

En effet, outre la transmissivité de l'aquifère, qui a été calée en régime permanent, ce sont ces deux paramètres qui conditionnent essentiellement l'évolution piézométrique de la nappe du complexe alluvions-craie lorsque la Seine est sujette à une crue.

4.3.5.2 Résultats et interprétation

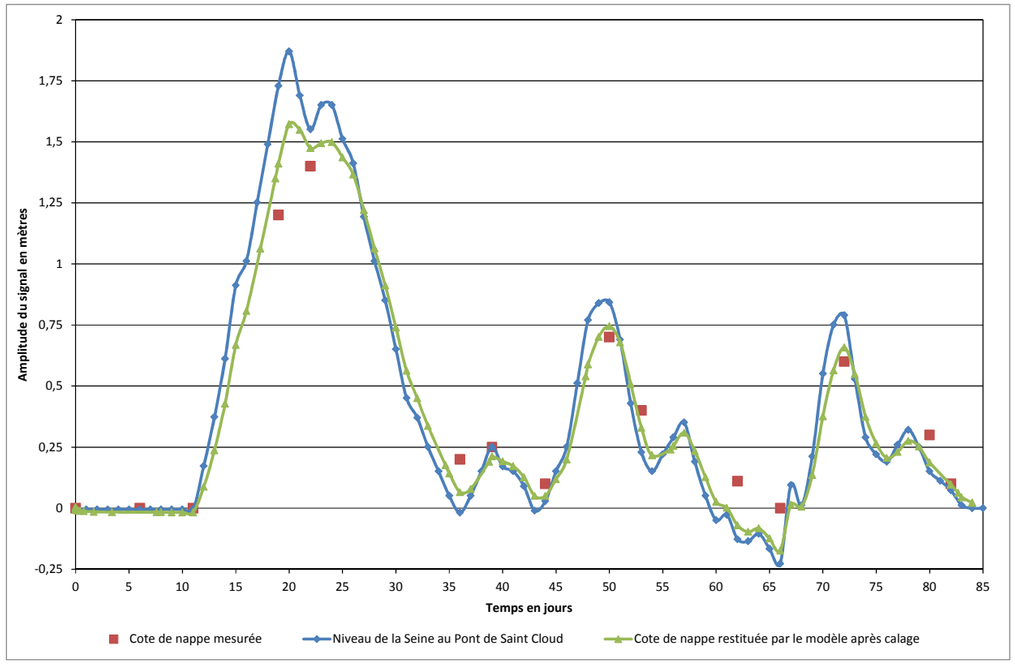
Les Graphiques 5 à 8 suivants présentent la réponse piézométrique obtenue par le modèle, après calage des paramètres précédemment mentionnés, en réponse aux crues de Seine observées lors des suivis piézométriques.

Les restitutions des ondes de crue présentées dans les Graphiques 5 à 8 ont été établies en appliquant les colmatages des berges et du lit du fleuve donnés dans le Tableau 50 suivant et pour une porosité efficace des alluvions modernes égale à 10%.

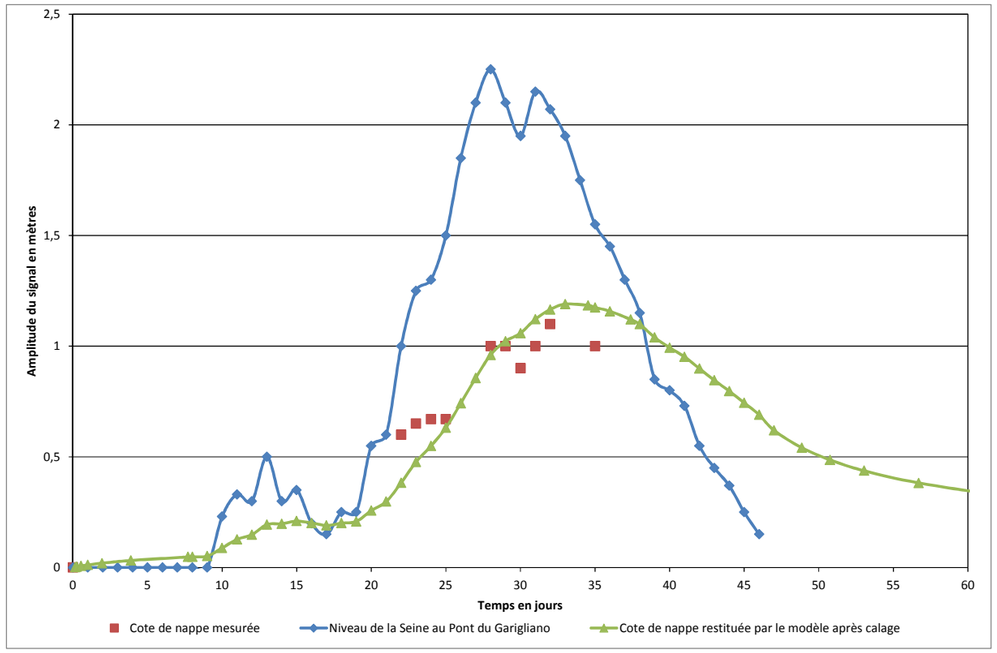
On constate donc que les opérations de calage en régime transitoire ont conduit à la mise en place d'un colmatage géographiquement différencié entre l'amont de l'ile Seguin d'une part et l'aval de l'ile Seguin d'autre part :

- en amont de l'ile Seguin, un colmatage relativement plus important qu'à l'aval a dû être imposé afin de restituer correctement les ondes de crues transmises dans l'aquifère et enregistrées entre les ponts d'Issy et de Billancourt et au niveau du parc André Citroën (relativement faibles transmissions d'ondes de crue),
- en aval de l'ile Seguin, un colmatage relativement moins important qu'à l'amont a dû être imposé afin de restituer correctement l'onde de crue enregistrée au niveau du rond-point Rhin et Danube (relativement forte transmission d'onde de crue).

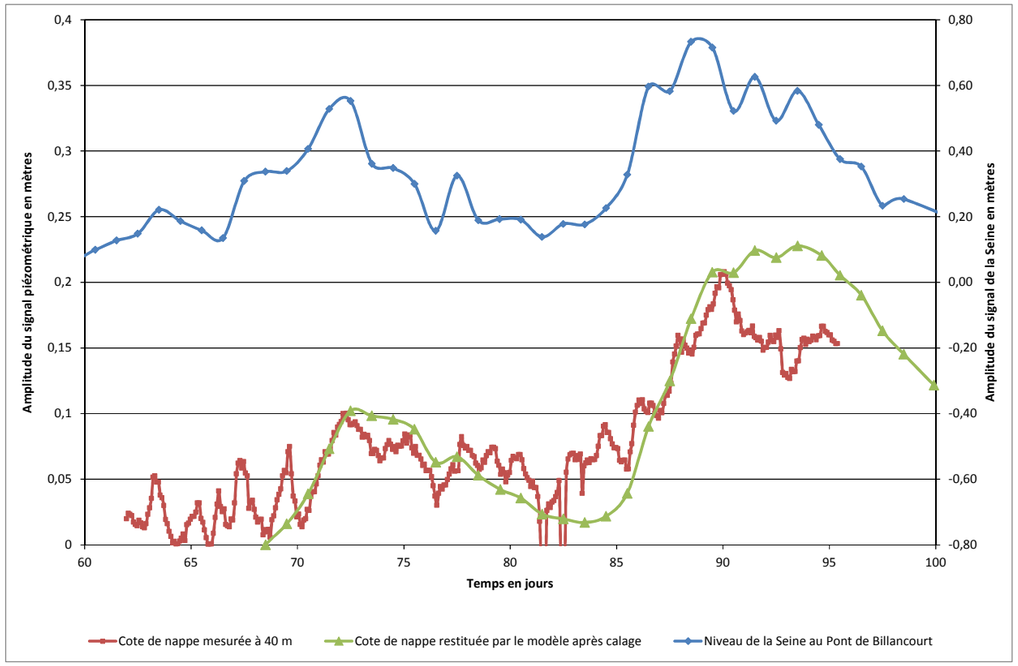
Cette différenciation géographique entre un colmatage des berges et du lit de la Seine plus important à l'est de la boucle de Boulogne peut avoir pour origine un dépôt de fines sur le lit du fleuve plus important dans le secteur est. En effet, du fait de l'exploitation historiquement importante de l'aquifère dans le secteur est de la boucle, fortement industrialisé dans le passé, la nappe a été réalimentée par la Seine probablement sur plusieurs dizaines d'années (comme c'est le cas actuellement) ; c'est ce flux d'eau descendant, depuis la Seine vers la nappe, qui aurait pu colmater les terrains situés immédiatement sous le lit du fleuve par migration progressive de fines. Dans le secteur ouest de la boucle de Boulogne, en aval de l'ile Saint Germain, l'exploitation de l'aquifère a été nettement moins intense ; le colmatage par « incrustation » de fines sous le lit du fleuve aurait donc été, selon ce schéma, moins important.



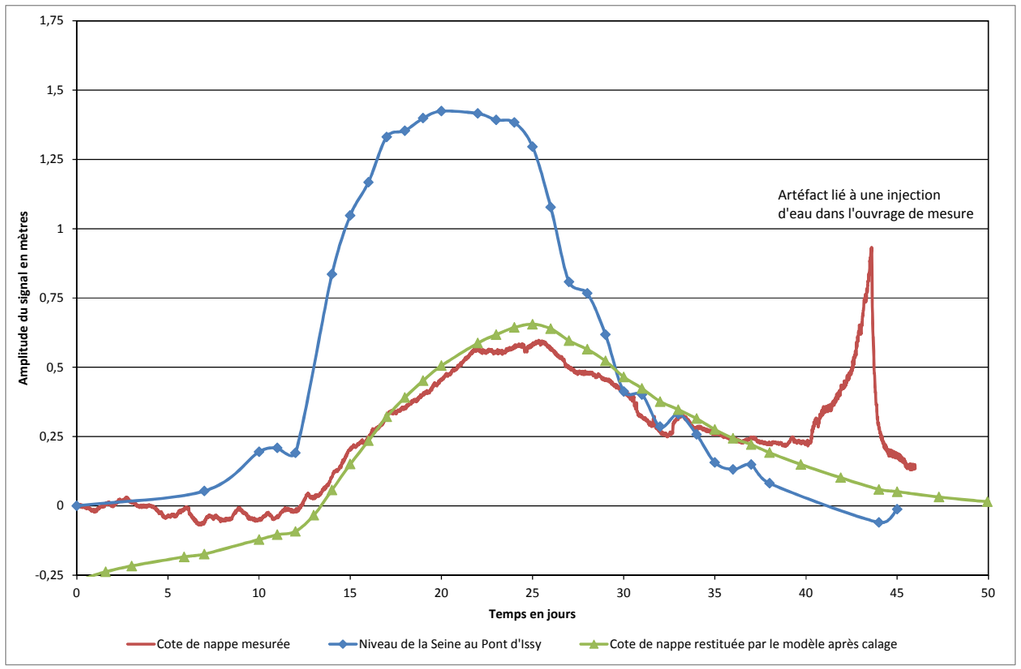
Graphique 58 : Restitution de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère enregistrée au Pont de Saint Cloud (1995) (aval de l'ile Seguin)



Graphique 59 : Restitution de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère enregistrée au parc André Citroën (1995) (amont de l'ile Seguin)



Graphique 60 : Restitution de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère enregistrée entre le Pont d'Issy et le Pont de Billancourt (2007) (amont de l'ile Seguin)



Graphique 61 : Restitution de l'onde de crue de Seine dans l'aquifère enregistrée au Pont d'Issy (2013) (amont de l'ile Seguin)

Tableau 50 : Facteur de colmatage de la Seine obtenu après calage du modèle en régime transitoire

	Coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine (s^{-1})
Amont de l'ile Seguin	8.10^{-8}
Aval de l'ile Seguin	1.10^{-5}

On notera, par ailleurs, que l'ajustement du coefficient de colmatage, lors des opérations de calage en régime transitoire, a modifié le débit d'alimentation de la Seine vers la nappe et donc la piézométrie en régime permanent (essentiellement les cotes piézométriques, les gradients et sens d'écoulement n'ont quasiment pas été affectés). Ainsi, à l'issue du calage en régime transitoire, il a fallu ajuster le débit des puits « fictifs » afin de retrouver les cotes piézométriques de la piézométrie de référence.

Le bilan des flux décrit au paragraphe 4.3.4.2 tient compte de cet ajustement.

4.3.6 Sensibilité du modèle

Des tests ont été réalisés afin de connaitre la sensibilité du modèle aux différents paramètres hydrodynamiques. Les résultats des tests de sensibilité pour les paramètres hydrodynamiques les plus sensibles sont les suivants :

- facteur de colmatage de la Seine : la piézométrie de la nappe du complexe alluvions-craie est assez sensible au facteur de colmatage des berges et du lit de la Seine. En effet, en régime permanent, des variations d'un ordre de grandeur du facteur de colmatage entrainent des variations piézométriques de l'ordre de 0,5 m à 1 m, principalement dans les zones on l'on observe les dépressions piézométriques. En régime transitoire, des variations du colmatage d'un facteur 3 à 5 entrainent des variations de l'amplitude de l'onde de crue de 75 % à près de 100 %, en fonction de la distance à la Seine,

- perméabilité horizontale de la craie et des alluvions : la charge piézométrique de l'aquifère, et surtout le gradient d'écoulement est assez sensible à une baisse de la perméabilité de l'aquifère (baisse de près de 1 m des niveaux piézométriques au droit des forages exploitant l'aquifère et augmentation du gradient d'un facteur 2 pour une diminution d'un facteur 3 de la perméabilité horizontale).

Les tests de sensibilité réalisés confirment donc l'importance des échanges hydrauliques entre l'aquifère et la Seine et de la forte perméabilité sur la piézométrie et le gradient d'écoulement et, indirectement, sur l'exploitabilité de l'aquifère.

4.3.7 Simulation de l'impact du projet en phase chantier

4.3.7.1 Objectifs, hypothèses et méthodologie

Cette simulation consiste à quantifier l'abaissement piézométrique engendré par les pompages d'épuisement réalisés durant la phase chantier. Les conditions initiales et les conditions de référence sont obtenues suite au calage en régime permanent et en régime transitoire du modèle.

Nous avons considéré les impacts piézométriques associés aux pompages en phase travaux pour les deux hypothèses suivantes :

- hypothèse 1 : les constructions des gares ne sont pas synchrones, c'est-à-dire que l'on évalue l'impact des pompages en phase travaux pour chaque gare considérée de manière individuelle,

- hypothèse 2 : toutes les gares seront construites de manière synchrone, c'est-à-dire que l'on considère l'impact de l'ensemble des pompages en phase travaux en même temps. C'est cette hypothèse qu'il convient de privilégier compte tenu du planning prévisionnel du chantier.

L'impact piézométrique des travaux de pompage de nappe a été évalué en régime permanent uniquement, étant entendu qu'en cas de crue de Seine, par rapport à la situation sans crue, il s'agit de maintenir le niveau de nappe rabattu face à une montée généralisée des niveaux de nappe en cours de crue.

Par contre, les débits d'exhaure à pomper lors des opérations de pompage de nappe en phase chantier ont été évalués en régime permanent (hors crue), mais également en situation de crue de Seine. Les crues retenues pour ces évaluations sont les crues de récurrence 5 ans, 10 ans et 50 ans.

Par ailleurs, nous avons considéré que l'ensemble des gares et des correspondances seront réalisées sous protection de parois moulées, ancrées à la fiche indiquée par le Groupement ([11] à [16]).

La cote de dénoyage retenue pour chacune des gares et de leurs correspondances est de 0,5 à 1 m sous la base du radier, dont les cotes sont indiquées par le Groupement ([11] à [16]).

Concernant le mode de gestion des eaux d'exhaure, il a été considéré, pour l'évaluation des impacts, la situation la plus défavorable, à savoir que les eaux d'exhaure ne sont pas réinjectées en nappe (on considère qu'elles sont évacuées en Seine ou au réseau). Cette hypothèse, relative uniquement à l'évaluation des impacts hydrogéologiques, ne présuppose en aucun cas de l'acceptabilité du rejet des eaux d'exhaure en Seine ou au réseau, ni des impacts associés. Cet aspect-là devra faire l'objet d'une étude spécifique.

Enfin, dans les simulations de l'impact du projet en phase chantier, le tunnel du métro en phase définitive n'est pas pris en compte.

4.3.7.2 Résultats

a. <u>Etat piézométrique sans projet géothermie IDEX</u>

Dans un premier temps, les résultats sont donnés pour les simulations effectuées dans un contexte piézométrique qui ne prend pas en compte l'existence du projet de géothermie IDEX.

Le Tableau 51 suivant présente les résultats, en terme de débit d'exhaure au droit de chacune des gares, pour les simulations effectuées dans le cadre de l'hypothèse 2 (travaux des gares synchrones), en régime permanent et pour différentes récurrences de crue (les débits d'exhaure sont similaires entre l'hypothèse 1 et l'hypothèse 2).

Les dispositions constructives représentées des gares et des connexions et correspondances permettent de restituer les débits d'épuisement estimés par le maitre d'œuvre.

Le Tableau 52 présente les résultats, en termes d'abaissements maximums des niveaux de nappe à proximité immédiate des ouvrages, pour les simulations effectuées dans le cadre de l'hypothèse 2 (travaux des gares synchrones), en régime permanent (hors crue).

La Figure 22 présente la carte des isorabattements calculés pour la nappe du complexe alluvions-craie dans le cadre de l'hypothèse 2 (ensemble des chantiers synchrones, soit impact piézométrique maximal pour un régime permanent en situation courante de niveau bas de Seine). Pour juger de l'impact potentiel sur l'existant, on trouvera également sur cette carte le positionnement des ouvrages sollicitant la nappe (forages pour prélèvement ou pour pompe à chaleur) et les structures souterraines pénétrant dans la nappe de la craie (sous-sols, parkings …).

Les simulations effectuées permettent également de définir l'impact du projet sur le sens d'écoulement de la nappe dans l'environnement immédiat de la gare Pont de Sèvres. Les figures 15 et 16 présentent la piézométrie calculée en régime permanent moyennes eaux et les sens d'écoulement déduits (perpendiculaires aux isopièzes) pour la nappe du complexe alluvions-craie, avec respectivement :

- la piézométrie initiale : dans la situation actuelle, la nappe s'écoule globalement d'ouest en est sur le secteur Pont de Sèvres ; on peut par ailleurs noter sur ce zoom l'interférence des structures enterrées existantes sur la piézométrie ;

- la piézométrie influencée par les pompages de mise hors d'eau des fouilles en phase travaux : on note alors une convergence des lignes courant les plus proches en direction de l'enceinte protégé par les parois moulées ; l'influence est surtout sensible du côté intérieur de la boucle de Boulogne, avec une légère modification de l'écoulement sensible jusqu'à une distance d'environ 300 m de la gare.

Tableau 51 : Résultats (en termes de débits) des simulations réalisées pour la phase chantier (construction des gares, des correspondances et du puits tunnelier) pour l'hypothèse 2 (travaux des gares synchrones entre eux)

Gare / Ouvrage		Débit d'exhaure (en m^3/h)			
		Régime normal de la Seine (régime permanent)	Crue de récurrence 5 ans	Crue de récurrence 10 ans	Crue de récurrence 50 ans
Puits tunnelier de l'ile Monsieur		35	38	39	40
Gare du Pont de Sèvres	Gare	53	57	57	59
	Connexion M9	14	18	19	20
	Square Com	7	10	10	11
	TOTAL Gare du Pont de Sèvres	74	84	86	89
Gare Issy RER	Gare	29	30	31	31
	Emergence	15	18	18	19
	Connexion RER	6	7	7	8
	TOTAL Gare Issy RER	50	55	56	58

Tableau 52 : Résultats (en termes d'abaissements piézométriques) des simulations réalisées pour la phase chantier (construction des gares, des correspondances et du puits tunnelier) pour l'hypothèse 2 (travaux des gares synchrones entre eux), hors crue

Gare / Ouvrage	Abaissement maximal à proximité immédiate de l'ouvrage considéré (en m)
Puits tunnelier de l'ile Monsieur	0.05
Gare du Pont de Sèvres	0.15
Gare Issy RER	0.25

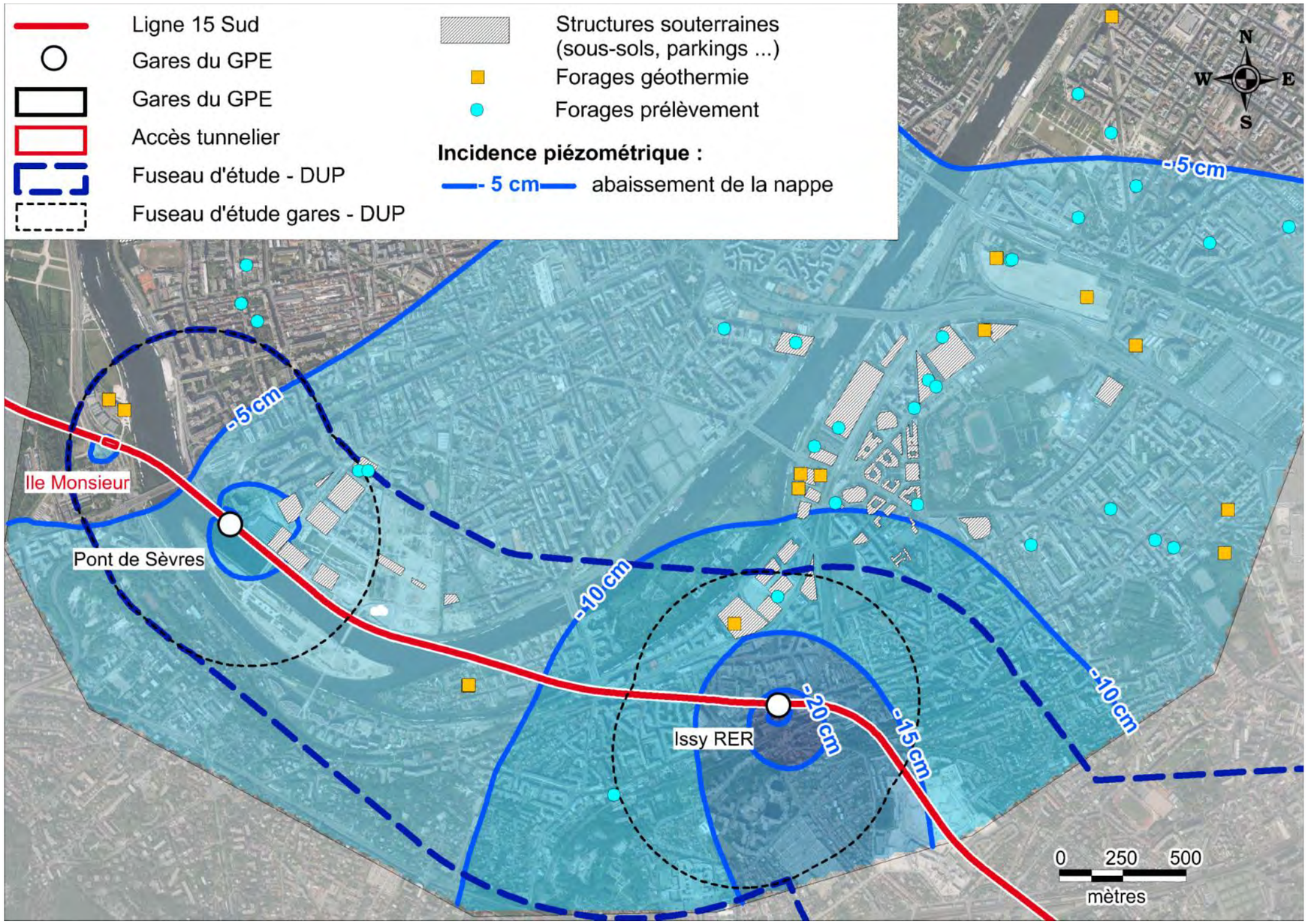


Figure 22 : Carte des courbes d'isorabattement calculés pour la nappe du complexe alluvions-craie en phase chantier (construction des gares, des correspondances et du puits tunnelier) dans le cadre de l'hypothèse 2 (ensemble des travaux synchrones), hors crue

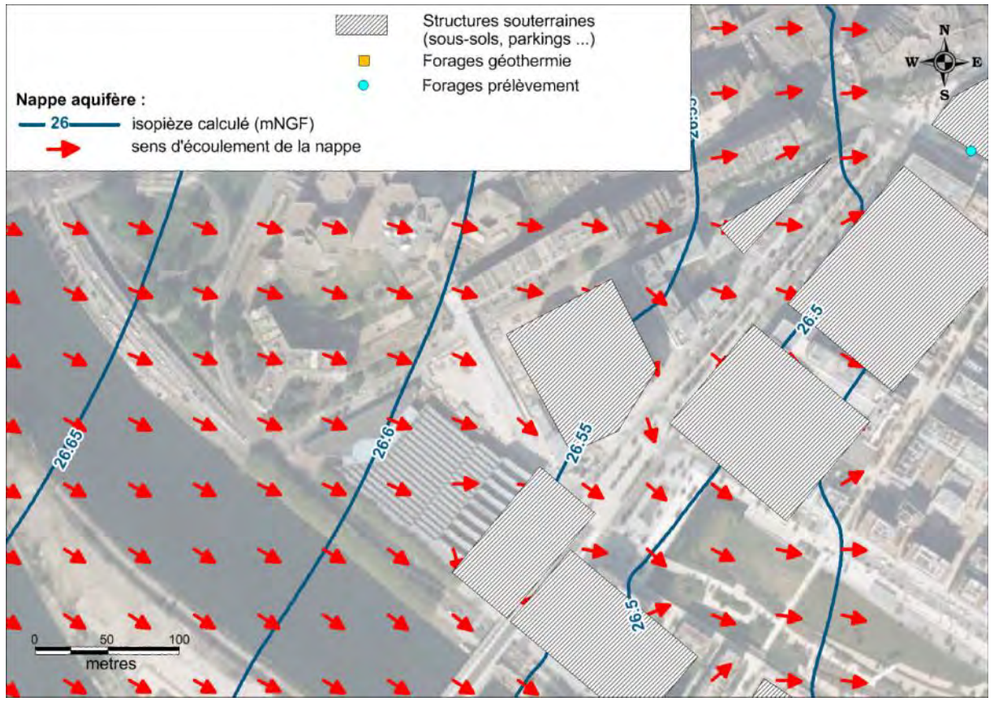


Figure 23 : Gare Pont de Sèvres – Piézométrie initiale en régime permanent

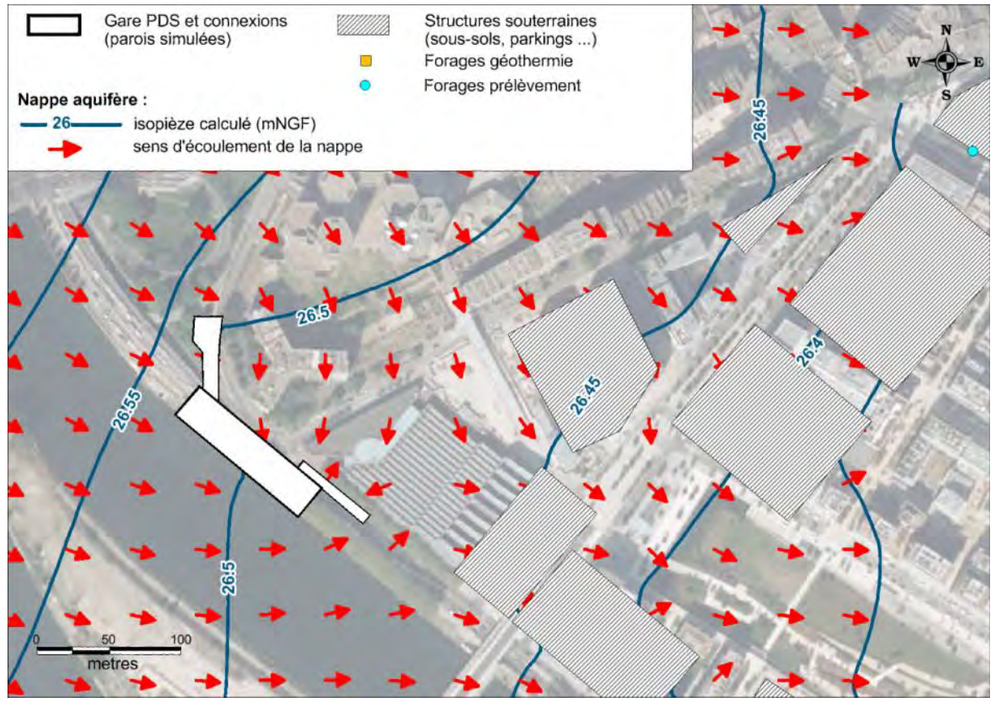


Figure 24 : Gare Pont de Sèvres – Piézométrie phase travaux en régime permanent

b. Etat piézométrique avec projet géothermie IDEX

Dans ce chapitre, les simulations effectuées sont identiques aux précédentes (régime permanent moyennes-eaux et régime transitoire pour les crues) sauf qu'elles incluent le projet géothermie IDEX à son débit maximum de 1 500 m^3/h : l'emplacement de ces forages figure sur la carte des isorabattements avec les quatre ouvrages de pompage en nappe (symbolisés par des triangles verts) et les six ouvrages de réinjection en nappe (triangles rouges).

Les résultats sont présentés sous la même forme :

- Tableau 51 : débits d'exhaure pour l'épuisement des fouilles en phase travaux,
- Tableau 52 : valeurs des rabattements maximums,
- Figure 17 : carte des isorabattements de la nappe,

Avec le projet IDEX, les modifications des directions d'écoulement sont très faibles.

Tableau 53 : Résultats (en termes de débits) des simulations réalisées pour la phase chantier (construction des gares, des correspondances et du puits tunnelier) pour l'hypothèse 2 (travaux des gares synchrones entre eux) – Avec projet IDEX

Gare / Ouvrage		Débit d'exhaure (en m^3/h)			
		Régime normal de la Seine (régime permanent)	Crue de récurrence 5 ans	Crue de récurrence 10 ans	Crue de récurrence 50 ans
Puits tunnelier de l'ile Monsieur		35	38	39	40
Gare du Pont de Sèvres	Gare	54	57	58	59
	Connexion M9	15	19	19	21
	Square Com	8	10	11	11
	TOTAL Gare du Pont de Sèvres	77	86	88	91
Gare Issy RER	Gare	27	29	30	30
	Emergence	14	16	17	18
	Connexion RER	6	7	7	7
	TOTAL Gare Issy RER	47	52	53	55

Tableau 54 : Résultats (en termes d'abaissements piézométriques) des simulations réalisées pour la phase chantier (construction des gares, des correspondances et du puits tunnelier) pour l'hypothèse 2 (travaux des gares synchrones entre eux), hors crue – Avec projet IDEX

Gare / Ouvrage	Abaissement maximal à proximité immédiate de l'ouvrage considéré (en m)
Puits tunnelier de l'ile Monsieur	0.05
Gare du Pont de Sèvres	0.20
Gare Issy RER	0.25

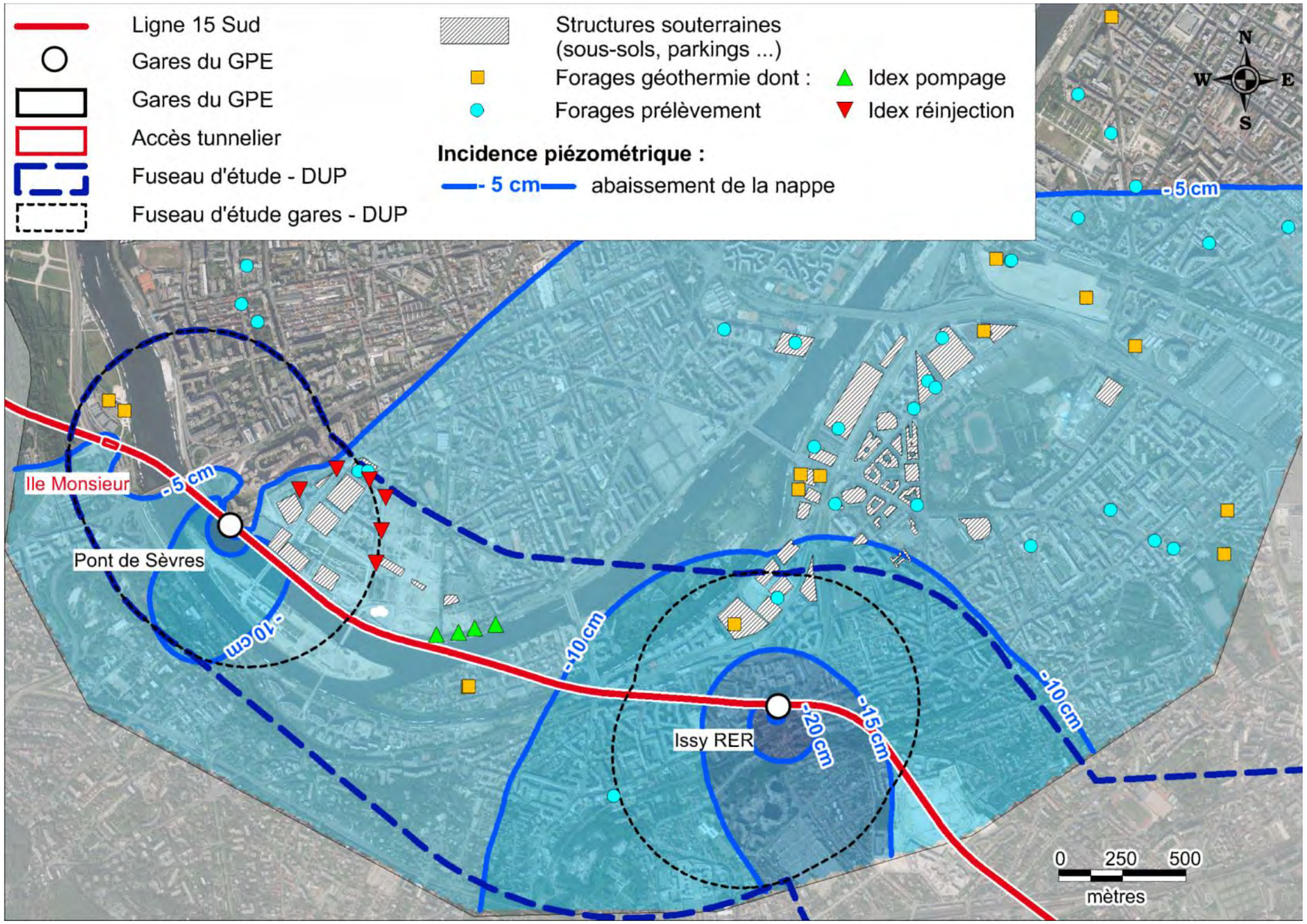


Figure 25 : Carte des courbes d'isorabattement calculés pour la nappe du complexe alluvions-craie en phase chantier (construction des gares, des correspondances et du puits tunnelier) dans le cadre de l'hypothèse 2 (ensemble des travaux synchrones), hors crue – Avec projet IDEX

4.3.7.3 Conclusions

Les débits d'exhaure au droit des différentes gares étudiées sont variables mais restent globalement modérés (de 40 à 80 m^3/h, hors crue).

A superficies sensiblement égales, le débit d'exhaure est logiquement plus important sur la gare Pont de Sèvres avec 80 m3/h (abaissement de 31 m dans l'enceinte) que sur la gare d'Issy (50 m3/h pour un abaissement de 17 m).

En cas de crue de Seine, l'augmentation des débits d'exhaure consécutive à la transmission de l'onde de crue est relativement faible : augmentation de 5 à 15 m^3/h en ordre de grandeur pour la crue de récurrence 50 ans.

On remarquera que l'influence des crues de Seine sur le débit d'exhaure est relativement faible, et d'autant moins grande que la hauteur de dénoyage à imposer est importante, ce qui est tout à fait normal compte tenu du fait que le débit d'exhaure est proportionnel à la hauteur de dénoyage ; ainsi, pour un même relèvement des niveaux d'eau à l'extérieur des parois moulées, l'augmentation relative du débit d'exhaure sera plus importante si la hauteur à dénoyer initial (avant la crue) est faible.

La prise en compte dans la seconde série de calculs du projet de géothermie IDEX à son débit de fonctionnement maximum théorique montre que les débits d'exhaure pour les ouvrages du GPE ne seraient que très peu modifiés : + 5% sur la gare Pont de Sèvres (la proximité des rejets IDEX entraine une remontée de la nappe et ainsi une augmentation de la charge hydraulique par rapport au fond d fouille) et à l'inverse une très légère baisse sur la gare d'Issy (l'influence des pompages pouvant se propager jusqu'à cet ouvrage).

En l'état actuel du projet, les impacts en termes d'abaissement des niveaux de nappe dans la boucle de Boulogne sont au maximum de l'ordre de 30 cm à proximité immédiate des ouvrages (maximum pour la gare Issy RER) :

- puits tunnelier : abaissement maximum de l'ordre de 5 cm,
- gare de Pont de Sèvres : abaissement maximum de l'ordre d'une vingtaine de centimètres,
- gare d'Issy RER : abaissement maximum d'une trentaine de centimètres.

Dans le cadre de l'hypothèse 2 (tous les travaux de pompage de nappe synchrones), les impacts en terme d'abaissement des niveaux de nappe sur les dispositifs d'exploitation géothermique les plus proches (siège BNP et projet sur la ZAC du Trapèze, voir paragraphe 4.2.3.4), et de manière plus générale au centre de la boucle de Boulogne, sont compris entre 10 et 20 cm en ordre de grandeur. Ces résultats sont sensiblement équivalents que l'on tienne compte ou non du projet IDEX.

On constate donc que les impacts sont très faibles et ne sont pas de nature à avoir des conséquences quantitatives, en l'état actuel, sur les forages exploitant l'aquifère ; l'essentiel des impacts étant limités géographiquement aux alentours immédiats des gares et correspondances.

Dans tous les cas, il conviendra, au cours des phases d'étude ultérieures, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer la géométrie du toit de la craie peu perméable (c'est-à-dire sa profondeur), notamment par la réalisation d'investigations in-situ adaptées (essais au micromoulinet par exemple), afin, le cas échéant, d'ajuster la profondeur d'ancrage des parois moulée.

D'après notre bonne connaissance du contexte et les nombreux retours d'expérience de réalisation de parois moulées dont nous disposons dans la boucle de Boulogne-Billancourt, les impacts, en termes de débit ou d'abaissement piézométrique, ne devraient pas changer significativement par rapport aux résultats des simulations précédentes, si un ancrage suffisant des parois moulées dans la craie peu perméable est assuré. En effet, l'impact est très peu dépendant de l'épaisseur ou de la perméabilité de la craie perméable, mais est surtout dépendant de la hauteur d'ancrage des parois moulées dans la craie saine.

Enfin, les résultats de nos simulations n'intègrent pas, comme cela serait le cas pour une situation de crue centennale, l'effet du débordement de la Seine dans son lit majeur. Toutefois, comme cela a été indiqué précédemment, l'impact du débordement de la Seine sur les débits d'exhaure sera faible compte tenu du fait que les hauteurs de dénoyage, hors crue, sont déjà très importantes (ceci suppose, bien entendu, que la crue de Seine n'inonde pas, par le haut, l'intérieur des enceintes de parois moulées).

4.3.8 Simulation de l'impact du projet en phase définitive

4.3.8.1 Objectifs et méthodologie

Cette simulation consiste à observer les modifications d'écoulement engendrées par la présence du tunnel et des gares traversant l'aquifère, en phase définitive. Le tunnel et les gares constituent en effet des obstacles imperméables à l'écoulement, pouvant potentiellement provoquer un effet de barrage. On notera qu'en phase définitive, il n'est prévu aucun pompage d'exhaure sur l'aquifère. Des faibles débits d'infiltration (suintements) seront toutefois possibles.

Le maillage du modèle numérique a été discrétisé verticalement de manière à pouvoir représenter correctement le tunnel (10 m de diamètre), sous la forme d'un écran imperméable.

Nous avons donc réalisé des simulations permettant de comparer l'état piézométrique de référence à l'état piézométrique en présence de ces infrastructures souterraines en phase définitive (avec ou sans crue de Seine – les crues de récurrence 5 ans, 10 ans et 50 ans ont été simulées).

Comme dans le cas de la phase travaux, les simulations ont été répétées en partant d'un état piézométrique de référence intégrant le projet de géothermie IDEX à son débit maximum théorique. Les résultats avec et sans projet IDEX sont exprimés sous la forme de valeurs d'isorabattements et d'isorelèvements des cotes piézométriques de la nappe du complexe alluvions-craie. Sur les cartes d'incidence, nous avons également fait figurer les sens d'écoulement de la nappe, ce qui permet de situer l'impact propre au projet IDEX sur la piézométrie et d'expliquer les différences d'incidence obtenues selon qu'il soit pris en compte ou non dans les calculs.

4.3.8.2 Résultats sans projet IDEX

En figure 18, les impacts piézométriques, résultant de la présence du tunnel et des gares au sein de la nappe du complexe alluvions-craie, en phase définitive et hors crue (régime permanent), sont les suivants :

- impact piézométrique du puits tunnelier : inférieur au centimètre à proximité immédiate des infrastructures,

- impact piézométrique de la gare de Pont de Sèvres et de ses correspondances : relèvement amont et abaissement aval d'environ 1 cm à proximité immédiate des infrastructures,

- impact piézométrique identique pour la gare Issy RER et de ses correspondances : relèvement amont et abaissement aval d'environ 1 cm à proximité immédiate des infrastructures,

- impact piézométrique du tunnel en lui-même : à peu près nul (de l'ordre du millimètre) tout au long du tracé.

En cas de crue, nous avons comparé la piézométrie de la nappe au pic de crue (transmise dans l'aquifère) à l'état initial (sans les infrastructures) et avec les infrastructures (gares et tunnel en place). Le résultat des simulations pour les des crues de récurrence 5, 10 et 50 ans sont donnés par les cartes en figure 19. D'une manière générale, l'impact augmente avec l'amplitude de l'onde crue simulée (sa résultante étant l'augmentation du gradient de nappe). Dans le cas d'une crue de récurrence 50 ans, elles montrent les impacts maximums suivants (étant entendu que les impacts pour les crues de récurrence 5 ans et 10 ans sont plus faibles) :

- impact piézométrique du puits tunnelier : impact nul ou inférieur au centimètre,

- impact piézométrique de la gare de Pont de Sèvres : augmentation, par effet barrage, de l'amplitude de l'onde de crue transmise dans l'aquifère de 4 cm en amont immédiat de l'ouvrage (côté Seine), et abaissement de la nappe de 7 cm sur l'autre face de la structure (coté boucle de Boulogne),

- impact piézométrique de la gare Issy RER : relèvement du niveau de nappe de 3 cm en amont immédiat de l'ouvrage (côté Seine), et baisse de 2 cm à l'opposé,

- impact piézométrique du tunnel en lui-même : ne se fait sentir que dans sa partie située à l'est de la gare Issy RER avec une baisse de 1 à 2 cm.

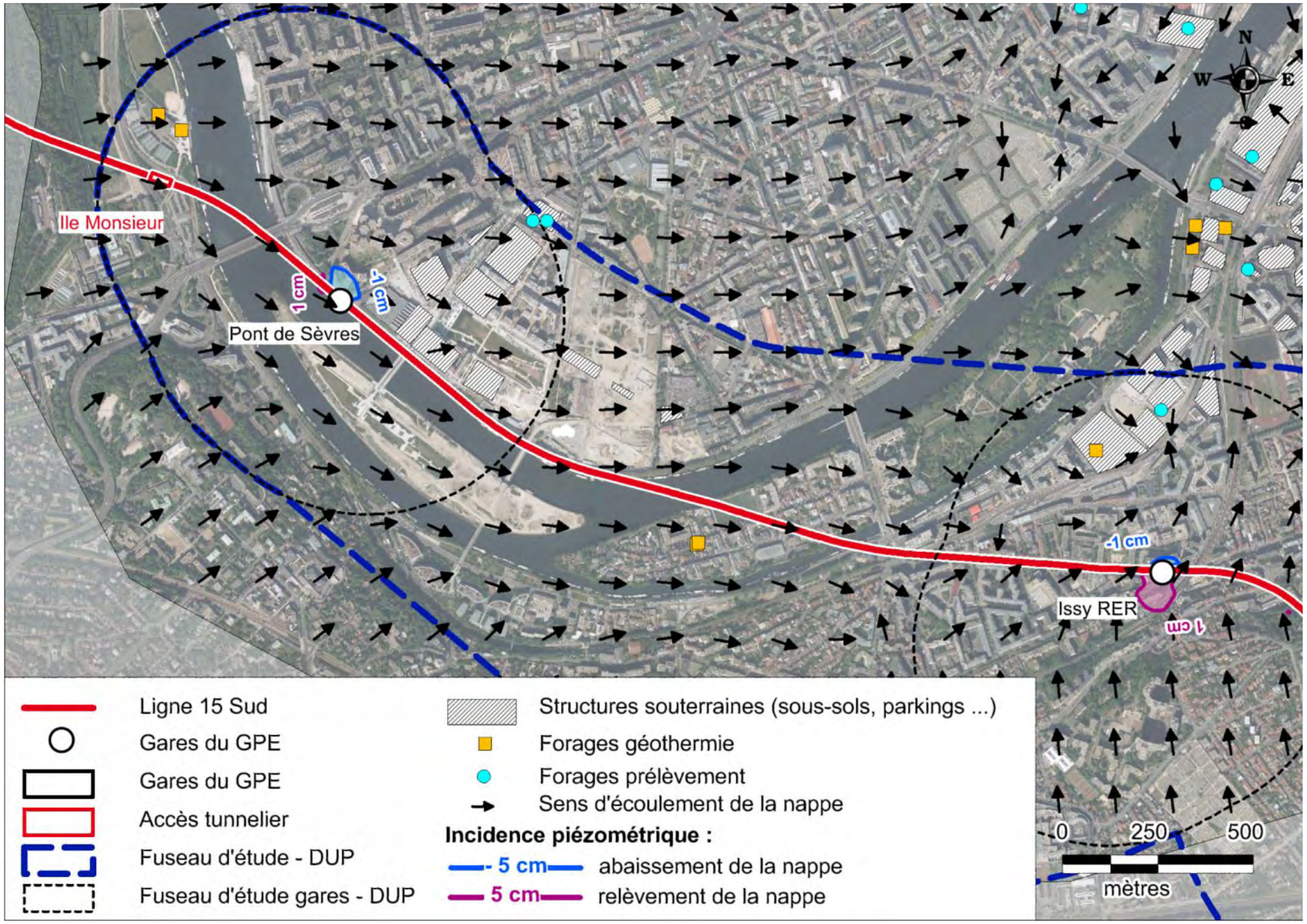
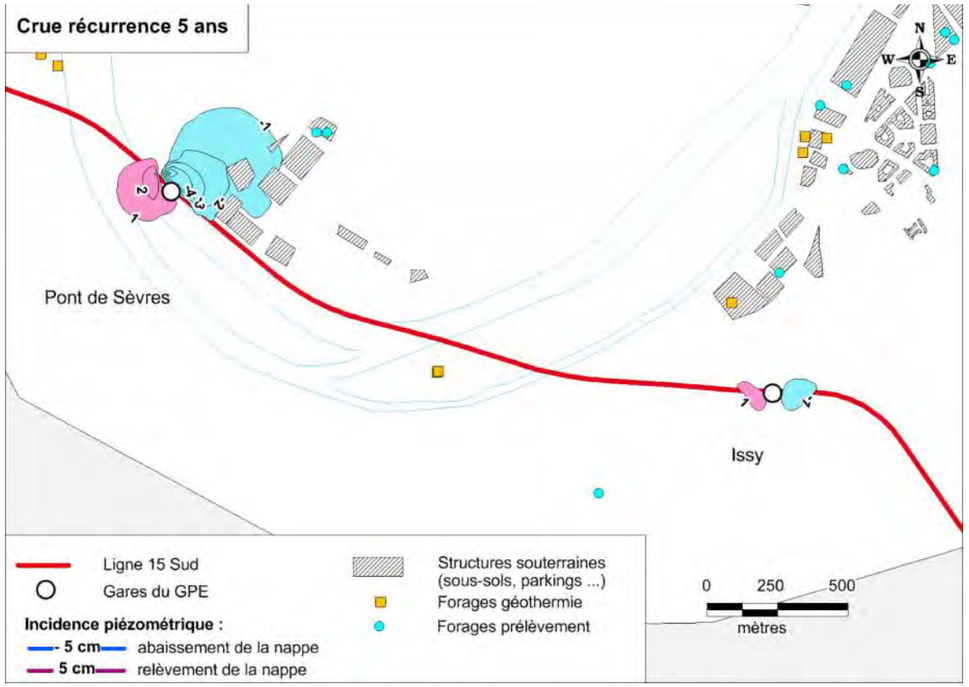


Figure 26 : Carte d'incidence piézométrique en phase définitive (hors crue)



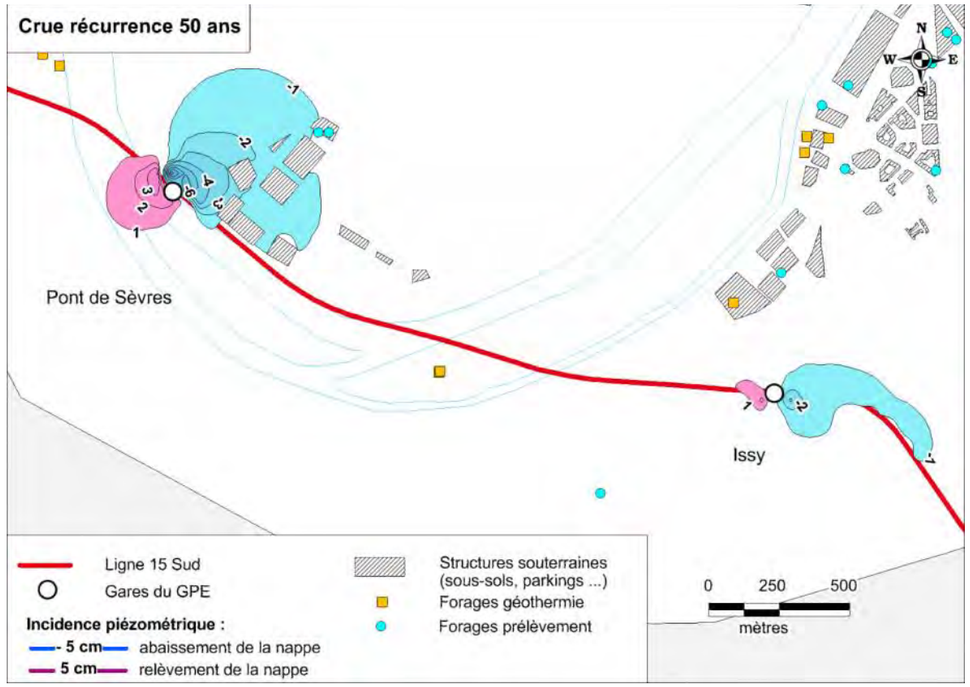
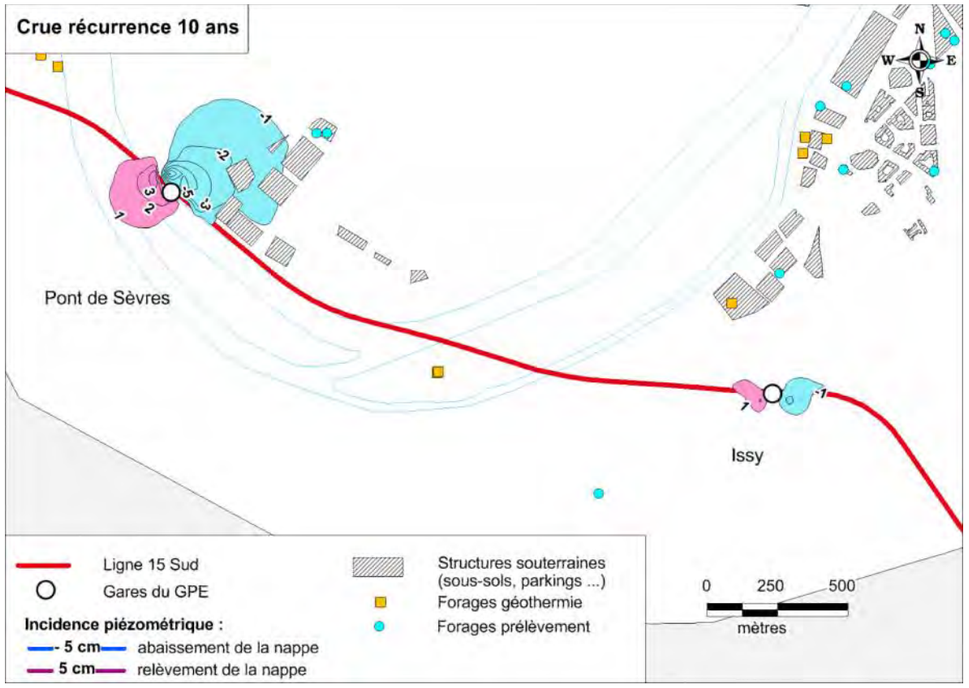


Figure 27 : Cartes d'incidence piézométrique en phase définitive (crues)



4.3.8.3 Résultats avec projet IDEX

Les résultats sont donnés avec les cartes d'incidence en pages suivantes, toujours respectivement pour un régime permanent moyennes eaux puis les cas de crue de récurrence 5, 10 et 50 ans.

Dans cette configuration - où les impacts sont donc calculés à partir d'une piézométrie de référence qui inclut le projet IDEX en fonctionnement - les impacts diffèrent sensiblement de la situation précédente.

En régime permanent, figure 20 :

- Gare Pont de Sèvres : les rejets du projet IDEX modifient l'écoulement de la nappe qui, du sens globalement orienté de l'ouest vers l'est représenté en figure 18, passe à une direction du nord-est vers le sud-ouest, de sorte que l'effet barrage se trouve cette fois du côté Boulogne de la structure. D'autre part les gradients de nappe sont plus forts avec le projet IDEX et l'amplitude de l'impact augmente en conséquence : remontée de 10 cm à l'amont et baisse de 8 cm à l'aval (côté Seine). L'impact est sensible (supérieur au centimètre) jusqu'à une distance de 800 m de la gare.

- Tunnel : entre les deux gares, on note l'apparition d'un impact (baisse faible, de l'ordre de 2 cm) au droit de la zone de pompage du projet IDEX.

- Gare Issy RER : la situation est identique à la configuration sans projet IDEX, l'impact est très faible (1 à 2 cm).

L'évolution des impacts pour les trois cas de crue croissante est donnée en figure 21 :

- Gare Pont de Sèvres : on remarque que l'impact relatif de la gare sur la piézométrie tend à diminuer avec l'augmentation de l'onde crue, notamment dans la boucle de Boulogne où l'extension de l'incidence est plus faible en crue 50 ans qu'en crue 5 ans. Ceci s'explique par le fait que l'onde de crue a pour effet de diminuer le gradient de nappe créé par les rejets IDEX. Cet effet est cependant limité, l'impact restant voisin en ordre de grandeur du cas en régime permanent (5 à 8 cm de remontée de nappe à l'amont de la structure).

- Pour les impacts tunnel et gare Issy RER, l'effet des crues se note avec une incidence qui augmente modérément de 1 à 2 cm par rapport au régime permanent.

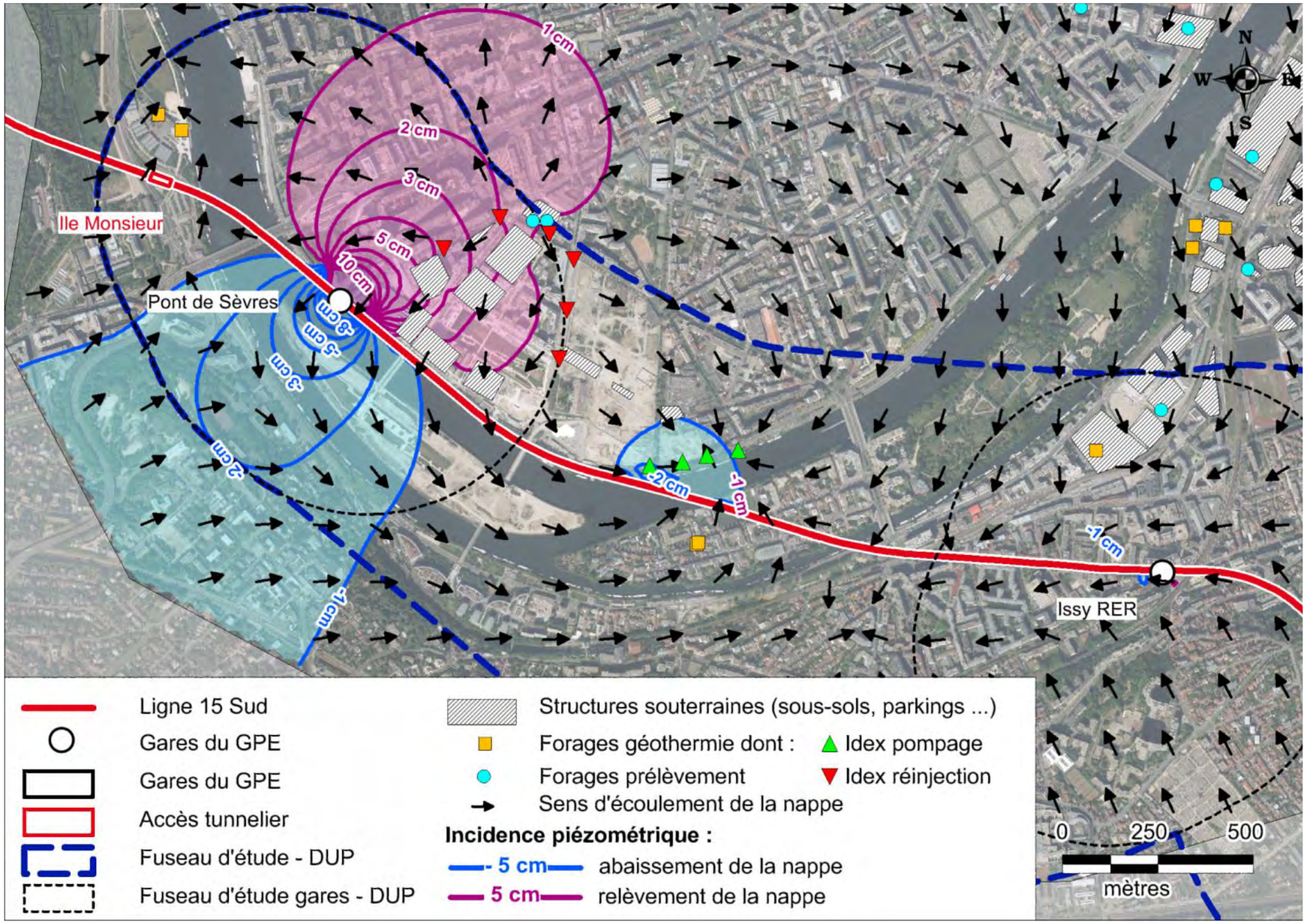
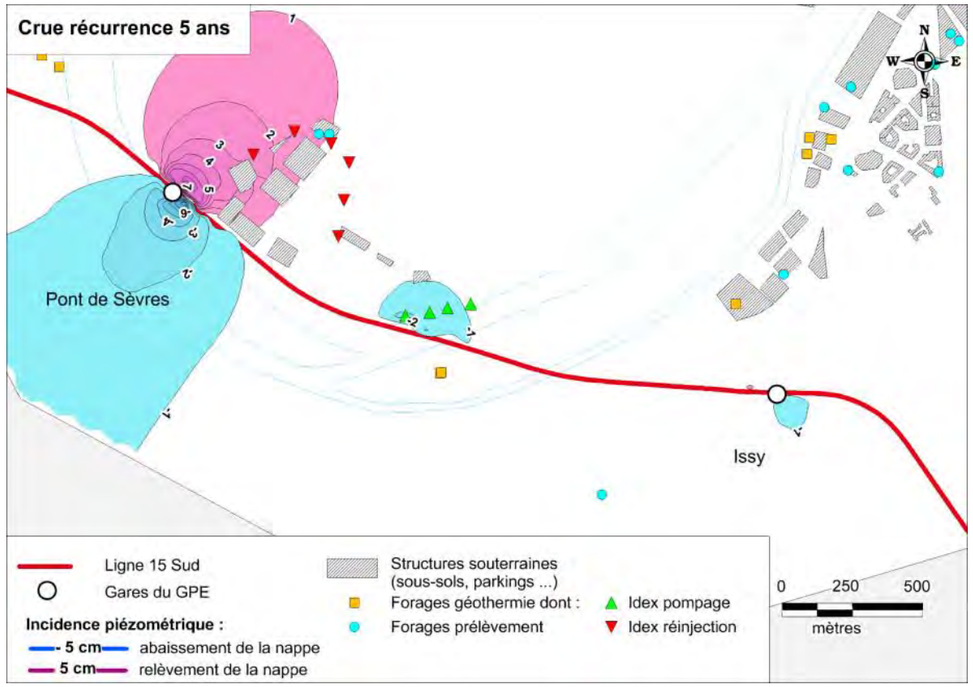
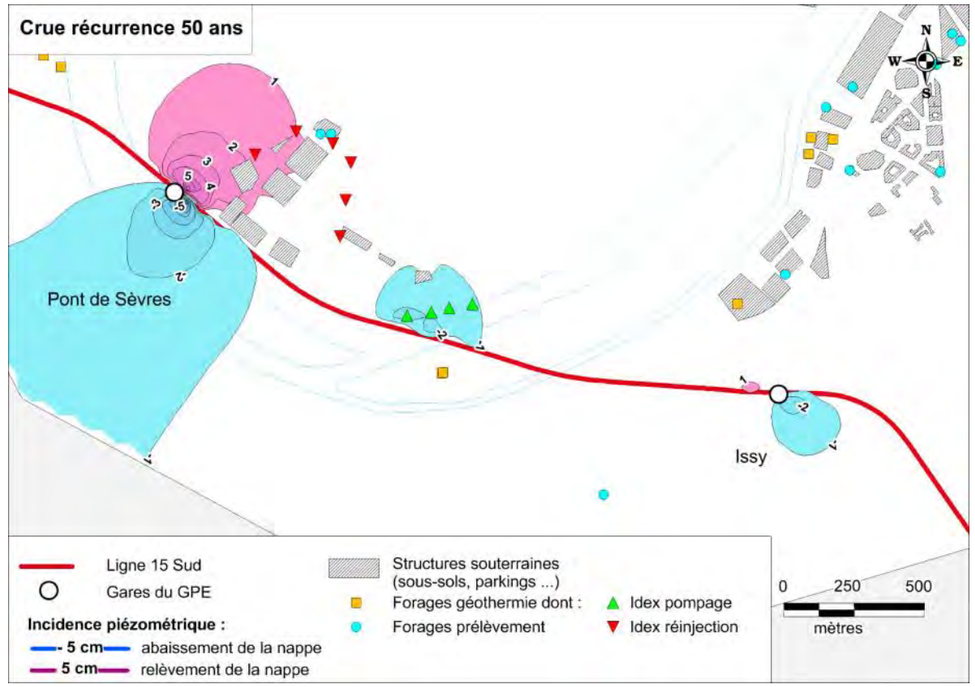


Figure 28 : Carte d'incidence piézométrique en phase définitive avec projet IDEX (hors crue)





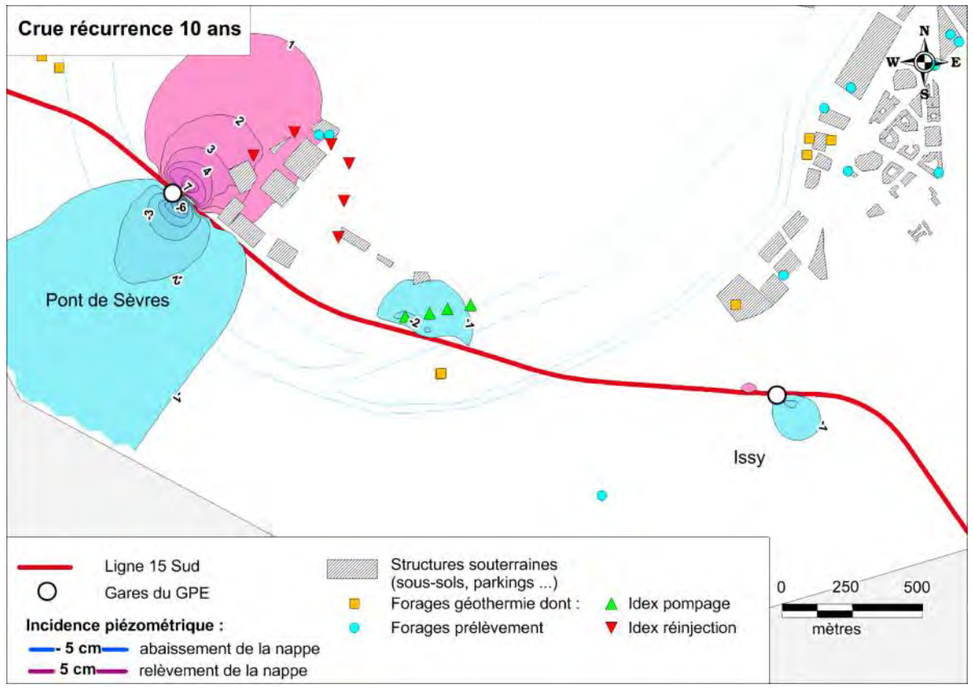


Figure 29 : Cartes d'incidence piézométrique en phase définitive (crues) avec projet IDEX

4.3.8.4 Conclusions

Dans la configuration sans le projet géothermie IDEX au droit de la ZAC du Trapèze, l'impact de la présence du tunnel du métro et des gares en phase définitive est donc extrêmement faible, hors période de crue (impact centimétrique). Ceci résulte principalement du fait que :

- d'une part, l'aquifère étant très productif et donc les gradients d'écoulement relativement faibles, le linéaire des gares n'est pas suffisamment grand pour créer un effet barrage significatif, bien que ces ouvrages occultent complètement la hauteur aquifère,

- d'autre part, le tunnel n'occulte pas l'intégralité de l'aquifère (simplement 30 à 35 % de la hauteur de craie fracturée) et, comme l'aquifère est très productif et les gradients d'écoulement relativement faibles, cette épaisseur de craie occultée par le tunnel n'est pas suffisante pour créer un effet barrage significatif.

En période de crue, les impacts piézométriques sont, en valeur absolue, légèrement plus importants (environ 7 centimètres au maximum à la gare de Pont de Sèvres). L'impact de l'effet barrage en cas de crue est donc également très limité.

En tenant compte du projet IDEX et des modifications qu'il engendre sur les gradients de nappe, l'impact relatif par effet barrage tend à augmenter, son ampleur reste cependant du même ordre que précédemment avec au maximum une dizaine de cm en remontée ou en baisse à proximité immédiate de la gare Pont de Sèvres.

4.4 Conclusions

4.4.1 Impacts du projet de métro sur la piézométrie et les écoulements de la nappe du complexe alluvions-craie

Les résultats des simulations effectuées à partir du modèle calé, en régime permanent et en régime transitoire, montrent que les impacts de la mise en place du tronçon de la ligne 15 sud du projet de métro, dans le secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt, seraient les suivants :

- au cours de la phase chantier de construction des gares : l'abaissement des niveaux de nappe est de l'ordre de 20 cm à 30 cm au maximum, à proximité immédiate des infrastructures projetées, selon les hypothèses considérées.

  Les impacts sur l'ensemble de la boucle de Boulogne sont de l'ordre de 10 à 20 cm ; ces impacts sont donc faibles et ne sont pas de nature à avoir des conséquences quantitatives, en l'état actuel, sur les forages exploitant l'aquifère,

- en phase définitive, après mise en place des infrastructures : hors période de crue, l'impact piézométrique lié à la présence des gares est de l'ordre du centimètre et l'impact piézométrique de la présence du tunnel en lui-même est quasi-nul, inférieur au centimètre.

  En période de crue, la présence des infrastructures (gares et tunnel) a pour conséquence d'augmenter l'amplitude de l'onde de crue transmise dans l'aquifère. Toutefois, cette augmentation n'est pas significative : au maximum, l'augmentation de l'onde de crue dans l'aquifère est de l'ordre d'une dizaine de centimètres au droit des gares et de l'ordre du centimètre au droit du tunnel.

  Ces impacts sont donc très faibles et ne sont pas de nature à avoir des conséquences quantitatives, en l'état actuel, sur les forages exploitant l'aquifère, ni sur les infrastructures existantes dans le secteur étudié.

4.4.2 Incertitudes et recommandations

Nous rappelons ici les incertitudes rencontrées au cours de cette étude :

- la cote du toit de la craie peu perméable, le long du tracé et au droit des gares et du puits tunnelier, a été estimée d'après les archives internes de BURGEAP [3], par interpolation sur la base d'un certain nombre d'essais au micromoulinet réalisés dans la boucle de Boulogne, à plus ou moins grande distance de la Seine.

  Ainsi, au stade actuel, nous ne connaissons pas la cote précise du toit de la craie peu perméable au droit de chacun des ouvrages, celle-ci pouvant varier de plusieurs mètres sur une faible distance.

  Il conviendra donc, au cours des phases d'étude ultérieures, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer la géométrie du toit de la craie peu perméable (c'est-à-dire sa profondeur) au droit de chacun des ouvrages, notamment par la réalisation d'investigations in-situ adaptées (essais au micromoulinet par exemple) afin, le cas échéant, d'ajuster la profondeur d'ancrage des parois moulée pour limiter ces impacts.

  D'après notre bonne connaissance du contexte et les nombreux retours d'expérience de réalisation de parois moulées dont nous disposons dans la boucle de Boulogne-Billancourt, les impacts, en termes de débit ou d'abaissement piézométrique, ne devraient pas changer significativement par rapport aux résultats des simulations, si un ancrage suffisant des parois moulées dans la craie peu perméable est assuré. En effet, l'impact est très peu

dépendant de l'épaisseur ou de la perméabilité de la craie perméable, mais est surtout dépendant de la hauteur d'ancrage des parois moulées dans la craie saine,

- les données relatives aux prélèvements et à l'utilisation des eaux souterraines dans la boucle de Boulogne reposent pour l'essentiel sur les déclarations des exploitants auprès de l'Agence de l'Eau et sur les données de la RATP. De fait, la liste des captages n'est probablement pas exhaustive, et il est probable que des prélèvements non déclarés exploitent la ressource aquifère (il n'existe toutefois pas d'exploitation des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable).

  Les simulations tiennent compte de l'existence probable à plus ou moins long terme de l'important projet de géothermie IDEX sur la ZAC du Trapèze. Même si les caractéristiques définitives précises de l'installation ne sont pas connues à ce jour (en termes d'implantation ou de débit), il nous a paru nécessaire de la considérer dans les calculs d'incidence. Il conviendra cependant, une fois les données afférentes à ce projet rendues publiques, de reprendre les simulations précédentes pour réévaluer les impacts hydrogéologiques.

4.5 Bibliographie

[1] BRGM (1980) - Carte géologique au 1/25 000 de Paris

[2] BRGM - Base de données Infoterre, banque du sous-sol (BSS), http://infoterre.brgm.fr/

[3] BURGEAP (1947 – 2013) – Archives internes de la société

[4] Delesse (1882) – Carte hydrogéologique du département de la Seine

[5] BRGM – Carte hydrogéologique de la feuille de Paris. P. Diffre, 1970

[6] Mégnien (1979) – Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. Mémoire du BRGM n°98

[7] Mégnien (1970) – Atlas des nappes aquifères de la région parisienne

[8] ADES – banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines, http://www.ades.eaufrance.fr

[9] Agence de l'Eau Seine Normandie (2007, 2008) – Listing des prélèvements collectifs, industriels et agricoles pour le département des Hauts de Seine et la Ville de Paris

[10] Régime Autonome des Transports Parisiens – Listing des volumes rejetés pendant la période 2007-2008 sur la Ville de Paris

[11] XELIS (05/07/2012) – Tronçon Villejuif IGR – Saint Cloud. Etudes préliminaires, Etude d'infrastructure, Tracé en plan et profil en long

[12] XELIS (09/11/2011) – Tronçon Villejuif IGR – Saint Cloud, Etudes de faisabilité, Etude d'infrastructure, Mémoire technique

[13] XELIS (05/07/2012) – Tronçon Villejuif IGR – Saint Cloud. Etudes préliminaires, Etude d'infrastructure, Pont de Sèvres, Cahier de Synthèse

[14] XELIS (20/07/2012) – Tronçon Villejuif IGR – Saint Cloud. Etudes complémentaires n°1, Gare Pont de Sèvres, Principe de phasage de réalisation de surface

[15] XELIS (20/07/2012) – Tronçon Villejuif IGR – Saint Cloud. Etudes préliminaires, Etude d'infrastructure, Issy RER, Cahier de Synthèse

[16] XELIS (20/07/2012) – Tronçon Villejuif IGR – Saint Cloud. Etudes préliminaires, Etude d'infrastructure, Principes installations de chantier – Vue en plan – Vue en coupe

[17] INGEROP (23/10/2014) Ligne 15 Sud Villejuif Louis Aragon – Pont de Sèvres. Tracé. Vue en plan et Profil en long

[18] GROUPEMENT (23/10/2014) Ligne 15 Sud Villejuif Louis Aragon – Pont de Sèvres. Annexe 13 au mémoire de synthèse. Estimation des débits d'exhaure

[19] J-M DUTHILLEUL Architecture Urbanisme (23/10/2014) Ligne 15 Sud – Tronçon 3. Gare Pont de Sèvres. Vues en plan des niveaux –2 et -1

[20] J-M DUTHILLEUL Architecture Urbanisme (23/10/2014) Ligne 15 Sud – Tronçon 3. Gare Pont de Sèvres. Vues en plan Halle de correspondance

[21] J-M DUTHILLEUL Architecture Urbanisme (23/10/2014) Ligne 15 Sud – Tronçon 3. Gare Pont de Sèvres. Notice flux et intermodalité

[22] BRUNET SAUNIER Architecture (23/10/2014) Ligne 15 Sud – Tronçon 3. Gare Issy RER. Vues en plan niveaux sous quai, -1 et -0,5.

[23] BRUNET SAUNIER Architecture (23/10/2014) Ligne 15 Sud – Tronçon 3. Gare Issy RER. Vues en plan niveaux sous quai, -3 et -2.

[24] BRUNET SAUNIER Architecture (23/10/2014) Ligne 15 Sud – Tronçon 3. Gare Issy RER. Vues en plan et coupes correspondance 2/2.

[25] Logiciel FEFLOW, version 6.1. DIERSCH, DHI-WASY GmbH, 2013

5 Annexe 5 : Gestion des eaux souterraines – Modélisation hydrogéologique du territoire traversé par ligne 15 sud entre les gares de Fort d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre

5.1 Résumé et auteurs des études

5.1.1 Résumé

Dans le cadre de l'étude d'impact de la ligne 15 Sud (Champigny Centre – Fort d'Issy) du projet de métro du Grand Paris, les incidences hydrogéologiques du projet ont été étudiées spécifiquement par modélisation numérique pour les gares comprises entre Fort-d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre. La partie ouest de ce linéaire comprise entre Fort-D'Issy-Vanves-Clamart et Arcueil-Cachan (Secteur 1) est caractérisé par la présence de la nappe des Calcaires grossier partiellement saturée et de productivité modérée que le tunnel et les ouvrages vont traverser ce qui induit une sensibilité importante aux phénomènes d'effet barrage. La partie est du linéaire comprise entre Vitry-Centre et Saint-Maur-Créteil (Secteur 2) nécessitera la mise en œuvre de pompages d'épuisement en phase travaux non négligeables, atténués toutefois par les dispositions constructives retenues pour limiter les venues d'eau souterraine, entrainant des abaissements piézométriques potentiels qui doivent être évalués précisément. Les gares et le tunnel entre Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon ne pénétreront pas dans les aquifères représentés dans ce modèle.

La Société du Grand Paris, responsable de la mise en œuvre du projet du Grand Paris Express, a choisi le bureau d'études Burgeap afin de réaliser un modèle hydrogéologique visant à représenter le fonctionnement hydrodynamique de ce secteur et à évaluer les impacts du projet.

Le rapport qui suit présente ce modèle (conception, calage, sensibilité), les simulations réalisées avec ce dernier et les résultats obtenus. Le modèle a été calé en régime permanent et en régime transitoire. Les impacts simulés ont été comparés à la situation de référence.

Deux types d'impact sur les eaux souterraines ont été étudiés :

- l'effet lié à l'abaissement du niveau de nappe en phase chantier, potentiellement induit lors de la construction des gares par la mise en œuvre de pompages d'épuisement permettant de pouvoir construire les infrastructures profondes au sec ,

- l'effet en phase définitive du tunnel et des gares résultant de la perturbation des écoulements souterrains induit par l'obstacle créé par la présence du tunnel et des gares (« effet de barrage »).

Des dispositions constructives telles que des parois moulées et des injections de sol (fonds et jupes injectées) sont prévues pour limiter les débits d'épuisement en phase chantier. Pour l'étude des effets piézométriques en phase chantier, deux cas de figure ont été envisagés. Le premier cas de figure considéré comme probable permet d'évaluer l'effet piézométrique en phase chantier en considérant des performances usuelles en termes d'efficacité des injections de sol permettant de réduire les débits d'épuisement. Le second cas de figure, considéré comme extrême, permet d'évaluer l'effet piézométrique en phase chantier en considérant de moins bonnes performances des dispositions constructives en raison notamment d'aléas géologiques locaux.

Les résultats des simulations effectuées à partir du modèle calé et pour le cas probable montrent que les impacts de la mise en place du tronçon de la ligne 15 Sud du projet de métro, sur le secteur étudié, seraient les suivants :

- Au niveau de la plaine de Vitry, pour les gares situées entre Vitry Centre et Saint-Maur-Créteil nécessitant des pompages d'épuisement non négligeables, l'effet piézométrique durant la phase travaux, c'est-à-dire l'abaissement du niveau de la nappe, serait :

  - De l'ordre de 5 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 0,5 à 1 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ;
  - compris entre 1,5 et 0,1 mètre dans les alluvions ;
  - de l'ordre d'une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie.

Les résultats des simulations effectuées à partir du modèle calé et pour le cas extrême, c'est-à-dire le plus défavorable, montrent que les impacts de la mise en place du tronçon de la ligne 15 Sud du projet de métro, sur le secteur étudié, seraient les suivants :

- Au niveau de la plaine de Vitry, pour les gares situées entre Vitry Centre et Saint-Maur-Créteil nécessitant des pompages d'épuisement non négligeables, l'effet piézométrique durant la phase travaux, c'est-à-dire l'abaissement du niveau de la nappe, serait :

  - compris entre 10 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 1 à 5 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ;
  - compris entre 3 et 0,5 mètre dans les alluvions ;
  - compris entre 1 mètre et une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie.

Plus particulièrement, les impacts sur les forages identifiés dans le secteur, et exploitant l'un ou l'autre des aquifères étudiés, sont compris entre 0,5 et 4 mètres mais ne sont pas de nature à compromettre leur exploitation.

En phase définitive, après mise en place des infrastructures : l'impact piézométrique lié à la présence du tunnel et des gares est de l'ordre :

- de la vingtaine à la cinquantaine de centimètres pour la nappe des calcaires grossiers entre les stations de Fort-d'Issy et Arcueil-Cachan, soit un impact équivalent à l'ordre de grandeur du battement moyen observé pour cette nappe dans ce secteur (0,3 à 1 m environ). L'impact serait localisé autour des stations, et serait insignifiant entre les stations ;
- de la trentaine à la demi-dizaine de centimètres pour la nappe des calcaires grossiers et/ou la nappe phréatique dans la plaine de Vitry, soit un impact inférieur au battement moyen observé pour ces nappes dans ce secteur (0,5 à 1 m environ) ;
- l'impact piézométrique est nul dans l'aquifère de la craie.

Les effets barrage sont donc globalement faibles et surtout limités géographiquement, essentiellement à proximité des gares pour la nappe des calcaires grossiers (nappe phréatique).

Enfin, compte tenu de la profondeur de la nappe phréatique (nappe de calcaires grossiers) aux endroits où les impacts sont les plus importants, ces impacts ne sont a priori pas de nature à avoir des conséquences sur les infrastructures existantes dans le secteur étudié.

Il conviendra, au cours des phases d'étude ultérieures, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer les hypothèses considérées dans cette étude, et notamment :

- les perméabilités des principales formations géologiques, qui seront déterminées à l'issue des pompages d'essai qui doivent être réalisés au droit de chaque gare. Les perméabilités retenues dans le modèle sont celles issues de revues bibliographiques, de résultats d'essais dans le secteur d'étude et du calage des mesures piézométriques effectuées au droit du tracé pour ce projet et disponibles dans la bibliographie.

- les débits d'épuisement qui seront nécessaires pour la construction des infrastructures. Ces débits dépendent de la perméabilité des terrains en place et de la performance et de la géométrie des dispositions constructives sui seront réalisés pour limiter les venues d'eau (injections de sol notamment) En attente des pompages d'essai, les débits d'épuisement retenus, issus des estimations préliminaires de la Maîtrise d'œuvre, sont sécuritaires.

5.1.2 Auteurs de l'étude

Les contributeurs à la réalisation de cette étude sont présentés ci-dessous.

Tableau 55 : Contributeurs de l'étude

Directeur d'étude	Hugues THOMAS (BURGEAP)
Hydrogéologue modélisateur	Didier VANDEN BERGHE (BURGEAP)
Expert hydrogéologue	Laurent PYOT (BURGEAP)
Relecteur qualité	Claude MICHELOT (BURGEAP)

5.2 Introduction

Le projet de Grand Métro est de nature à potentiellement impacter les nappes d'eaux souterraines dans le secteur étudié qui s'étend de Champigny à Issy.

En phase chantier des pompages provisoires seront nécessaires pour réaliser les gares et ouvrages souterrains. Ces pompages sont susceptibles d'abaisser les niveaux piézométriques. Un abaissement piézométrique et plus généralement une modification des sens et gradients d'écoulement est susceptible :

- d'avoir des conséquences sur les performances des exploitations d'eau souterraine en termes de débit maximal exploitable, de consommations électrique pour le pompage, de recyclage hydraulique et thermique pour les doublets de géothermie sur nappe, et peut perturber des systèmes actifs de confinement de pollution de nappe,

- d'entrainer des modifications dans les vitesses et direction de propagation des zones de pollution de nappe éventuellement existantes,

- de créer des phénomènes de tassement d'horizons potentiellement sensibles au niveau piézométrique,

- de créer des conditions plus favorables au phénomène de dissolution du gypse Anté-Ludien.

En phase définitive le tunnel ainsi que les gares et les ouvrages associés vont pénétrer des portions d'aquifères ayant pour conséquences possibles de relever la piézométrie en amont et la rabaisser en aval hydraulique du tracé (effet barrage). Ces modifications piézométriques sont également susceptibles de générer des impacts sur les différents enjeux rencontrés en milieu urbain : exploitations d'eau souterraine, présence d'infrastructures non étanches, présence de zones de pollution de nappe, zones de fragilités potentielles (remblais, niveaux gypseux) etc…

Par ailleurs, le milieu hydrogéologique concerné est complexe :

- il comprend plusieurs horizons aquifères séparés par des niveaux peu perméables continus ou non ;

- les aquifères peuvent être libres dans certains secteurs et captifs dans d'autres ;

- le fonctionnement hydrogéologique de ces aquifères dépend par ailleurs de la proximité, variable suivant les stations, des cours d'eau (Seine, Marne, Bièvre) et de la présence de couvertures peu perméables entre ces aquifères et ces eaux de surface ;

- de nombreux forages en activité prélèvent l'eau des nappes et parfois la rejettent dans le même aquifère (dans le cas de doublets géothermiques notamment).

Le projet en lui-même comprend des gares et des ouvrages annexes, le long du tracé du métro qui s'étend sur plusieurs kilomètres. Au droit des stations et des ouvrages annexes, différentes dispositions constructives ont été retenues afin de limiter les débits de pompage durant la phase de chantier. Ces dispositifs constructifs de réduction des débits d'épuisement ne permettent toutefois pas, en particulier pour les gares, de réduire à un niveau négligeable les débits de pompage nécessaire qui peuvent parfois restés importants au regard du contexte. De plus, des effets cumulatifs sont envisageables dans la mesure où plusieurs chantiers de construction d'ouvrages seront réalisés de manière concomitante d'après le planning estimatif des travaux.

Ainsi l'ampleur du projet, la complexité du contexte hydrogéologique et l'importance des enjeux ont orientés l'étude vers le choix d'un modèle numérique à grande échelle permettant de représenter

les différentes unités géologiques comprises entre les alluvions et la craie, et de prendre en compte le tracé tridimensionnel du projet.

Une importante étude bibliographique du contexte hydrogéologique a été menée afin de déterminer aussi précisément les conditions hydrogéologiques régissant les écoulements souterrains au droit du tracé. Cette étude bibliographique a permis de compléter les données géologiques (coupes des terrains) et hydrogéologiques (mesures de niveaux de nappe) acquises au droit du tracé par la Société du Grand Paris lors des missions géotechniques. Les données recherchées concernent principalement les perméabilités des différents horizons hydrogéologiques, les coupes géologiques renseignant sur l'épaisseur et la profondeur de ces horizons, les niveaux piézométriques et les prélèvements en nappe.

L'extension du domaine modélisé a été choisie pour représenter le tracé de la ligne 15 Sud la gare de Fort-d'Issy-Vanves-Clamart à la gare de Champigny Centre. Il comprend deux secteurs aux caractéristiques hydrogéologiques sensiblement différentes :

- Secteur 1 (Ouest) : le premier a une extension latérale comprise entre la rive droite de la Seine à Issy-les-Moulineaux et la vallée de la Bièvre à l'est. Il est caractérisé par la présence de la nappe des Calcaires grossier partiellement saturée et de productivité modérée que le tunnel et les ouvrages vont traverser.

- Secteur 2 (Est) : l'extension latérale du deuxième secteur est comprise entre la vallée de la Bièvre à l'ouest et le versant sud de la Marne vers Noisy-le-Champ. Il est caractérisé par la présence d'un aquifère productif et captif constitué par les Marnes et Caillasses et le Calcaire Grossier sous couvert des formations plus récentes comme les sables de Beauchamp et les calcaires de Saint-Ouen puis les alluvions de la Seine et de la Marne. Compte tenu de la position profonde du projet, les débits d'épuisement attendus sont assez importants malgré les solutions de réduction prévues. Dans ce secteur de plaine alluvial, le niveau de la nappe est par ailleurs peu profond.

Ce rapport présente une synthèse interprétative du contexte hydrogéologique ayant permis d'aboutir au schéma conceptuel retenu pour le modèle, la construction et le calage du modèle, et les résultats des simulations permettant d'estimer les incidences hydrogéologiques du projet.

5.3 Description de la zone d'étude et du projet

La Ligne 15 Sud entre les gares de Fort-d'Issy et de Champigny recoupe les départements des Hauts-de-Seine (92) et du Val de Marne (94). Ce tronçon comprend les sections T2 (à l'est de Villejuif) et T3 (à l'ouest de Villejuif) du projet de métro du Grand Paris, et comprend 12 gares. La zone étudiée spécifiquement dans le cadre de la présente étude correspond à la partie sud du tracé de la Ligne 15 Sud. Ce domaine étudié est représenté sur la Figure 30 suivante.

Le domaine étudié se situe à cheval sur le département de la Seine au nord (Paris), les Hauts-de-Seine à l'ouest et le département du Val-de-Marne au sud et à l'est. Cette zone, délimitée au nord par la Seine et la Marne représente, au plus large, environ 20 km du nord au sud et 27 km d'est en ouest.

Ce domaine est fortement urbanisé dans sa partie nord (arrondissements de Paris et communes d'Issy-les-Moulineaux, Ivry-sur-Seine, Maisons-Alfort, Maisons-Alfort, Saint-Maur), et modérément urbanisé dans ses parties centrales (par exemple : Clamart, Sceaux, Choisy-le-Roi) et sud (par exemple : Meudon, Verrières, Sucy en Brie).

5.3.1 Hydrographie

Dans le secteur étudié, le réseau hydrographique est essentiellement composé par la Seine et la Marne.

Le niveau de la Seine est contrôlé par le barrage de Suresnes dans sa partie aval (Alfortville et communes plus au nord et à l'ouest), et par le barrage du Port à l'Anglais dans la partie amont (Alfortville et communes plus au sud).

Le niveau de la Marne est contrôlé, en amont de la confluence, par l'écluse de Charenton.

Ainsi, en aval de Vitry-sur-Seine et de Charenton, et hors période de crue, le niveau d'eau de la Seine et de la Marne est constant et imposé à la cote de 26,73 NGF IGN69 (retenue normale de la Seine), afin de permettre sa navigation. En amont du barrage du Port à l'Anglais, le niveau de retenue normale de la Seine est imposé à la cote 29,66 NGF. En amont du barrage de Charenton, le niveau de la Marne est établi à 29,28 m NGF.

Le réseau hydrographique est, dans une moindre mesure, également caractérisé par

- La Bièvre, aujourd'hui canalisée (et couverte en aval d'Antony), mais dont l'ancien lit, partiellement remblayé dans le 13ème arrondissement, marque encore significativement la topographie du secteur nord du domaine étudié.

- le Morbras qui s'écoule d'est en ouest en rive gauche de la Marne, à travers les communes de Chennevières, Noiseau, Sucy et qui alimente la Marne à hauteur de Bonneuil ;

- l'Yerres qui s'écoule d'est en ouest en rive droite de la Seine, à travers les communes de Yerres, Crosne et qui alimente la Seine à hauteur de Villeneuve-Saint-Georges ;

- l'Orge et l'Yvette qui s'écoulent d'ouest en est en rive gauche de la Seine, depuis les communes de Champlan et Longjumeau jusqu'à Villeneuve-le-Roi où se trouve sa confluence avec la Seine.

5.3.2 Géologie

Le domaine étudié est caractérisé, sur ce secteur, par plusieurs éléments structurants, comme le montre la Figure 30 et la Figure 31. On peut ainsi définir globalement deux zones géographiques :

- au nord et à l'est: la plaine alluviale de la Seine (communes de Boulogne, Paris, Ivry-sur-Seine, Vitry, Maisons Alfort). Cette plaine d'inondation est caractérisée par une topographie relativement plane et la présence en surface des alluvions quaternaires, disposées en terrasses (alluvions de basse terrasse et de haute terrasse), et reposant sur le substratum tertiaire. Dans la vallée, ce substratum tertiaire est majoritairement constitué par les formations de l'Eocène moyen et inférieur.

  Ponctuellement, cette vallée alluviale est marquée par la présence de buttes topographiquement surélevées (montagne Sainte Geneviève, butte aux cailles, …), où affleurent les terrains du Bartonien (Eocène moyen).

- Du sud-est au sud-ouest, les plateaux tertiaires de Champigny (au sud-est), Villejuif (au sud) et de Meudon-Clamart (la limite de ce plateau se situe au niveau de Bagneux à l'ouest) surplombent les vallées de la Marne, la Seine et la Bièvre. Le sommet de ces plateaux tertiaires, armés par la formation des calcaires de Brie au sommet, est plus élevé d'environ 80 m que les vallées de la Seine et de la Marne.

La zone d'étude est également caractérisée par la présence de l'anticlinal de Meudon, qui affecte l'ensemble des couches tertiaires jusqu'à la craie du Secondaire, et dont l'axe est orienté globalement ouest-sud-ouest / est-nord-est (voir Figure 31). De fait, de part et d'autre de l'anticlinal, les couches géologiques tertiaires présentent un pendage significatif :

- au nord de l'anticlinal, le pendage est de l'ordre de 1,5 %, en direction du nord,

- au sud de l'anticlinal, le pendage est plus fort, de l'ordre de 2,5 %, en direction du sud-est.

La présence de cet anticlinal dans le secteur a pour conséquence l'affleurement des formations géologiques de la base de l'Eocène (formations de l'Yprésien) le long de l'axe de l'anticlinal, au niveau des vallées de la Seine, de la Bièvre et de la Marne.

La Figure 11, la Figure 32 et la Figure 33 présentent des coupes géologiques schématiques, orientées respectivement nord-sud et est-ouest. On constate notamment sur la coupe de la Figure 33 la diminution de l'épaisseur des sables yprésiens, puis leur disparition en direction du sud, c'est-à-dire au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'anticlinal de Meudon.

La coupe géologique type dans le secteur étudié comprend, de haut en bas, les formations suivantes. Cette coupe résulte d'une synthèse géologique établie sur la base des données de sondages disponibles auprès de la banque de données du sous-sol [2], de la synthèse géologique du BRGM [11], des cartes géologique au 1/5000 de l'IGC et des coupes de sondages associées [19], des archives de BURGEAP [14], du Mémoire de Mégnien [6], de la notice des cartes géologiques de Paris et de Corbeil [8] [9] et des nombreux sondages carottés réalisés dans le cadre des missions géotechniques effectuées pour la ligne 14 Sud [4] et pour la ligne 15 Sud [18][30][31] :

- remblais éventuels (notés X sur la carte géologique), sur une épaisseur variable, pouvant atteindre par endroits une dizaine de mètres et notamment à Paris, dans la vallée de la Bièvre ou au droit d'anciennes carrières à ciel ouvert remblayées (carrière de calcaires grossiers),

- alluvions récentes (F, Quaternaire) de la Seine et de la Bièvre, composées de limons sableux, parfois tourbeux et d'argiles sableuses, hétérogènes, sur une épaisseur de quelques mètres environ,

- alluvions anciennes (F, Quaternaire) de la Seine. Les alluvions de Seine sont composées de sables et graviers, d'épaisseur moyenne de l'ordre de 5 m à plus de 10 m environ. On notera que cette formation est particulièrement bien développée dans le secteur sud (Paris 13ème, Ivry-sur-Seine et Vitry-sur-Seine).

  Les alluvions anciennes de la Bièvre sont peu développées, de l'ordre de 1 à 3 m d'épaisseur, et sont constituée d'une alternance de sables et graviers, de sables argileux et d'argiles sableuses,

- sables de Fontainebleau (g2b, Stampien supérieur) : sables fins quartzeux, blanc-beiges à ocres. La base de cette formation est connue pour être plus argileuse. Au sommet de la butte de Villejuif, sous les remblais, l'épaisseur résiduelle de cette formation est de l'ordre de la dizaine de mètres,

- marnes à huitres (g2a, Stampien inférieur) : cette formation est constituée de marnes beiges à marrons, voire d'argiles, relativement compactes, sur 3 à 4 m d'épaisseur. La base de cette formation semble être plus calcareuse, voire sableuse,

- calcaire de Brie (g1b, Sannoisien supérieur) : marno-calcaire beige présentant localement des bancs de calcaire dur, fracturé. La base de cette formation semble être plus marneuse. L'épaisseur totale de cette formation est de l'ordre de 5 m,

- argile verte (g1a, Sannoisien inférieur) : formation d'argiles compactes, homogènes et plastiques, continue sur tout le plateau. La base a été reconnue comme étant des argiles légèrement sableuses et marneuses (glaises à Cyrènes). Ponctuellement, des bancs plus marneux peuvent être observés. Son épaisseur est de l'ordre de 6 à 8 m en ordre de grandeur,

- marnes supragypseuses (e7c, Ludien supérieur) : cette formation est subdivisée en 2 niveaux : les marnes de Pantin en tête et les marnes d'Argenteuil à la base. Les marnes de Pantin (marnes blanches) sont des marnes calcaires blanchâtres (voire parfois des calcaires marneux), de l'ordre de 5 m d'épaisseur. Les marnes d'Argenteuil (marnes bleues) présentent un faciès nettement plus argileux (marnes argileuses, voire argiles compactes). Ce second niveau présente notamment des bancs de gypse à la base. L'épaisseur des marnes d'Argenteuil est de l'ordre d'une douzaine de mètres environ,

- masses et marnes de gypse (e7b, Ludien moyen) : alternance de bancs marneux et de bancs de gypse. On distingue généralement 3 masses de gypse. En progressant vers le sud, ce faciès est progressivement remplacé par un faciès marno-calcaire (calcaire de Champigny). Les masses gypseuses ont été exploitées, le plus souvent en souterrain, dans le sud de Paris. L'épaisseur totale est de l'ordre d'une vingtaine de mètres,

- marnes infragypseuses (e7a, Marinésien supérieur et Ludien inférieur) : formation de marnes compactes contenant du gypse mais en quantité beaucoup moins importante que le niveau sus-jacent, d'épaisseur comprise entre 2 et 4 m. Cette formation est souvent associée aux masses et marnes de gypse,

- calcaires de Saint Ouen (e6b1, Marinésien inférieur) : alternance de calcaire franc et compact ou légèrement marneux et de passées nettement plus marneuses. Il peut également contenir des passées de calcaire très dur. L'ensemble est généralement fissuré. L'épaisseur moyenne dans le secteur est de l'ordre de 8 à 10 m mais peut atteindre par endroits près de 15 m dans le secteur,

- sables de Beauchamp (Auversien), composés de sables fins, plus ou moins argileux, consolidés par endroits (grésification), sur une épaisseur moyenne de l'ordre de 3 à 4 m dans le secteur. Il semblerait que les parties supérieure et inférieure de cette formation soient à dominante plutôt sableuse, tandis que la partie intermédiaire soit plutôt constituée de marnes sableuses, voire d'argiles sableuses,

- marnes et caillasses (e5d, Lutétien supérieur) : les marnes et caillasses sont constituées d'une alternance de bancs marneux et de bancs calcaires. Globalement, la partie supérieure de la formation est plutôt constituée de terrains marneux tandis que la base de la formation

présente un faciès plus calcaire (confirmant ainsi les observations de Mégnien [17]). L'épaisseur totale de cette formation est susceptible de varier entre 10 et 15 mètres environ. Toutefois, dans la vallée de la Seine, l'épaisseur résiduelle de cette formation est nettement plus faible, de l'ordre de quelques mètres, quand elle n'a pas été complètement érodée. On notera que la distinction, en forage, de l'interface entre les calcaires grossiers et les marnes et caillasses est assez difficile de par la proximité des faciès,

- calcaires grossiers (e5a-b, Lutétien inférieur), qui sont constitués d'une alternance de bancs calcaires durs et de bancs calcaires plus tendres, parfois marneux ou sableux. La base de cette formation est constituée de sables glauconieux verdâtres à cimentation calcaire, généralement peu perméables (glauconie grossière) et épais d'environ 3 m en moyenne. L'épaisseur totale de la formation des calcaires grossiers est de l'ordre d'une vingtaine de mètres,

- sables et argiles de l'Yprésien (e3-4c, b, à, Yprésien). Au centre du bassin de Paris, les formations de l'Yprésien sont généralement composées de la série suivante (de haut en bas) : argiles de Laon, sables de Cuise, fausses glaises, sables d'Auteuil, argiles plastiques, sables inférieurs.

Les argiles de Laon, argiles ligniteuses à sableuses noires et épaisses de quelques mètres au maximum, n'ont été reconnues en sondage (BSS) qu'à l'extrême nord du domaine étudié (4ème, 5ème et 6ème arrondissements de Paris).

De même, comme le montrent la carte de la Figure 31 et la coupe de la Figure 33, les formations sableuses de l'Yprésien (sables de Cuise et sables d'Auteuil) ne sont présentes que sur la partie nord du domaine étudié, où l'épaisseur cumulée de sables (sables de Cuise et sables d'Auteuil) peut atteindre une quinzaine de mètres.

Le secteur du tracé de la ligne 15 Sud se situe donc globalement au sud de la limite sud du faciès sableux de l'Yprésien : dans le secteur du tracé, les formations sableuses de l'Yprésien ne sont que peu (voire pas) représentées au sud de l'anticlinal de Meudon, présentes au mieux sous forme lenticulaire excepté dans le secteur de Vitry-sur Seine où les sables de Cuise réapparaissent d'après les relevés géotechniques réalisés pour la Société du Grand Paris [30] et les données de la BSS [2].

La formation des fausses glaises se biseaute également en allant vers le sud et disparait à proximité de l'axe de l'anticlinal de Meudon.

Seule la formation des argiles plastiques est continue sur l'ensemble du domaine étudié (à l'exception du secteur d'Ivry-sur-Seine, où les marnes de Meudon sub-affleurent directement sous les alluvions de la Seine, et d'un secteur isolé entre). En dehors de la vallée de la Seine, cette formation d'argiles compactes, plastiques, est épaisse d'une demi-dizaine à une vingtaine de mètres en ordre de grandeur.

On notera enfin que les investigations réalisées dans le cadre des missions géotechniques ont mis en évidence, localement, la présence, sous les argiles plastiques, de sables sur une dizaine de mètres d'épaisseur environ. Après recherche (BSS [8], BRGM [9]), il s'avère que cette formation s'étend de part et d'autre de l'anticlinal de Meudon. Au sud de l'anticlinal, une importante lacune semble exister jusqu'au sud du domaine modélisé (communes de Juvisy sur Orge et d'Igny) où l'on retrouve des sables inférieurs sur plusieurs mètres d'épaisseur. Cette lacune s'étendrait donc sur 5 km environ entre les secteurs du nord et du sud où les sables inférieurs ont été rencontrés en forage. L'âge de ce faciès, que l'on nommera par la suite « sables inférieurs », reste indéterminé [2],

- marnes et calcaires de Meudon (e1, Montien) : cette formation est constitué de calcaires durs granuleux, ou de calcaires cristallins durs et de marnes argileuses à rognons calcaires. L'épaisseur de cette formation est de l'ordre de 7-8 mètres environ. D'après les résultats des campagnes géotechniques et les données de la BSS, il semblerait que la partie supérieure de cette formation soit plutôt à dominante marneuse et argileuse, tandis que la base serait plus calcaire et crayeuse.

En effet, de part et d'autre de l'axe de l'anticlinal de Meudon (de Paris 13ème à Villejuif), les coupes des sondages recensés sur la BSS montrent, au sommet de cette formation, une couche d'environ 2-3 m d'argiles vertes compactes.

Nous distinguerons donc, dans le cadre de cette étude, les marnes de Meudon, à dominante argileuse, en tête de la formation du Montien, et épaisses d'environ 3 m, et les calcaires de Meudon, dans la partie inférieure de la formation, à dominante calcareuse, voire crayeuse, assimilable d'un point de vue hydrogéologique à la craie fracturée sous-jacente,

- craie blanche (c6, Campanien), qui peut être fracturée et plus tendre au sommet. L'épaisseur atteint quasiment 400 mètres à Ivry-sur-Seine. On notera que la distinction, en forage, de l'interface entre les calcaires de Meudon et la craie est parfois assez difficile, de par la proximité des faciès.

L'ouvrage souterrain de la Ligne 15 Sud, s'insère à l'est dans les Calcaires Grossiers du Lutétien à hauteur de la gare de Champigny-Centre, traverse ensuite les Argiles Plastiques sous la Marne, et rejoint le Lutétien dans la Plaine de Vitry (Figure 32). La ligne remonte ensuite progressivement dans les Masses et Marnes du Gypse sous le Plateau de Villejuif, puis passe progressivement du Lutétien à l'Argile Plastique entre la vallée de la Bièvre et Fort d'Issy (Figure 33).

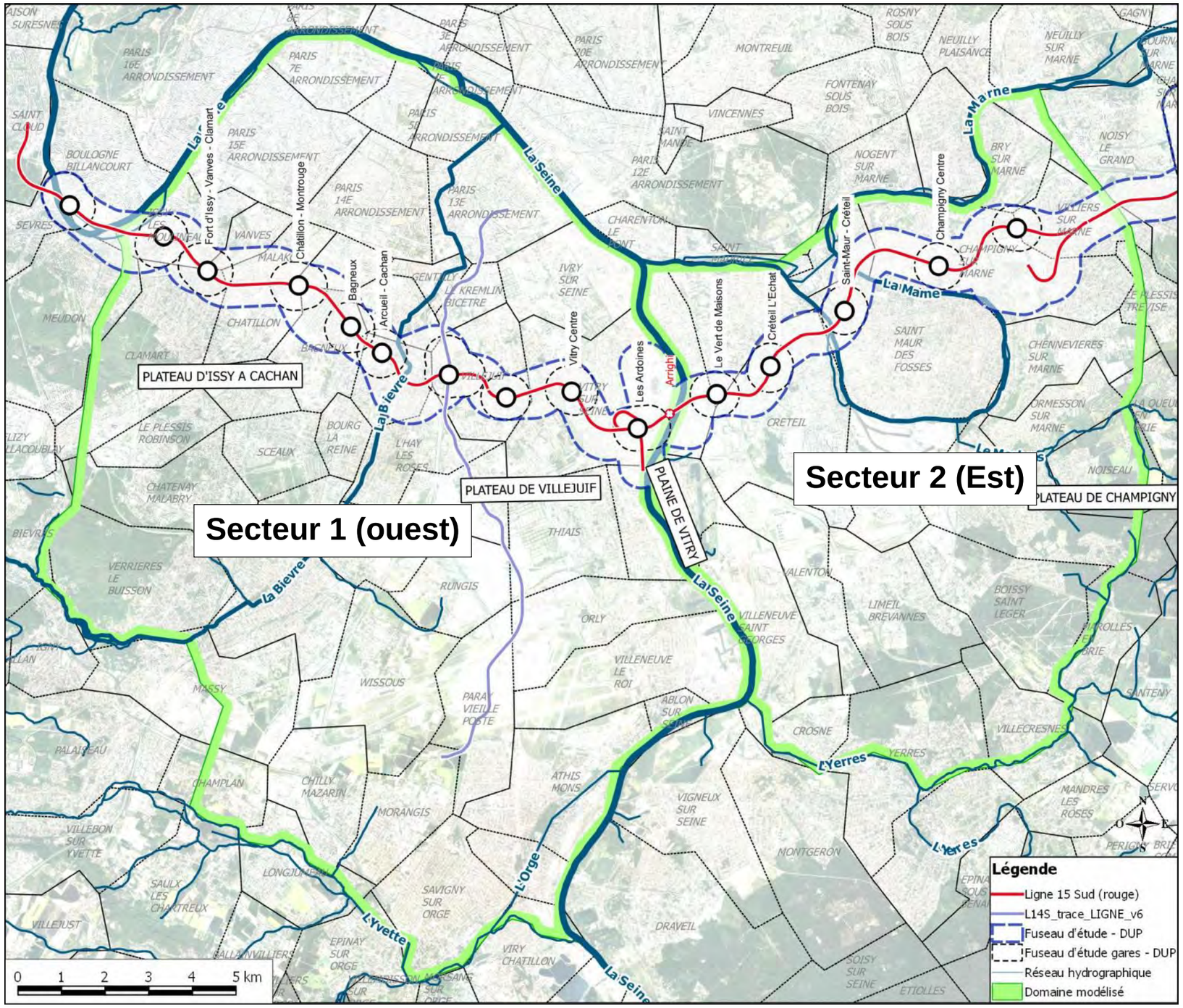


Figure 30 : Localisation du secteur d'étude

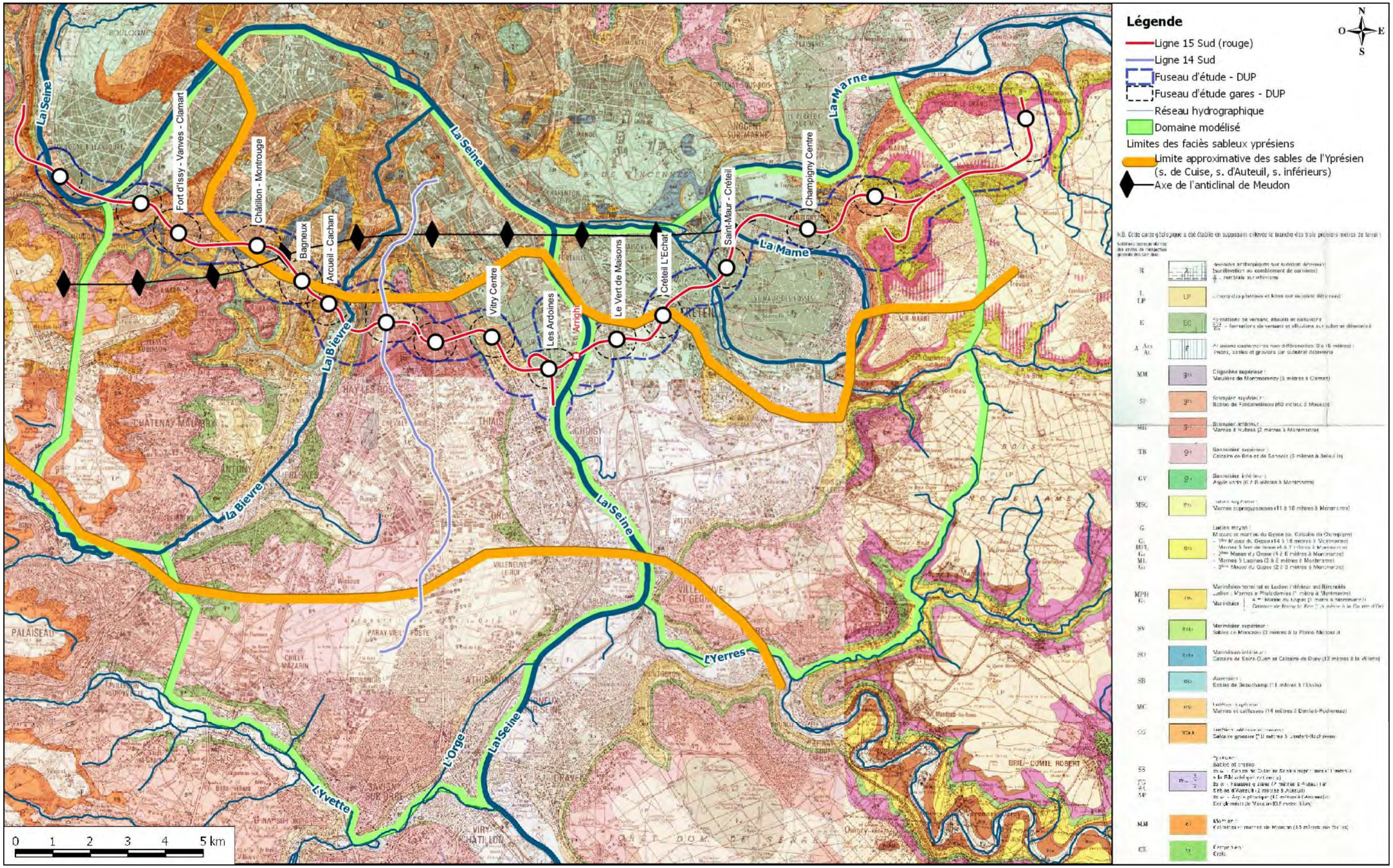
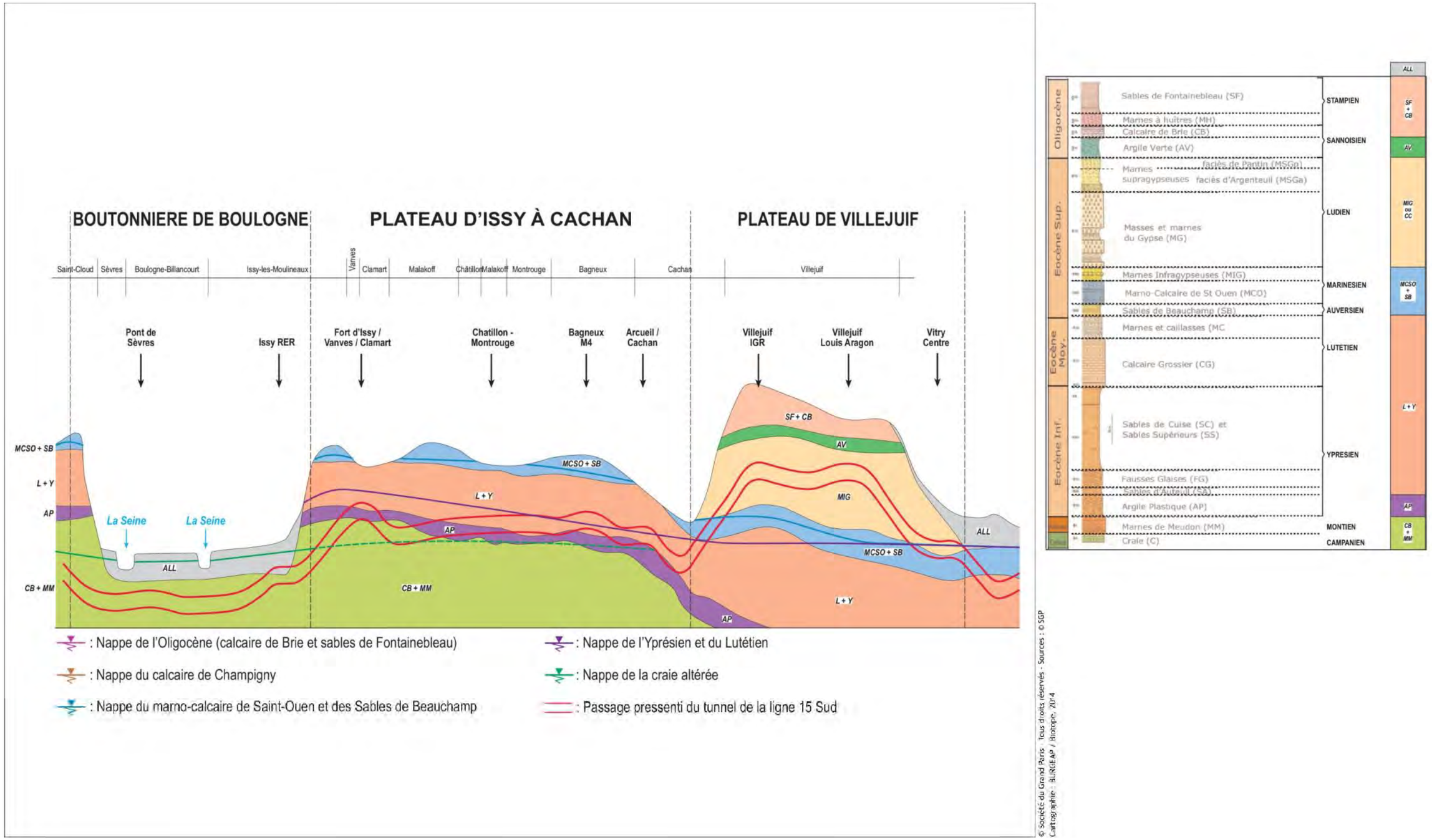


Figure 31 : Contexte géologique du secteur d'étude (extrait de la carte géologique au 1/25 000 de Paris, BRGM [8]) et limites d'extension des



© Société du Grand Paris - Tous droits réservés - Sources : © SGP
Cartographie : BURGEAP / Historique 2014

Figure 32 : Coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud – Partie occidentale de l'aire d'étude

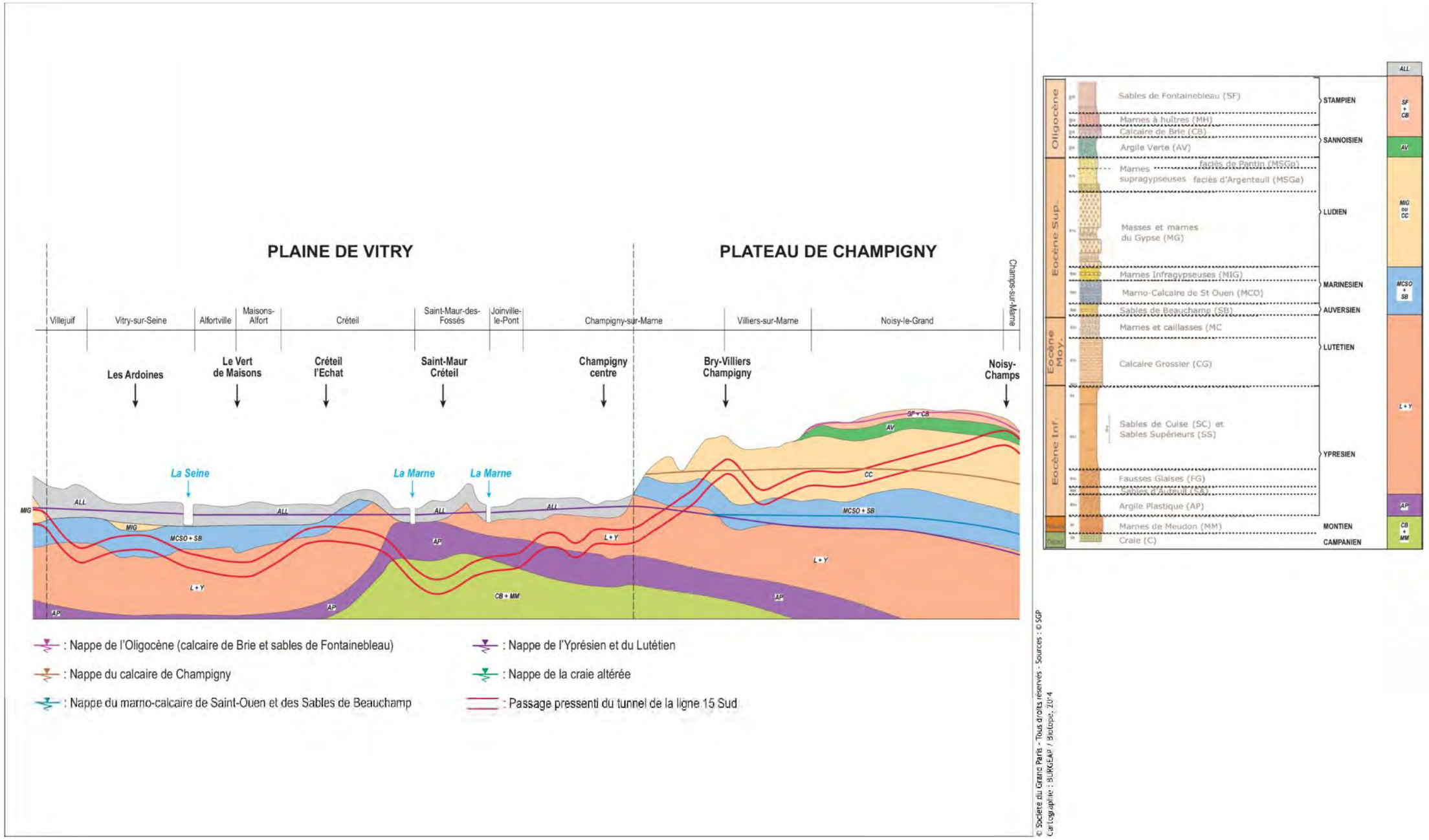


Figure 33 : Coupe géologique simplifiée au droit de la Ligne 15 Sud – Partie orientale de l'aire d'étude

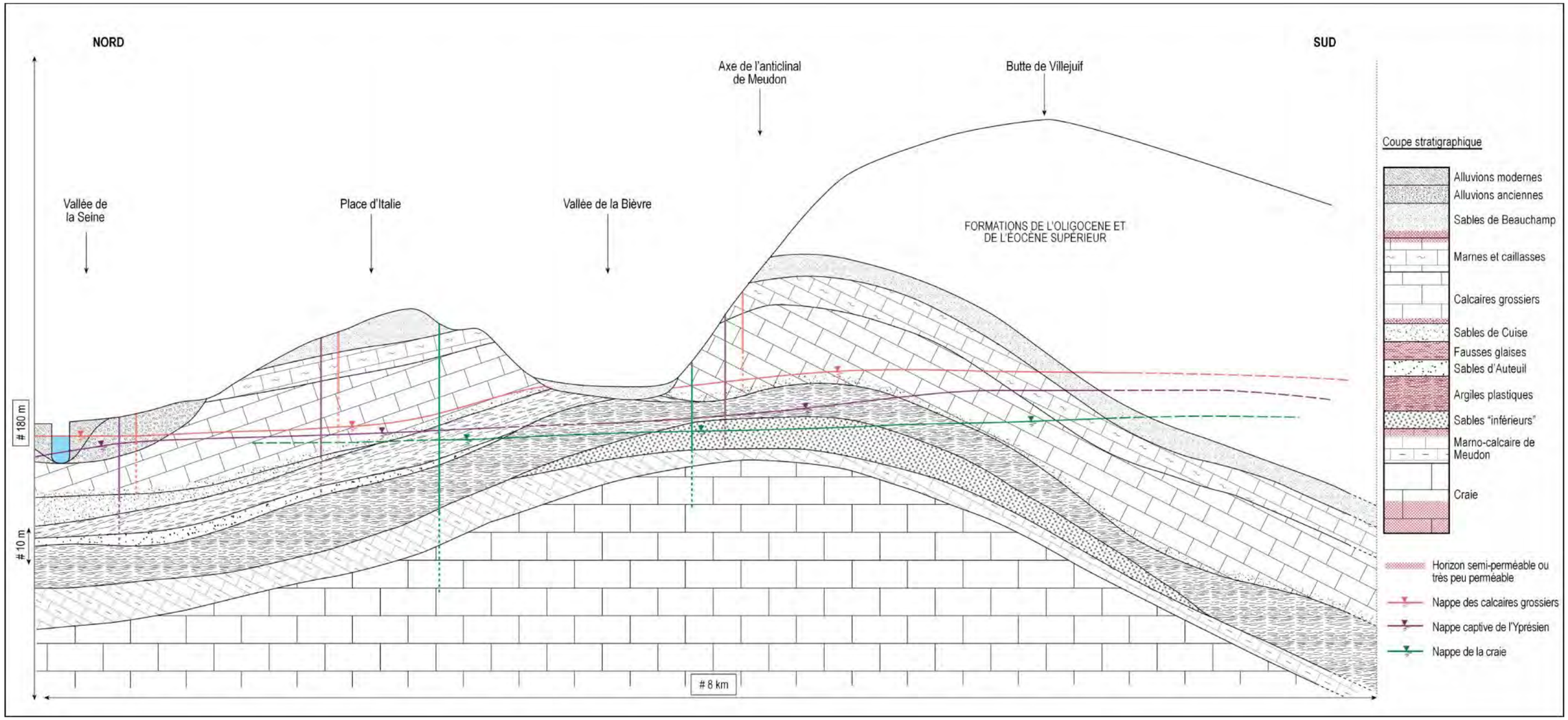


Figure 34 : Coupe géologique schématique Nord - Sud

5.3.3 Hydrogéologie

5.3.3.1 Description des aquifères en présence

La série géologique présentée précédemment est constituée d'une alternance d'horizons perméables et d'horizons semi-perméables à très peu perméables. Ainsi, du fait de ces variations lithologiques, le secteur étudié est caractérisé par une succession d'horizons aquifères plus ou moins perméables (saturés ou non), entre lesquels s'intercalent des horizons semi-perméables à très peu perméables, constituant ainsi autant de « murs » pour les aquifères sus-jacents.

Ainsi, dans ce contexte, on distingue les formations aquifères suivantes, comme le montre le schéma hydrogéologique conceptuel de la Figure 35 :

- sur le plateau de Villejuif, les sables de Fontainebleau et le Marno-calcaire de Brie constituent les premiers réservoirs aquifères, de productivité modérée (les sables sont à perméabilité d'interstices tandis que les calcaires sont à perméabilité de fractures). L'interface semi-perméable constituée par les Marnes à Huîtres est susceptible de séparer hydrauliquement assez significativement ces deux magasins, comme l'ont montré les mesures piézométriques réalisées dans le cadre des missions géotechniques [4] (différences de charge de plus de 5 m entre les deux magasins). La nappe des sables de Fontainebleau, à surface libre, ainsi que la nappe des calcaires de Brie, au-delà des limites d'extension des marnes à huitres, sont directement alimentées par la pluie utile (et par les pertes de réseau) sur le plateau et sont drainées, pour partie, latéralement au niveau des affleurements des argiles vertes, de part et d'autre du plateau, et verticalement par infiltration à travers les argiles vertes. Ces nappes perchées s'écoulent globalement, en direction du sud, suivant la topographie et le pendage des argiles vertes,

- les formations des Marnes de Pantin, plutôt peu perméables, renferment également une nappe, comme l'ont montré les mesures réalisées durant les missions géotechniques [4]. Le niveau de cette nappe est légèrement en charge par endroits sous les argiles vertes (nappe captive). Le mur de cette nappe, à perméabilité de fractures, est constitué par les formations nettement plus marneuses (et donc moins perméables) des marnes d'Argenteuil. Cet aquifère est vraisemblablement alimenté essentiellement par les infiltrations verticales depuis le réservoir sus-jacent (infiltrations depuis les calcaires de Brie à travers les argiles vertes).

  A ce stade, nous ignorons si les terrains sous-jacents aux marnes d'Argenteuil (masses et marnes de gypse, marnes infragypseuses) sont saturés ou non et, s'ils le sont, à quelle charge. Quelques données ponctuelles à flanc de coteau, issues des archives de Burgeap [14], semblent toutefois indiquer l'existence d'une frange saturée à la base des Masses et Marnes du gypse (zone appelée « nappe du gypse »), reposant sur les marnes infragypseuses, dans le secteur de Fontenay-aux-Roses et Chatillon. Cette frange saturée serait assez peu épaisse (quelques mètres d'épaisseur saturée au maximum),

- les Calcaires de Champigny s'étendent sur la partie est du domaine modélisé et au-delà ont intégrés au système multi-aquifère de la Brie. Les mesures de niveau de nappe indiquent un décrochement piézométrique supérieur à 10 mètres entre le Lutétien et les Calcaires de Champigny le long du tracé. Ce décrochement est justifié par la présence d'épontes peu perméables comme les Sables de Beauchamp intermédiaires et le toit marneux du Lutétien.

- le calcaire de Saint-Ouen et les sables de Beauchamp renferment également une nappe, alimentée par la pluie utile dans les zones d'affleurement et par les infiltrations pouvant traverser les murs des réservoirs aquifères sus-jacents dans les zones sous recouvrement (sous le plateau). La moitié inférieure des sables de Beauchamp, plutôt argileuse et donc peu perméable et le toit marneux des Marnes et Caillasses constituent le « mur » de cet aquifère.

  Les eaux de cette nappe, à surface libre a priori en bordure de plateau, se ré-infiltrent dans les formations sous-jacentes, soit verticalement à travers son mur, soit le long des limites d'extension de l'aquifère,

- la base des Marnes et caillasses et les calcaires grossiers constituent un aquifère à perméabilité de fissures. Cet aquifère est une ressource exploitée en Ile-de-France pour différents usages (industriels, eau potable, géothermie). Il semblerait que la productivité de ce réservoir soit essentiellement contenue dans la partie inférieure des Marnes et Caillasses et le sommet des calcaires grossiers (Mégnien [6]). La base des calcaires grossiers, glauconieuse, est généralement assez peu perméable et constitue un frein hydraulique avec l'aquifère yprésien sous-jacent.

- Dans la partie occidentale du tracé l'épaisseur saturée des terrains lutétiens est très réduite, de l'ordre de quelques mètres d'épaisseur, comme le montre la coupe géologique (Figure 32) : dans ce secteur, seule la base glauconieuse des Calcaires grossiers peut être complètement saturée et la nappe est libre. Dans la plaine de Vitry toute l'épaisseur du Lutétien est en permanence saturée sous la couverture tertiaire et quaternaire, excepté à l'intersection du tracé avec la Marne, où la base du Lutétien remonte fortement et où la formation se retrouve parfois complètement érodée. La nappe des Calcaires Grossiers est donc majoritairement captive dans la plaine de Vitry.

  La nappe des calcaires grossiers est alimentée :

  - o par la pluie utile au niveau de ses zones d'affleurement, soit au-delà des zones de couverture par les plateaux de Villejuif et de Meudon,

  - o sous les plateaux, par les infiltrations issues des terrains aquifères sus-jacents, à travers les horizons semi-perméables,

  - o en bordure de plateau, au niveau des coteaux, par le ruissellement et la réinfiltration des eaux issues des réservoirs perchés sur les horizons semi-perméables comme le montre la Figure 35. Ceci provoque donc, au niveau des flancs de coteaux, une concentration de l'alimentation par la pluie utile, car la pluie utile collectée en amont sur le plateau se réinfiltre sur une surface limitée aux flancs des coteaux,

  - o par la Seine et la Marne, via le réservoir tampon des alluvions, au niveau des zones de dépression piézométrique engendrée par les exploitations de nappe diverses. On notera également que, en dehors de ces zones de « pertes », la nappe des calcaires grossiers est drainée par la Seine (hors période de crue), ainsi que par la vallée de la Bièvre, exutoires naturels de l'aquifère.

  En dehors des exploitations de cette nappe, l'exutoire naturel principal de cette nappe est constitué par la Seine (hors période de crue).

- les formations sableuses de l'Yprésien présentent, dans le secteur du domaine étudié, des lacunes, comme le montre la Figure 31 :

    - dans la partie nord du domaine étudié, et dans le secteur sud-est, sous la glauconie grossière et une couche d'argiles ligniteuses (argiles de Laon, seulement identifiées à l'extrême nord du domaine étudié), ces terrains sont constitués en tête d'une dizaine, voire d'une quinzaine de mètres de sables assez propres et perméables (sables de Cuise et d'Auteuil), séparés par la formation des fausses glaises. Cet aquifère sableux, à perméabilité d'interstices, est le siège d'une nappe, captive sous la glauconie grossière. Cette nappe fait l'objet d'une exploitation relativement intensive en rive droite de la Seine pour l'exhaure d'infrastructures, tout comme d'ailleurs la nappe des calcaires grossiers, ce qui a pour conséquence une importante dépression piézométrique centrée sur un secteur entre Saint-Lazare (gare Eole) et Châtelet (Les Halles), et qui a des répercussions piézométriques jusqu'en rive gauche de la Seine.

      Les relations hydrauliques entre la nappe des calcaires grossiers et celle des sables yprésiens sont conditionnées et limitées par la base glauconieuse des calcaires grossiers plutôt peu perméable, et le sommet argileux de l'Yprésien,

    - dans la partie sud du domaine, ces formations sableuses disparaissent progressivement, et les terrains yprésiens sont alors essentiellement constitués par la formation des argiles plastiques.

      Cependant, dans le secteur de l'axe de l'anticlinal de Meudon ainsi que dans la partie sud du domaine modélisé, un horizon de sables a été mis en évidence sous les argiles plastiques. Cet horizon sableux est le siège d'une nappe à perméabilité d'interstices et essentiellement captive, sous les argiles plastiques,

- les calcaires de Meudon (sous les marnes de Meudon), ainsi que la partie supérieure de la craie, sont également le siège d'une nappe. Cette nappe est faiblement alimentée par les infiltrations issues des aquifères sus-jacents, à travers les argiles plastiques et les marnes de Meudon et, à l'échelle plus régionale, par les précipitations sur les zones d'affleurement situées en bordure du bassin parisien et au droit des « boutonnières » (zones d'affleurement de la craie sous alluvions) comme à Boulogne-Billancourt ou à Croissy-sur-Seine. Cette nappe, à perméabilité de fractures, est généralement peu productive lorsqu'elle est recouverte de terrains tertiaires, comme dans le secteur d'étude. Les essais au micro-moulinet réalisés au sein de cette formation dans le secteur [14] montrent que seuls les premiers mètres de l'aquifère (calcaires de Meudon et sommet de la craie confondus) sont productifs. En l'absence de couverture tertiaire la craie fracturée comme c'est le cas dans le secteur de Boulogne, peut présenter une épaisseur supérieure à 10 mètres. Ailleurs, l'épaisseur est limitée à 5 mètres environ.

  Cette nappe, limitée à la base par la craie saine, peu ou pas fracturée, est captive sous les marnes de Meudon.

- enfin, en bord de Seine et de Marne et le long de la vallée de la Bièvre, les alluvions des cours d'eau participent également aux écoulements souterrains en jouant un rôle de transit hydraulique entre le cours d'eau et l'aquifère sous-jacent qu'elles recouvrent. En particulier, les aquifères des alluvions de la Seine et de la Marne constituent un aquifère relativement puissant, sur une épaisseur saturée de l'ordre de 3 à 12 m.

  Cet aquifère, à perméabilité d'interstices, est le siège d'une nappe libre (ou semi-captive sous les alluvions modernes), en communication hydraulique directe avec le fleuve : en période d'étiage, la nappe alluviale, alimentée par la nappe des calcaires grossiers sous-jacente et par la pluie utile, alimente le fleuve, tandis qu'en cas de crue de Seine, c'est le fleuve qui réalimente la nappe.

  Les échanges entre la nappe alluviale et la Seine sont contrôlés par le colmatage des berges et du lit de la Seine. Ce colmatage peut être naturel (dépôts de fines, de limons, …) ou lié à l'imperméabilisation anthropique (confortement des berges ou des quais).

A l'état naturel, et hors période de crue, l'exutoire final de l'ensemble des aquifères précédemment mentionnés est constitué par la Seine, soit directement au niveau des affleurements des formations et via les alluvions (cas de la nappe des calcaires grossiers), soit par drainance verticale ascendante à travers les différents horizons géologiques (cas de la nappe des sables yprésiens ou de la nappe des calcaires de Meudon et de la craie).

Actuellement, les différents aquifères et en particulier le Lutétien et l'Yprésien sont exploités au niveau de Paris, essentiellement dans le cadre de la mise hors d'eau d'infrastructures. De fait, l'ensemble de ces prélèvements constitue un second exutoire pour les nappes aquifères.

En définitive, le domaine modélisé est caractérisé par une succession de multiples magasins aquifères superposés, en relation hydraulique les uns avec les autres, et dont l'intensité des échanges dépend des contrastes de perméabilités verticales et horizontales entre les différentes couches.

Le tracé recoupe ces différents magasins aquifères depuis le Marno-calcaire de Meudon jusqu'aux Marnes supragypseuses lors de la remontée du tunnel entre les gares Kremlin-Bicêtre Hôpital et Villejuif Institut Gustave Roussy.

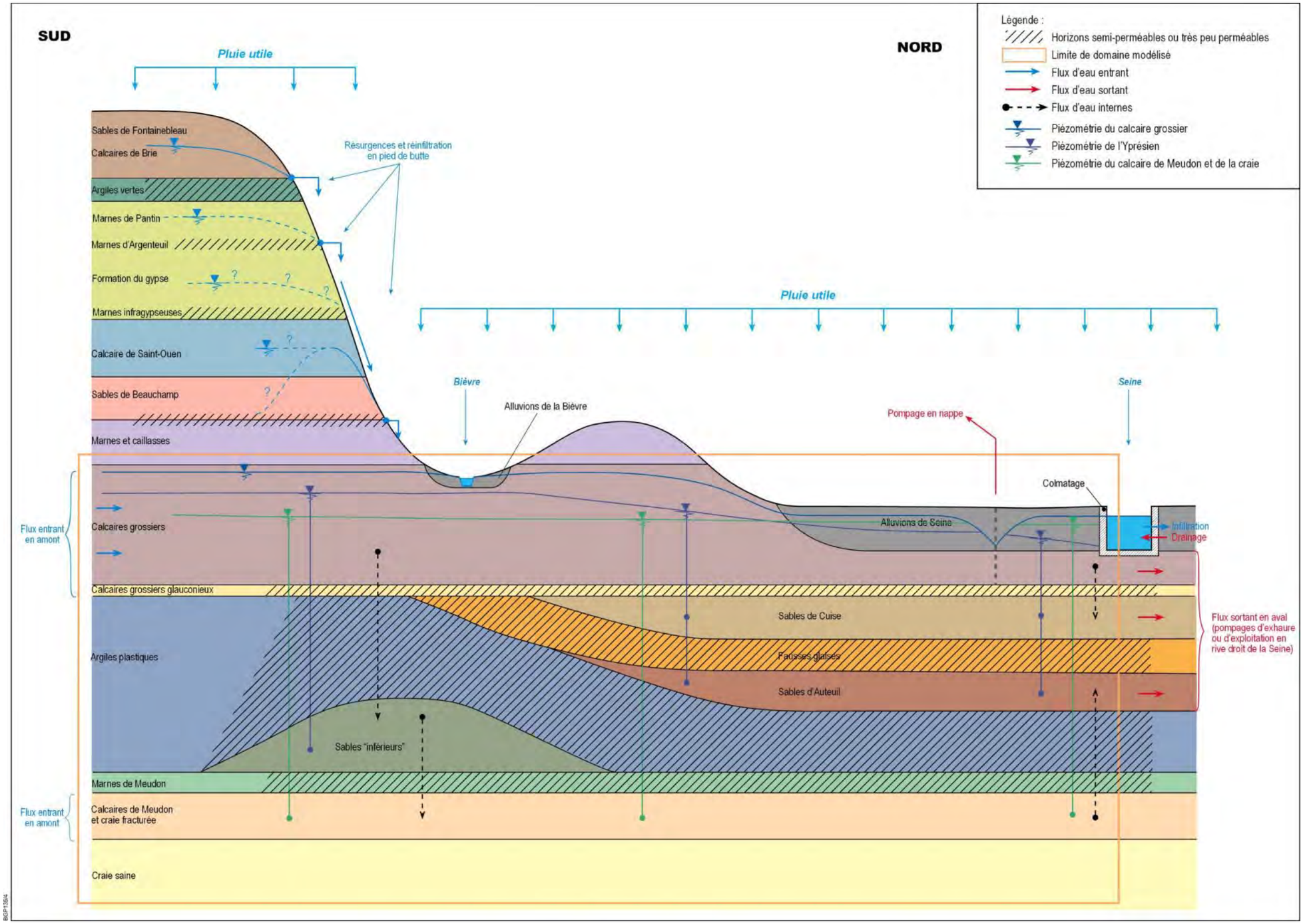


Figure 35 : Schéma hydrogéologique conceptuel

5.3.3.2 Aquifères considérés dans le cadre de la présente étude

L'objectif principal du modèle est d'évaluer l'impact de la Ligne 15 sud au niveau de ces deux secteurs :

- dans le secteur1, c'est-à-dire la partie occidentale de Fort d'Issy à la Vallée de la Bièvre, le tunnel s'inscrit essentiellement dans l'aquifère des calcaires grossiers (également formations de l'Yprésien et du marno-calcaire de Meudon), qui présente une épaisseur saturée relativement faible, de l'ordre de quelques mètres. Le risque d'effet de barrage est donc une problématique potentiellement sensible pour cet aquifère,

- dans le secteur 2, c'est-à-dire la plaine de Vitry entre Vitry et Champigny, où le tunnel traverse le Lutétien, les Sables de Beauchamp et les Calcaires de Saint-Ouen. Les stations sont principalement encrées dans l'Yprésien ou la craie saine ou bien comprennent des jupes ou fonds injectés dans le Lutétien. Les impacts piézométriques doivent donc être évalués dans la nappe phréatique, la nappe des Calcaires Grossier et la nappe de la craie.

Deux autres secteurs sont compris dans le modèle mais ne font néanmoins pas l'objet d'évaluation des impacts :

- dans la partie du plateau de Villejuif, le tracé intercepte essentiellement les marnes d'Argenteuil, très peu perméables, ou les marnes de Pantin, aquifère de faible productivité, et non exploité. Ces nappes sont considérées comme perchées et ne sont pas modélisées par le modèle numérique mais de manière analytique. Les enjeux et l'évaluation des impacts pour ce secteur sont présentés dans l'étude d'impact,

- dans la partie orientale située à l'est de Champigny, le tunnel stagne dans les calcaires de Champigny. Les Calcaires de Champigny sont relativement bien isolés du Lutétien par les formations peu perméables traversées (et notamment les Sables de Beauchamp intermédiaires et la partie supérieure des Marnes et Caillasses). Cette nappe est donc considérée comme perchée et n'est pas modélisée telle quelle par le modèle numérique. Les enjeux et les impacts qui sont évalués de manière analytique pour ce secteur sont présentés dans l'étude d'impact.

Nous avons donc choisi de ne pas représenter dans ce modèle les formations aquifères abritant des nappes perchées toutefois, leur présence et leur influence sur l'alimentation en eau des aquifères sous-jacents seront prises en compte.

Le tracé interceptera donc les formations géologiques situées entre la craie ou le Marno-calcaire de Meudon et les Marnes et Caillasses. Ce sont donc ces étages qui ont été représentés parmi l'ensemble de la série (avec les alluvions), comme indiqué sur la Figure 35. Les couches géologiques qui ont été considérées dans le cadre des travaux de modélisation sont ainsi les suivantes :

- alluvions récentes et anciennes de la Seine, de la Marne ou de la Bièvre (aquifère),
- calcaires de Saint-Ouen (aquifère),
- sables de Beauchamp supérieurs (aquifère),
- sables de Beauchamp intermédiaires (semi-perméable),
- sables de Beauchamp inférieurs (aquifère),
- marnes et caillasses (aquifère),
- calcaire grossier moyen et supérieur fissuré (aquifère),
- calcaire grossier inférieur glauconieux (semi-perméable),
- sables de Cuise (aquifère),
- fausses glaises (semi-perméable),
- sables d'Auteuil (aquifère),
- argiles plastiques (semi-perméable),
- sables inférieurs (aquifère),
- marnes de Meudon (semi-perméable),
- calcaire de Meudon et sommet de la craie (aquifère),
- craie saine, peu ou pas fissurée (semi-perméable).

Les caractéristiques de ces formations seront donc présentées dans cette étude.

5.3.3.3 Piézométrie

Plusieurs cartes piézométriques anciennes ont été réalisées dans le secteur étudié. Citons notamment la carte hydrogéologique de la feuille de Paris au 1/25 000 [5], la carte piézométrique de la nappe des calcaires grossiers pour la période 1960-1965 de la feuille de Paris [11] au 1/25 000, ainsi que celle du rapport R.160 de Burgeap [14] (échelle 1/100 000, 1974).

Toutefois, ces cartes piézométriques sont relativement anciennes et n'intéressent que la nappe des calcaires grossiers. Les cartes piézométriques des nappes du Lutétien, de l'Yprésien et du Montien-craie ont donc été établies à l'échelle du secteur d'étude, sur la base des mesures piézométriques suivantes :

- mesures piézométriques réalisées dans le cadre de la mission G11 des lignes 14 sud [4] et 15 sud [18], entre 2012 et 2014,

- mesures piézométriques effectuées par Burgeap lors de différentes études dans le secteur étudié [14]. Les dates de mesures sont comprises entre 1991 et 2012, et ne sont donc pas synchrones,

- données piézométriques de la BSS [2]. Les dates de mesures sont comprises entre le début du XXème siècle et 2006, et ne sont donc pas synchrones. Nous avons toutefois taché d'intégrer la variabilité des cotes piézométriques dans le tracé des cartes piézométriques,

- données piézométriques des cartes géologiques de Paris au 1/5 000 [19].

Les Figure 13 et Figure 14 présentent respectivement les cartes piézométriques interprétatives de la nappe phréatique et de la nappe du Lutétien et Yprésien. Ces cartes restent approximatives dans la mesure où les données d'entrée ne sont pas synchrones et où l'on ne dispose pas systématiquement de points de mesure piézométrique dans tous les secteurs du domaine étudié. C'est particulièrement le cas dans le secteur sud du domaine étudié, lorsque les couches géologiques sont plus profondes, comme sous le plateau de Villejuif, et où les forages et piézomètres sont moins nombreux qu'au nord dans le secteur du projet et de Paris.

Toutefois, elles fournissent une image globale assez satisfaisante des écoulements souterrains.

Il apparaît les éléments suivants :

- dans la Plaine de Vitry et de Saint-Maur :

  Dans le domaine de la plaine alluviale de Vitry et de Saint-Maur et lorsque les calcaires sont sous recouvrement par les alluvions anciennes, la piézométrie présente un gradient globalement faible, de l'ordre de 0,5 mm/m. Le gradient global dans les alluvions est équivalent voire plus faible. La nappe présente un écoulement homogène en direction de la

Seine, qui la draine. Des secteurs particuliers présentent des gradients locaux qui diffèrent du gradient global :

- o dans les secteurs qui interceptent une importante quantité d'eau qui ruissèle des plateaux et s'infiltrent en pied de coteaux, les gradients de la nappe phréatique sont supérieurs à 10 mm/m (à proximité de Vitry par exemple),

- o à Saint-Maur le gradient est de l'ordre de 5 mm/m, et traduit vraisemblablement l'alimentation de la nappe par la partie amont de la Marne,

- dans la Vallée de la Bièvre :

  La nappe des calcaires grossiers et la nappe phréatique sont en équilibre dans la vallée de la Bièvre. La nappe des calcaires grossiers est en effet drainée par les formations alluviales de la Bièvre de manière assez marquée, les isopièzes épousant le tracé de la vallée. Le gradient est de l'ordre de 1 mm/m entre Arcueil Cachan et la limite sud de Paris vers où sont dirigées les eaux drainées par la Bièvre.

- entre Arcueil Cachan et Fort d'Issy :

  La nappe phréatique, perchée dans les niveaux perméables du Calcaire de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp supérieurs, et la nappe des calcaires grossiers sont déconnectées. La nappe des calcaires grossiers forme un dôme piézométrique qui alimente à la fois le secteur de Boulogne à l'ouest, Paris vers le nord et la vallée de la Bièvre vers l'est. Le gradient est compris entre 20 mm/m dans la partie amont du dôme et 10 mm/an dans sa partie aval.

- piézométrie des calcaires de Meudon et de la craie

  La nappe des calcaires de Meudon et de la craie est bien différenciée des nappes phréatiques et du Lutétien, excepté dans le secteur de Boulogne du fait de l'absence d'épontes très peu perméables intermédiaires. Les niveaux piézométriques dans la Craie sont nettement plus bas que ceux des calcaires grossiers ailleurs que Boulogne. Sous Fort d'Issy, par exemple (voire coupe en Figure 32), les niveaux dans la nappe de la craie sont 30 à 10 mètres plus bas que ceux des Calcaires Grossiers. A Kremlin-Bicêtre, cette différence est de 5 mètres.

  L'existence d'une telle différence de charge, sur l'ensemble du domaine et en l'absence de prélèvements significatifs dans la nappe des calcaires de Meudon et de la craie, s'explique très vraisemblablement par le fait que le toit de l'aquifère (marnes de Meudon, constituées au sommet d'une couche compacte de marnes et d'argiles vertes) est continu, homogène et très peu perméable.

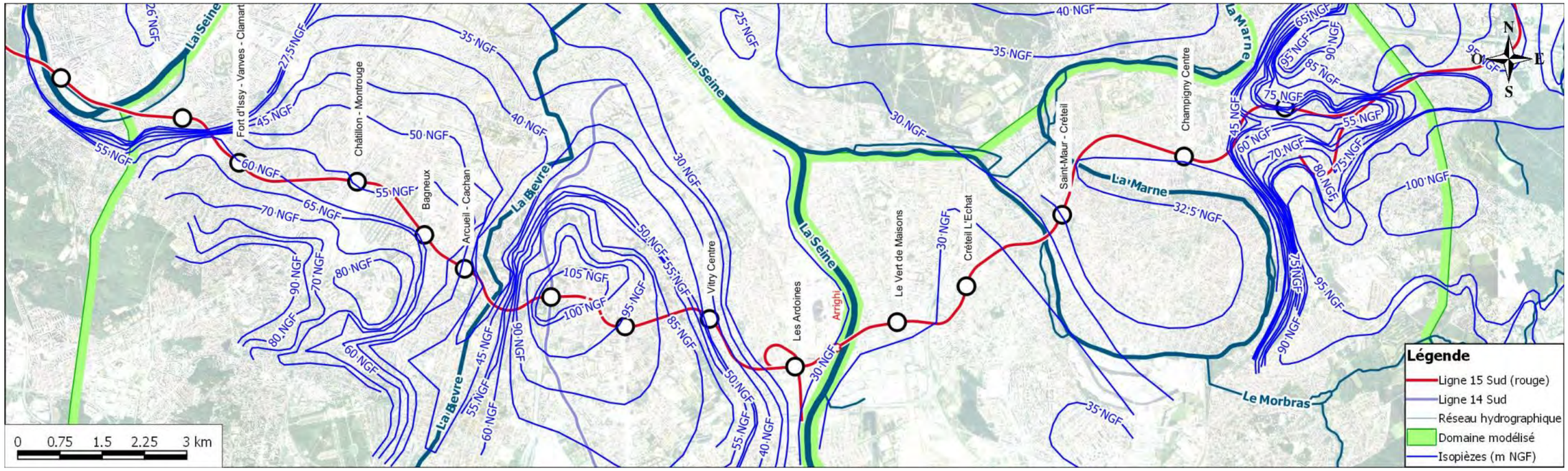


Figure 36 : Carte piézométrique interprétative de la nappe phréatique

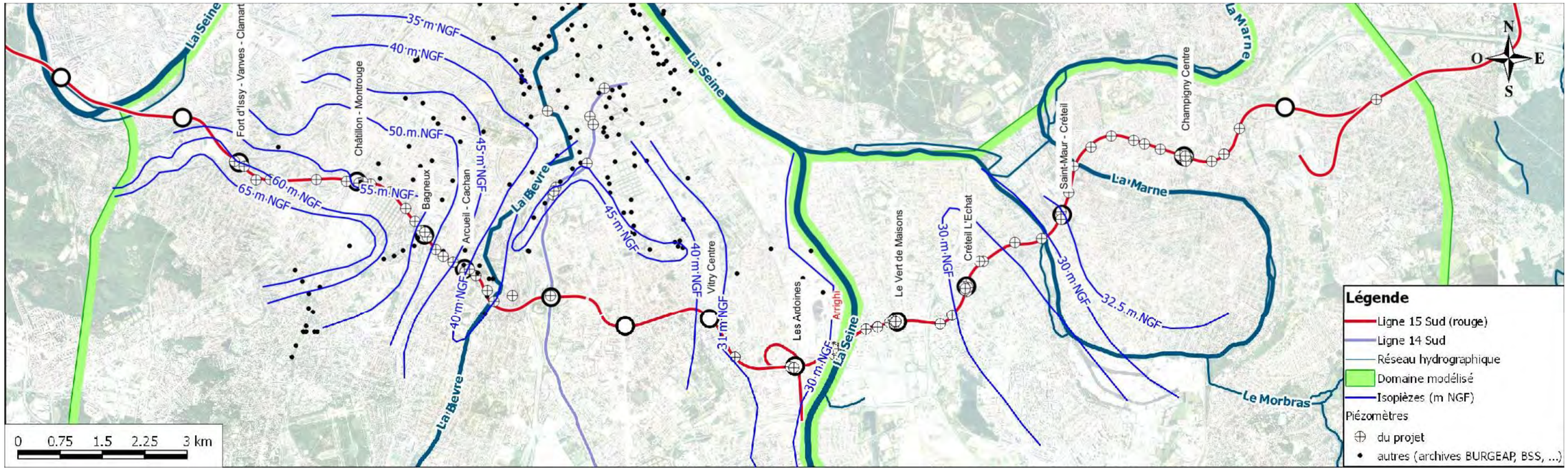


Figure 37 : Carte piézométrique interprétative de la nappe de l'Yprésien et du Lutétien

5.3.3.4 Alimentation par la pluie utile

L'ensemble des aquifères du secteur étudié sont alimentés, au droit de leur zone d'affleurement par la pluie utile.

D'après les données recueillies auprès de la station de Paris Montsouris de METEO FRANCE [23], la valeur moyenne de la pluie utile sur la période 1982-2014, soit sur les 30 dernières années, s'élève à 130 mm/an soit environ 4,2 l/s/km². Cette pluie utile est basée sur une approche de type bilan hydrologique au niveau du sol avec prise en compte d'une réserve hydrique qui est alternativement rechargée en saison des pluies et vidangée pendant les saisons les plus chaudes. Dans un milieu urbain ceci est assez directement applicable à des sols de parcs, jardins voire des secteurs pavés. Ailleurs, le mécanisme de la recharge des nappes en milieu urbain est plus compliqué, en raison de l'imperméabilisation des sols, de la présence de réseaux qui à la fois drainent et rechargent la nappe, ainsi que de puisards.

La recharge en milieu est donc un phénomène complexe et difficile à estimer. Monnier [24] a toutefois mise en évidence, sur la base de l'étude historique et actualisée du débit des sources du nord-est de Paris, que la recharge de la nappe entre le XVIIème siècle et la période actuelle était proche voire légèrement supérieure malgré l'urbanisation marquée au XXème siècle (90% de la surface du bassin-versant étudié par Monnier étant désormais urbanisé). Ces observations sont interprétées comme étant la conséquence d'une compensation de la perte de la capacité théorique de l'alimentation des nappes par des fuites qui participeraient significativement à la recharge. La thèse d'Aurélie Lamé [20] tend également à montrer par des calculs théoriques pour différents types d'occupation des sols (cours, rues, etc.) que la recharge peut y être significativement plus importante que la pluie efficace théorique.

Sur la base de l'étude de l'évolution des débits des sources du Nord, il a été considéré que la recharge en milieu urbain était sensiblement identique à la pluie efficace théorique.

Le

Graphique 62 suivant présente l'évolution de la pluie utile sur la période 1982-2014. On constate que les dernières années hydrologiques ont été inférieures à la moyenne (130 mm/an), excepté l'année 2012-2013 qui a été significativement plus pluvieuse (153 mm/an).

Nous considèrerons que la pluie utile tombant sur les plateaux de couverture se ré-infiltre dans la nappe des calcaires grossiers seulement au niveau des coteaux, ce qui provoque ainsi une concentration de l'alimentation sur une surface relativement étroite, comme le schématise la Figure 35.

5.3.3.5 Paramètres hydrodynamiques

Le Tableau 48 suivant présente les valeurs de perméabilité correspondant aux différentes formations présentes dans le secteur étudié.

Ces valeurs sont issues d'une synthèse bibliographique, réalisée sur la base des éléments suivants : archives de BURGEAP (résultats d'essais d'eau, résultats de modélisation, …) [14], essais de pompage réalisés par la Société du Grand Paris à Issy, mémoire de Mégnien [6], données de la BSS [2] et données fournies par le bureau d'études Antea [4].

Graphique 62 : Evolution de la pluie utile annuelle sur la période 1982-2014 au droit de la station de Paris Montsouris [23]

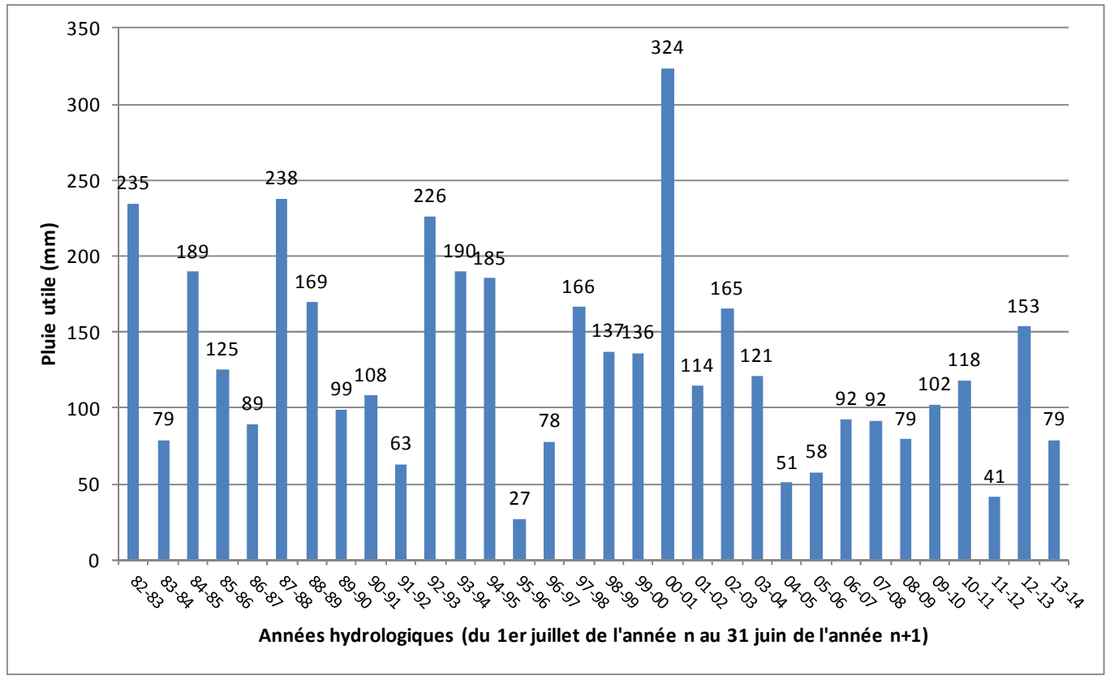


Tableau 56 : Synthèse bibliographique des valeurs de perméabilités des différentes formations géologiques

Nappes souterraines	Perméabilité médiane (m/s)	Perméabilité moyenne (m/s)	Perméabilité min (m/s)	Perméabilité max (m/s)	Coefficient d' emmagasinement (S)	Nombre de mesures
Alluvions anciennes	1,3E-03	2,1E-03	3,0E-05	6,6E-03	3,0E-02	4
Calcaire de Saint-Ouen	3,2E-05	1,2E-04	3,6E-06	4,0E-04	1,0E-03	6
Marnes et Caillasses	7,4E-05	1,9E-04	2,0E-06	1,3E-03	-	10
Calcaire Grossier	1,4E-04	1,8E-04	1,2E-05	5,0E-04	1,7E-03	18
Sables de l'Yprésien	2,3E-04	2,1E-04	1,8E-05	4,0E-04	1,0E-03	5
Craie fracturée	1,5E-03	4,5E-03	1,4E-04	2,0E-02	2,1E-02	16
Craie saine	7,1E-05	8,2E-05	5,9E-06	2,2E-04	7,6E-05	6

On remarquera que, dans cet ensemble de formations géologiques, certaines sont bien connues et bien documentées, comme par exemple les calcaires grossiers ou les sables yprésiens. À l'inverse, pour d'autres formations, les données bibliographiques (et notamment les valeurs de perméabilité) sont plus rares, comme c'est le cas pour la base glauconieuse des calcaires grossiers ou les marnes de Meudon.

Ces valeurs sont toutefois concordantes avec celles de la thèse d'Aurélie Lamé [20] de 2013, qui a eu accès plusieurs centaines de valeurs de perméabilités pour l'ensemble de ces formations, synthétisées dans le tableau 3 suivant.

Les valeurs mentionnés dans ces différents tableaux sont, a priori, représentatives des perméabilités horizontales des formations. En effet, les pompages d'essai renseignent sur la perméabilité horizontale, il est très difficile, voire parfois impossible, de mesurer par essai in situ les perméabilités verticales des formations.

Tableau 57 : récapitulatif des perméabilités mesurées à Paris et dans sa proche banlieue (extrait de la Thèse d'Aurélie Lamé [20])

Nappes souterraines	Perméabilité médiane (m/s)	Perméabilité moyenne (m/s)	Perméabilité min (m/s)	Perméabilité max (m/s)	Coefficient d'emmagasinement (S)	Nombre de mesures
Alluvions modernes	3.1E-07	9.9E-06	1.1E-08	5.3E-05	1.0E-03	6
Alluvions anciennes	1.6E-07	1.3E-03	3.0E-07	7.0E-02	3.6E-02	92
Sables de Fontainebleau	2.0E-05	-	-	-	-	
Marnes à Huîtres	1.6E-06	5.0E-07	1.0E-09	3.2E-06	-	
Travertin de Brie	3.2E-05	4.0E-05	1.1E-05	1.0E-04	-	6
Glaises Vertes	8.0E-10				-	
Marnes Infra gypseuses	8.0E-05	4.6E-04	8.0E-07	1.0E-03	-	9
Sables verts	1.2E-04	1.2E-04	3.9E-05	1.9E-04	-	3
Calcaire de Saint-Ouen	1.8E-04	6.8E-04	1.5E-07	7.9E-03	1.0E-03	48
Sable de Beauchamp supérieurs	1.0E-05	1.0E-04	3.3E-07	7.3E-04	-	13
Sables de Beauchamp médians	2.5E-07	3.9E-07	1.7E-09	1.3E-06	1.0E-04	16
Sables de Beauchamp inférieurs	1.0E-05	9.7E-05	2.5E-06	7.3E-04	2.0E-04	16
Marnes et Caillasses	3.1E-05	8.2E-05	1.6E-07	6.1E-04	-	122
Calcaire Grossier	3.5E-05	8.5E-05	4.5E-07	8.2E-04	-	204
Calcaire Grossier (partie basale)	3.0E-07	3.8E-07	1.0E-08	9.6E-07	1.0E-04	33
Argile de Laon	8.8E-08	8.8E-08	5.0E-08	1.3E-07	-	2
Sables Supérieurs	1.1E-04	6.8E-03	1.2E-06	2.7E-01	1.0E-04	49
Fausses Glaises	6.6E-07	6.5E-07	1.0E-07	1.2E-06	1.0E-04	3
Sables d'Auteuil	1.0E-05	5.4E-05	1.0E-06	1.5E-04	1.0E-04	3
Argile Plastique	2.7E-09	2.7E-09	1.5E-10	2.5E-09	1.0E-04	
Marnes de Meudon	6.5E-07	7.7E-06	6.1E-08	3.0E-05	-	4
Craie Blanche de Meudon (partie supérieur)	4.1E-05	1.0E-04	1.9E-06	6.9E-04	1.0E-04	18

Nota : les données sources de cette synthèse ne sont pas accessibles.

Les perméabilités de la Craie mentionnées dans le tableau 4 suivant, issues également de la thèse d'Aurélie Lamé, correspondent aux perméabilités de la Craie sous recouvrement alluvial. Lorsque la Craie est rencontrée sous les alluvions, sa partie supérieure est généralement fracturée sur une épaisseur de 10 à 20 mètres, conférant à la formation une forte perméabilité de fissures. La frange supérieure de la Craie, très perméable, est alors le siège d'une puissante nappe. Au contraire, sous recouvrement tertiaire, l'épaisseur de la fracturation de la partie supérieure de la craie se réduit. Sous cette frange de craie fracturée, la craie devient progressivement plus saine, et moins perméable, malgré une importante porosité.

	Profondeur de la Craie	Perméabilité (m/s)
Zone altérée	entre 10 et 20 mètres	entre 10^{-1} et 10^{-3}
Zone fissurée	entre 20 et 40 mètres	entre 10^{-4} et 10^{-6}
Zone saine	supérieure à 40 m	entre 10^{-7} et 10^{-8}

Perméabilités de la Craie sous recouvrement alluvial

(Données issues de « Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains » – A. Lamé (2013))

Les différentes sources disponibles fournissent donc une base de données conséquente sur les perméabilités horizontales des formations permettant de définir des plages de perméabilités vraisemblables à intégrer dans le modèle.

Par ailleurs, des indications sur les propriétés hydrodynamiques des formations peuvent être recherchées par l'analyse des productivités des forages. La productivité d'un forage est définie par le débit spécifique qui est le rapport entre le débit exploité et le rabattement induit à un temps donné. Ce débit spécifique est fonction de la perméabilité des terrains captés et des caractéristiques intrinsèques de l'ouvrage.

Plus d'une cinquantaine de forages exploitent l'aquifère du Lutétien dans le domaine modélisé (cf. inventaire des prélèvements, paragraphe 5.3.3.7). Le Lutétien est le principal aquifère qui sera concerné par les pompages d'épuisement.

La valeur moyenne des débits spécifiques est de $3E^{-3}$ $m^3/s/m$. Le minimum observé est de l'ordre de $2E^{-4}$ $m^3/s/m$, et le maximum de l'ordre de $2E^{-2}$ $m^3/s/m$. La moitié des valeurs se trouvent toutefois dans une plage comprise entre $8E^{-4}$ $m^3/s/m$ et $4E^{-3}$ $m^3/s/m$. Ces résultats sont issus des deux horizons du Lutétien (Marnes et Caillasses et Calcaires Grossiers, ou parfois les deux qui sont traversés indifféremment par une même crépine). Le débit spécifique moyen obtenu dans des forages exploitant le Calcaire Grossier seul est trois fois plus faible que le débit spécifique moyen obtenu avec les forages exploitant l'ensemble du Lutétien (marnes et caillasses et calcaire grossier), ce qui indique a priori que l'horizon des marnes et caillasses participe pour une part importante voir supérieure à la productivité de l'ensemble. Cette analyse statistique reste indicative de par la taille

de l'échantillon disponible et de par la difficulté à distinguer en coupe de forage ces deux formations.

Ceci étant, la productivité globale obtenue sur les forages exploitant le Lutétien paraît tout à fait cohérente avec les valeurs de perméabilité issues de la bibliographie.

5.3.3.6 Relations hydrauliques entre la Seine et les aquifères

Lorsque le niveau de la Seine est affecté par une crue, les équilibres hydrodynamiques entre le cours d'eau et la nappe alluviale sont temporairement modifiés (inversion du gradient entre le niveau de la Seine et le niveau de la nappe) et l'onde de crue de Seine se propage dans l'aquifère.

La propagation de l'onde de crue dépend du facteur de colmatage des berges et du lit de la Seine, qui peut varier le long du linéaire du cours d'eau, et des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère dans lequel l'onde se propage (ici l'aquifère alluvial, voire l'aquifère des calcaires grossiers).

Dans le domaine étudié, BURGEAP a enregistré un certain nombre d'ondes de crue de Seine transmises en nappe [14] :

- un suivi dans le 5ème arrondissement de Paris, à 300 m de la Seine, en 2002 :
  - amplitude de crue en Seine : 3 m,
  - amplitude de crue transmise dans l'aquifère au droit du point de mesure : 0,9 m,
- un suivi rue Neuve Tolbiac, à 180 et 485 m de la Seine, en 1995 :
  - amplitude de crue en Seine : 1,9 m,
  - amplitude de crue transmise dans l'aquifère au droit du point de mesure : 0,85 et 0,6 m.
- un suivi à Ivry, à 200 et 450 m de la Seine, en 2013 :
  - amplitude de crue en Seine : 3 m,
  - amplitude de crue transmise dans l'aquifère au droit du point de mesure : 1,6 et 1,35 m.
- un suivi à Alfortville, à 345 m de la Seine et de la Marne, en 2001 :
  - amplitude de crue en Seine : 4,5 m,
  - amplitude de crue transmise dans l'aquifère au droit du point de mesure : 3,2 m.

Ces enregistrements permettent d'apprécier le coefficient d'échange entre la nappe et la rivière. Ce coefficient d'échange dépend des caractéristiques de l'aquifère (ou des aquifères) et en particulier du rapport S/T et du degré de colmatage du lit et des berges du cours d'eau.

Pour ces suivis d'onde de crue, le rapport S/T apparent est compris entre 50 et 210 à Paris et entre 5 et 50 à Ivry et Alfortville.

On constate que les données issues des ondes de crue sur le centre de Paris indiquent des rapports S/T plutôt forts, ce qui laisse supposer que le fleuve est particulièrement colmaté au centre de Paris. Cette hypothèse peut s'expliquer par l'importance, depuis des dizaines d'années, des prélèvements d'eau souterraine, notamment en rive droite, qui conduisent la Seine à alimenter la nappe, favorisant une situation où les fines ont tendance à être plaquées contre le lit, augmentant ainsi le colmatage. Les données piézométriques dont nous disposons en rive droite immédiate montre une forte différence de charge entre la Seine et la nappe ce qui indique également un fort colmatage potentiel du fleuve. Plus en amont du fleuve (où les prélèvements en nappe sont moins importants), il semble que les rapports S/T sont globalement plus faibles, ce qui peut laisser supposer une meilleure connexion nappe – cours d'eau, et donc un colmatage plus faible.

En définitive, il est possible qu'un colmatage différentié affecte le cours d'eau le long de son parcours dans Paris, la Seine étant potentiellement plus colmatée au centre.

5.3.3.7 Prélèvements et usages des eaux souterraines dans la zone d'étude

Un inventaire des prélèvements et usages des eaux souterraines a été établi sur la base des données suivantes :

- fichiers de l'Agence de l'Eau Seine Normandie [9], recensant les prélèvements effectués en nappe,
- données de l'Agence Régionale de Santé Ile de France sur les captages d'alimentation en eau potable [3],
- inventaire du BRGM [13] et données de la BSS [2] pour les exploitations géothermiques,
- données des volumes exhaurés par les parkings souterrains et les postes de relevage de la RATP [10],
- dossiers « Loi sur l'Eau » disponibles auprès de la police de l'Eau (DRIEE),
- et enfin contacts directs entre BURGEAP et des foreurs.

Ces données ont été synthétisées sur les cartes présentées en Figure 15. On constate que l'essentiel des prélèvements réalisés sont effectués :

- pour l'alimentation en eau industrielle dans la plaine de Vitry (notamment les puits de BioSpringer et SANOFI),
- pour l'exhaure d'infrastructures (RATP et parkings souterrains) dans Paris, essentiellement dans le 5ème arrondissement,
- pour l'exhaure d'infrastructures (Sous-sols) et pour la géothermie dans le secteur de la boucle de Boulogne,
- on note également la présence de plusieurs installations géothermiques qui sont dans la majorité munis de puits de réinjection.
-

On notera qu'il n'existe pas, dans le secteur, de prélèvement des eaux souterraines pour l'alimentation en eau potable exploitant les nappes superficielles, potentiellement concernées par d'éventuels impacts du projet. Le seul captage AEP identifié est un captage à l'Albien, nappe profonde, isolée des nappes superficielles par d'épaisses couches d'argiles et qui, de fait, ne dispose pas de périmètre de protection éloigné ou rapproché. Seules les installations de surface (fontaine publique) constituent le périmètre de protection immédiat.

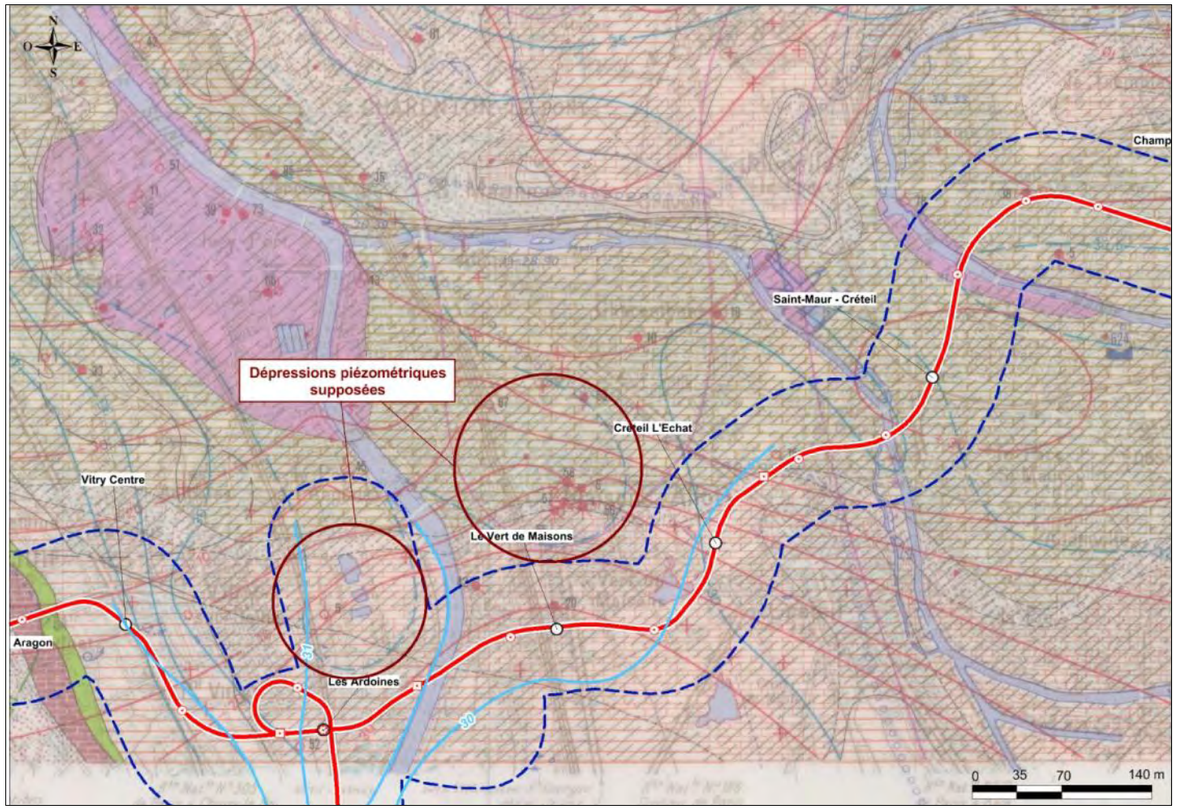


Figure 38 : Localisation des zones de dépression supposées sur la carte de Diffre
(Source : carte piézométrique de Diffre [5] et données issues de la G1 et G2)

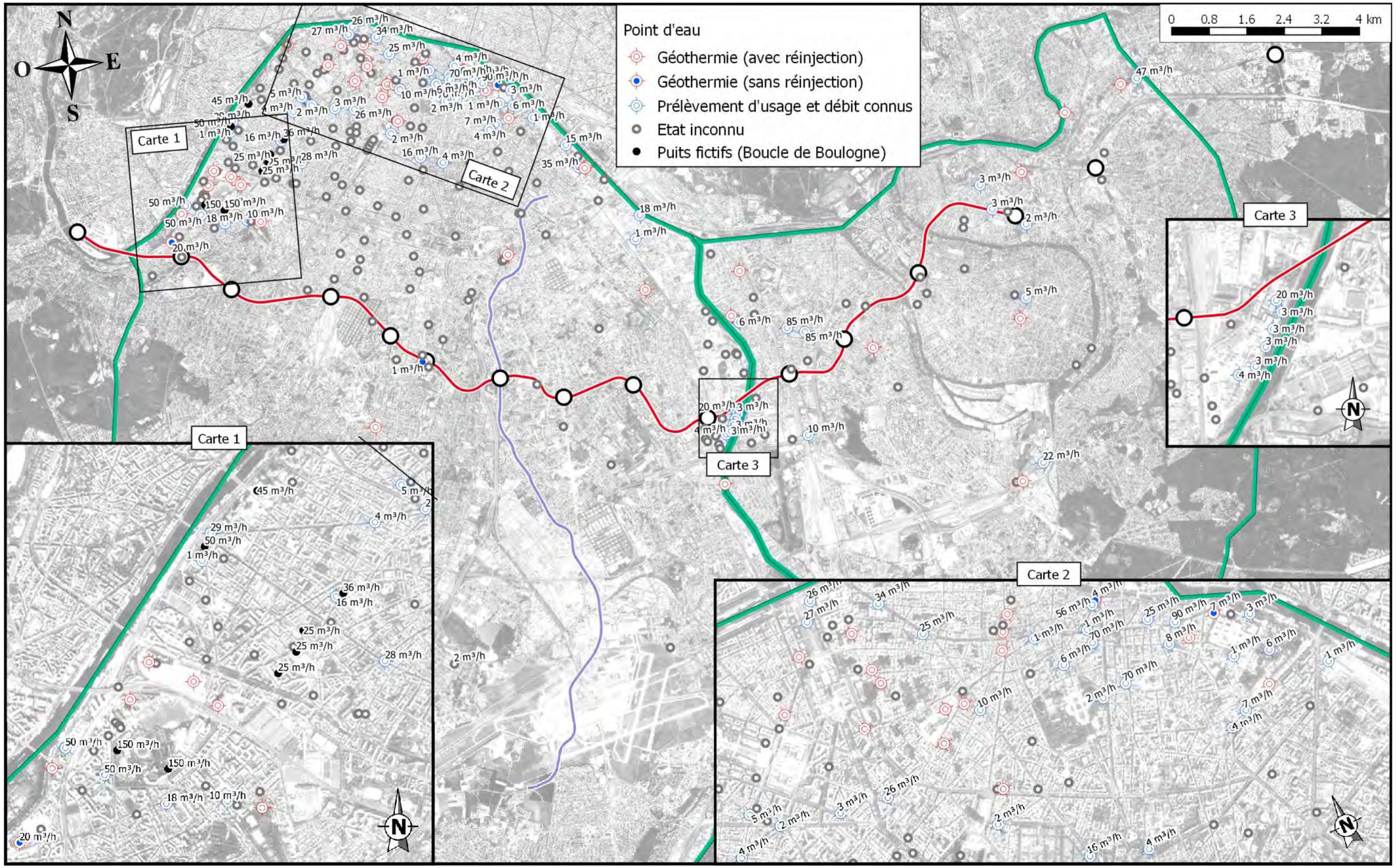


Figure 39 : Carte de localisation des prélèvements en nappe

5.3.4 Description du projet de métro et de ses impacts potentiels

5.3.4.1 Description du projet

Le tunnel sera réalisé suivant la technique du tunnelier. Il traverse deux secteurs principaux qui ont des caractéristiques hydrogéologiques distinctes (voire les coupes du tracé de la Figure 32 et la Figure 33). Ces secteurs sont :

- Le secteur 1 correspondant au plateau d'Issy à Cachan (Figure 32). Au niveau de ce secteur, le tracé du tunnel longe essentiellement les formations des Calcaires Grossiers du Lutétien et des Argiles Plastiques de l'Yprésien. Le tunnel traverse localement les Marnes de Meudon et la Craie sous-jacente au droit de la commune de Malakoff.

- Le secteur 2 correspondant à la plaine de Vitry (Figure 33). Dans cette partie, les alluvions reposent directement sur les Calcaires de Saint-Ouen de Vitry-sur-Seine à Créteil puis sur les Calcaires Grossiers du Lutétien de Créteil à Champigny-sur-Marne.

Les gares seront quant à elles construites sous protection de parois moulées. En fonction du contexte souterrain, différents cas de figures peuvent être rencontrés :

- Si l'ouvrage et ses parois moulées sont implantés au sein d'une formation potentiellement perméable, le débit résiduel à gérer est alors susceptible d'être important. Dès lors, un premier calcul est effectué sur le débit d'épuisement en fonction des caractéristiques des terrains. En fonction du résultat de cette évaluation, des solutions constructives complémentaires sont dimensionnées afin de réduire autant que possible le débit d'épuisement. Ces solutions sont généralement des jupes ou des fonds injectés. C'est le cas de la majorité des gares de la plaine de Vitry (Figure 41).

- Si les parois moulées de l'ouvrage sont implantées au sein d'une couche géologique modérément perméable, les débits d'épuisement attendus sont faibles ou modérés et il n'est pas nécessaire de prévoir des dispositifs particuliers permettant de limiter le débit d'épuisement en phase chantier. C'est le cas des gares du plateau d'Issy à Cachan (Figure 40) ainsi que la gare de Champigny Centre et autres gares situées à l'ouest de celle-ci.

Dans le cadre de la gare de Saint-Maur Créteil, seule une paroi moulée ancrée profondément dans la craie est prévue, sans dispositif complémentaire de type jupe ou fond injecté car la craie profonde est très peu perméable.

5.3.4.2 Impacts potentiels

Le projet est associé à deux impacts potentiels qui sont :

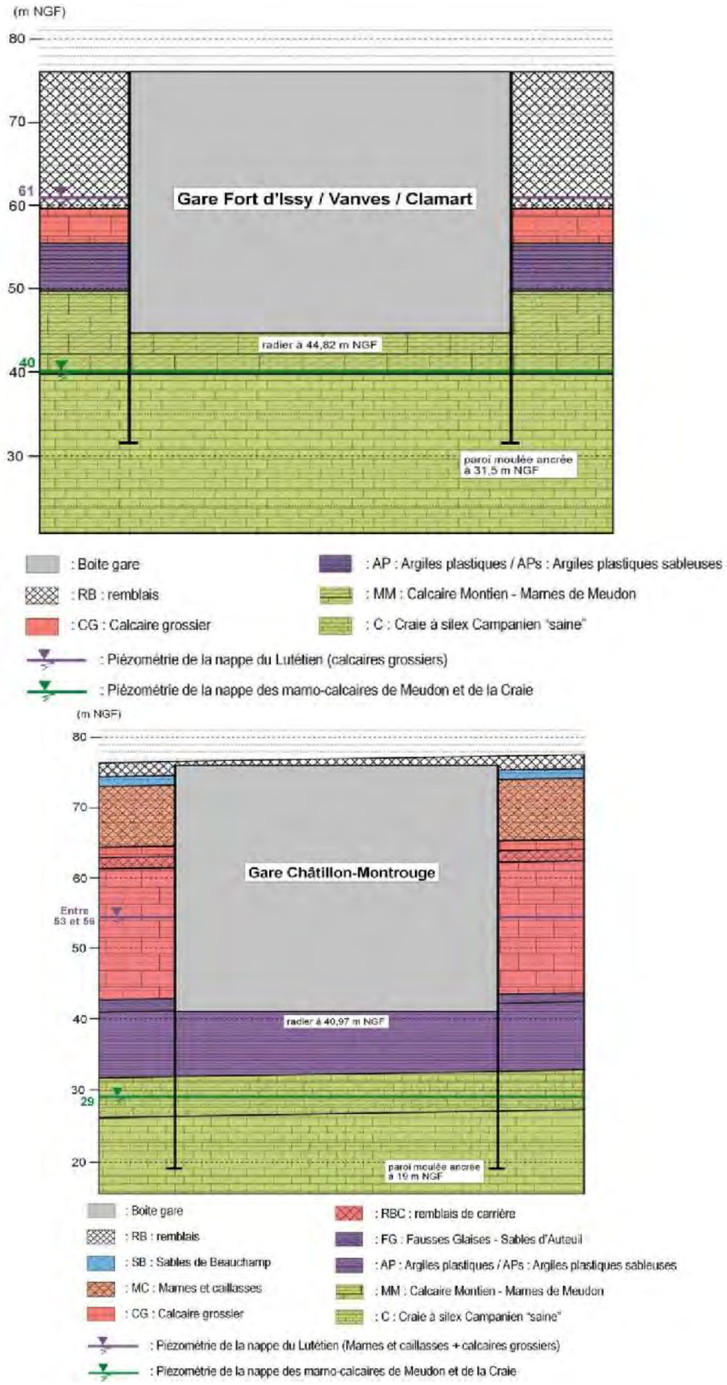
- l'abaissement du niveau de la nappe en phase chantier en raison des pompages d'épuisement résiduel pratiqués temporairement pour réaliser les stations ;

- l'effet barrage en phase définitive (remontée et abaissement du niveau de la nappe) susceptible d'être provoqué à la fois localement par les gares et plus globalement par le tunnel. Les gares et le tunnel sont des ouvrages considérés comme étanches qui, de ce fait, créeront un obstacle aux écoulements.

L'abaissement du niveau de la nappe en phase chantier est potentiellement significatif dans la plaine de Vitry où les débits d'épuisement résiduels estimés par la Maîtrise d'œuvre restent relativement importants. Ils seront toutefois limités grâce à la prise en compte de dispositifs de type paroi moulées, fonds et jupes injectés (cf. Figure 41). La présence de forages exploitant les nappes alluviales, du Lutétien de l'Yprésien et de la craie dans la plaine de Vitry constitue un enjeu direct important. De plus, ce secteur étant fortement urbanisé, les opérations de pompage provisoires ne doivent pas être à l'origine de désordres mécaniques induit notamment par des phénomènes de tassement dans les terrains superficiels compressibles ou par dissolution de gypse anté-ludien.

En ce qui concerne les stations du plateau d'Issy à Cachan les parois moulées ancrées dans les niveaux faiblement perméables de l'Yprésien suffiront à limiter significativement les débits qu'il sera nécessaire de pomper. Aucun impact particulier n'est donc attendu en phase chantier (cf. Figure 40). Par ailleurs, les enjeux sont faibles dans ce secteur. En effet, peu de pompages exploitent la nappe du calcaire grossier dans ce secteur.

L'effet barrage sur la nappe du Lutétien peut être considéré modérément sensible dans le secteur du plateau d'Issy à Cachan, du fait que le gradient de la nappe des Calcaires Grossiers est non négligeable et que cette nappe est peu épaisse. Dans la plaine de Vitry les gradients sont faibles mais les enjeux sont forts du fait de la présence de nombreux ouvrages souterrains (parking, caves).



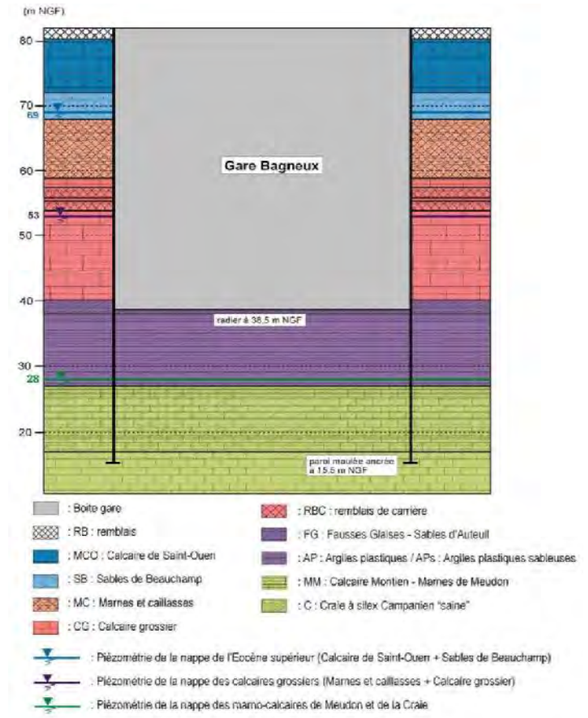
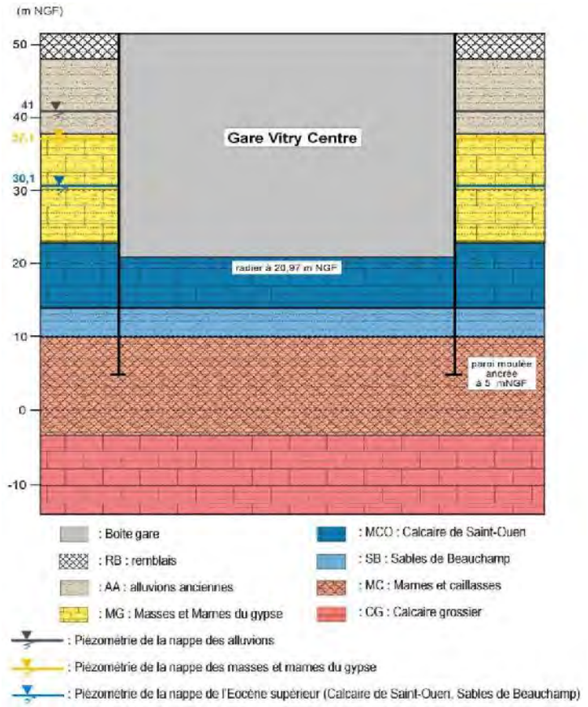
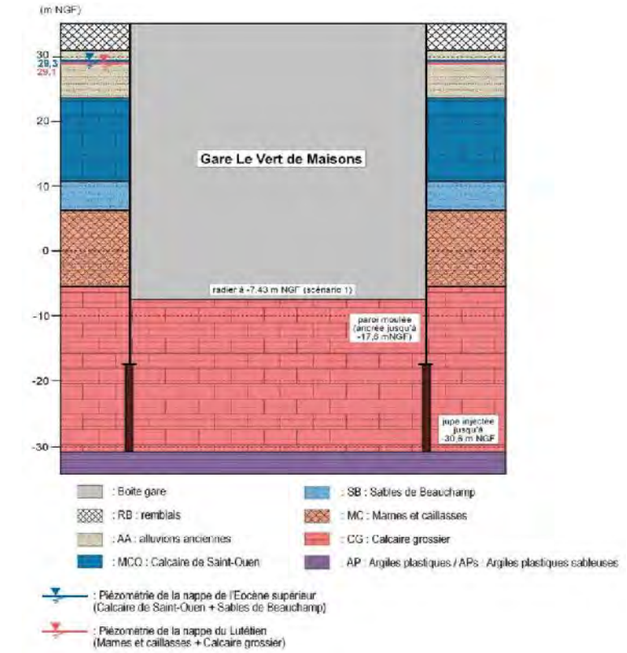
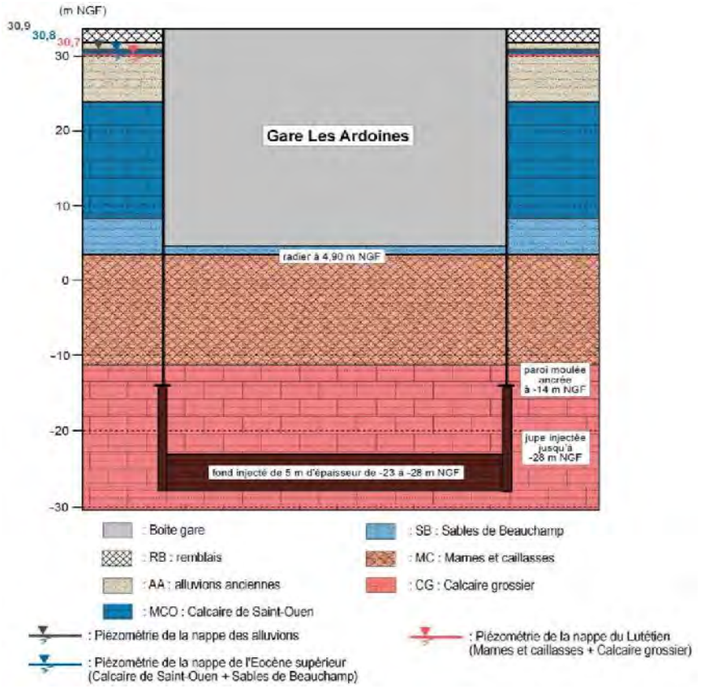
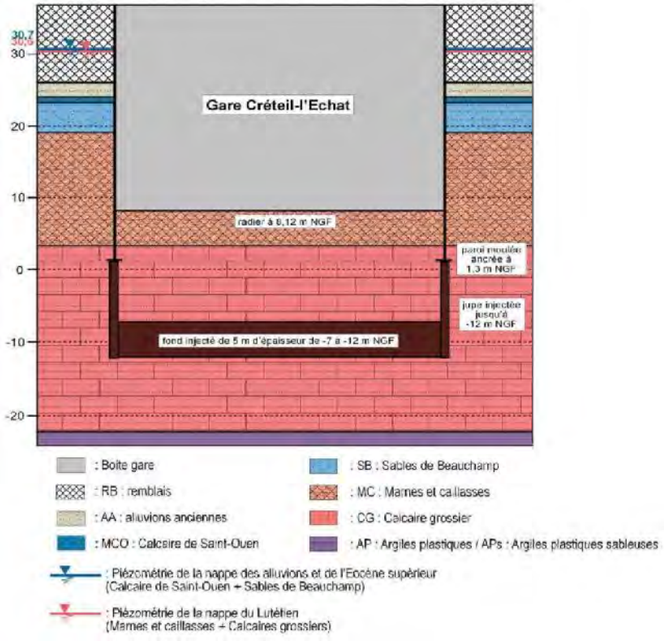


Figure 40 : Coupes schématiques des dispositions constructives des gares du plateau d'Issy à Cachan


(m NGF)
Gare Vitry Centre
radier à 20,97 m NGF
paroi moulée ancrée à 5 mNGF
: Boite gare
: RB : remblais
: AA : alluvions anciennes
: MG : Masses et Marnes du gypse
: MCO : Calcaire de Saint-Ouen
: SB : Sables de Beauchamp
: MC : Marnes et caillasses
: CG : Calcaire grossier
: Piézométrie de la nappe des alluvions
: Piézométrie de la nappe des masses et marnes du gypse
: Piézométrie de la nappe de l'Eocène supérieur (Calcaire de Saint-Ouen, Sables de Beauchamp)


(m NGF)
Gare Le Vert de Maisons
radier à -7,43 m NGF (scénario 1)
paroi moulée (ancrée jusqu'à -17,5 mNGF)
jupe injectée jusqu'à -30,5 m NGF
: Boite gare
: RB : remblais
: AA : alluvions anciennes
: MCO : Calcaire de Saint-Ouen
: SB : Sables de Beauchamp
: MC : Marnes et caillasses
: CG : Calcaire grossier
AP : Argiles plastiques / APs : Argiles plastiques sableuses
: Piézométrie de la nappe de l'Eocène supérieur (Calcaire de Saint-Ouen + Sables de Beauchamp)
: Piézométrie de la nappe du Lutétien (Marnes et caillasses + Calcaire grossier)


(m NGF)
Gare Les Ardoines
radier à 4,90 m NGF
paroi moulée ancrée à -14 m NGF
jupe injectée jusqu'à -28 m NGF
fond injecté de 5 m d'épaisseur de -23 à -28 m NGF
: Boite gare
: RB : remblais
: AA : alluvions anciennes
: MCO : Calcaire de Saint-Ouen
: SB : Sables de Beauchamp
: MC : Marnes et caillasses
: CG : Calcaire grossier
: Piézométrie de la nappe des alluvions
: Piézométrie de la nappe de l'Eocène supérieur (Calcaire de Saint-Ouen + Sables de Beauchamp)
: Piézométrie de la nappe du Lutétien (Marnes et caillasses + Calcaire grossier)


(m NGF)
Gare Créteil-l'Echat
radier à 8,12 m NGF
paroi moulée ancrée à 1,3 m NGF
jupe injectée jusqu'à -12 m NGF
fond injecté de 5 m d'épaisseur de -7 à -12 m NGF
: Boite gare
: RB : remblais
: AA : alluvions anciennes
: MCO : Calcaire de Saint-Ouen
: SB : Sables de Beauchamp
: MC : Marnes et caillasses
: CG : Calcaire grossier
: AP : Argiles plastiques / APs : Argiles plastiques sableuses
: Piézométrie de la nappe des alluvions et de l'Eocène supérieur (Calcaire de Saint-Ouen + Sables de Beauchamp)
: Piézométrie de la nappe du Lutétien (Marnes et caillasses + Calcaires grossiers)

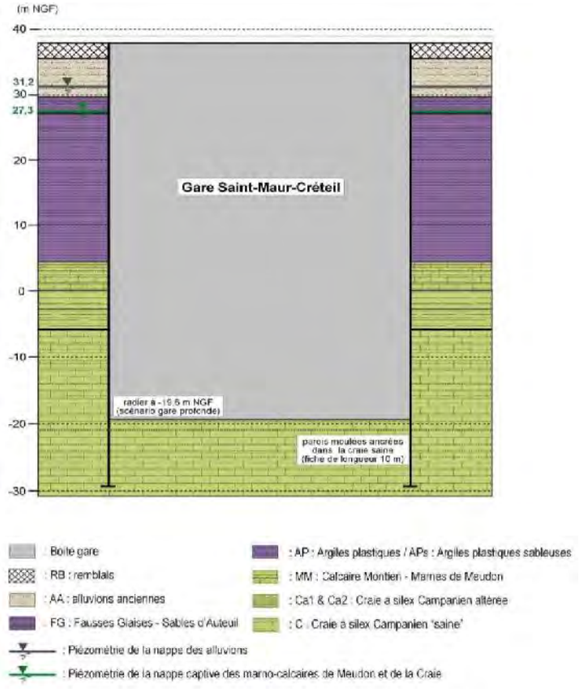


Figure 41 : Coupes schématiques des dispositions constructives des gares la plaine de Vitry

5.4 Modèle hydrogéologique

Le modèle a été réalisé à l'aide du code de calcul FEFLOW. Il s'agit d'un logiciel de modélisation des écoulements souterrains en 3 dimensions, développé par la société DHI-WASY [17]. Le code de calcul FEFLOW est basé sur la résolution des équations d'écoulement par la méthode des éléments finis. Dans le cas présent, le logiciel a été utilisé avec les modes saturé libre et captif, tridimensionnel et en régimes permanent et transitoire.

5.4.1 Modèle conceptuel et limites du domaine

Les limites du domaine hydrogéologique considéré sont représentées sur la Figure 18 et le schéma conceptuel du modèle est représenté sur la Figure 35 ci-avant.

5.4.1.1 Modèle conceptuel

Régionalement, le domaine hydrogéologique est alimenté par des flux horizontaux sur les pourtours ouest, sud et est du domaine pour la nappe des calcaires grossiers (Figure 18), et sur les pourtours est et ouest pour les calcaires de Champigny et de Saint Ouen dans le secteur de Meudon. Les cartes piézométriques suivantes permettent de justifier ces alimentations :

- Pour la partie ouest et sud-ouest : carte piézométrique de l'Atlas des nappes aquifères de la région parisienne de Mégnien de 1970 [7] (Figure 42)

- Pour la partie est et sud-est : carte piézométrique de la Brie de 2008 [5] (Figure 43)

L'alimentation régionale de la craie est supposée faible, la craie fracturée étant considérée comme discontinue en dehors des secteurs de craie sans couverture tertiaires. La partie sud du domaine étant globalement recouverte par une épaisse couverture tertiaire, l'absence de flux régionaux significatifs dans la craie semble justifiée.

L'alimentation régionale de l'Yprésien est de même considérée comme nulle, les niveaux sableux (sables de Cuise, sables d'Auteuil et Sables inférieurs) étant majoritairement présents au nord le long de la Seine et de la Marne et ayant une extension très vite limitée vers le sud comme indiqué sur la Figure 31.

Les exutoires du domaine hydrogéologique sont les vallées de la Seine et de la Marne, et les prélèvements pour l'alimentation en eau industrielle et autres drainages de mise hors d'eau d'infrastructures. Le Lutétien est également drainé au sud-ouest, dans le secteur de la Bièvre amont et de l'Orge, comme indiqué sur les cartes piézométriques régionales.

A l'intérieur même du domaine hydrogéologique, on observe des circulations d'eau verticales entre aquifères, comme le montre le schéma conceptuel. Ceci est la conséquence des différences de charges existant entre ces aquifères, elles-mêmes occasionnées, entre autres, par les prélèvements effectués dans les nappes du Lutétien et de l'Yprésien (eau industrielle, drainage).

Les circulations d'eau internes au domaine hydrogéologique (drainance verticale) sont essentiellement contrôlées par les horizons semi-perméables à très peu perméables que sont les sables de Beauchamp intermédiaires, la partie marneuse du Lutétien, la base glauconieuse des calcaires grossiers, les fausses glaises, les argiles plastiques et les marnes de Meudon.

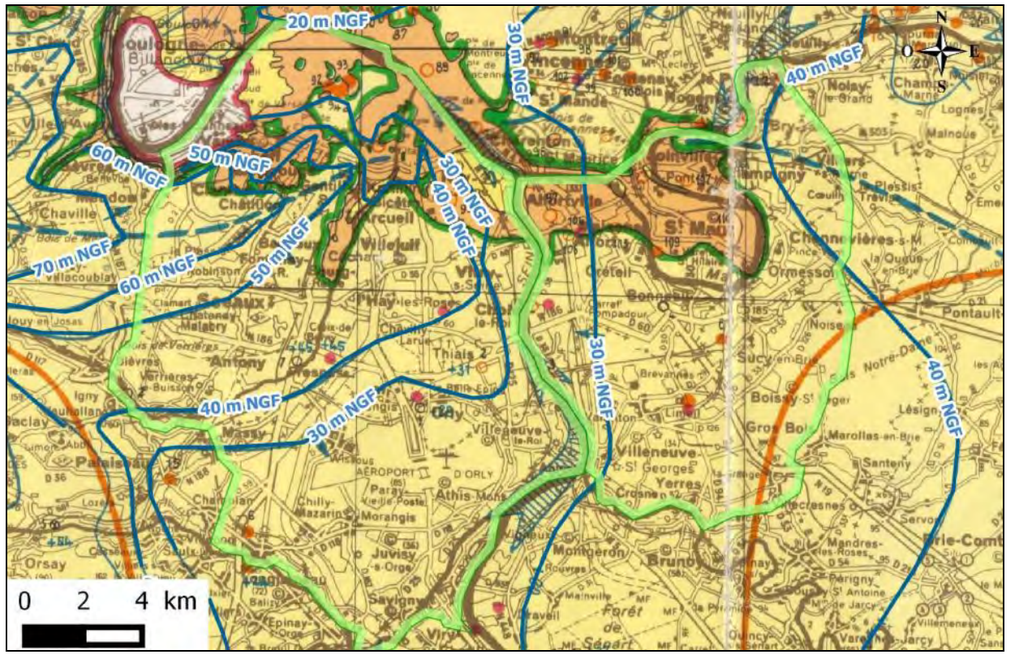


Figure 42 : Extrait de la carte piézométrique de Mégnien (1970) de l'Eocene inférieur et moyen [7]

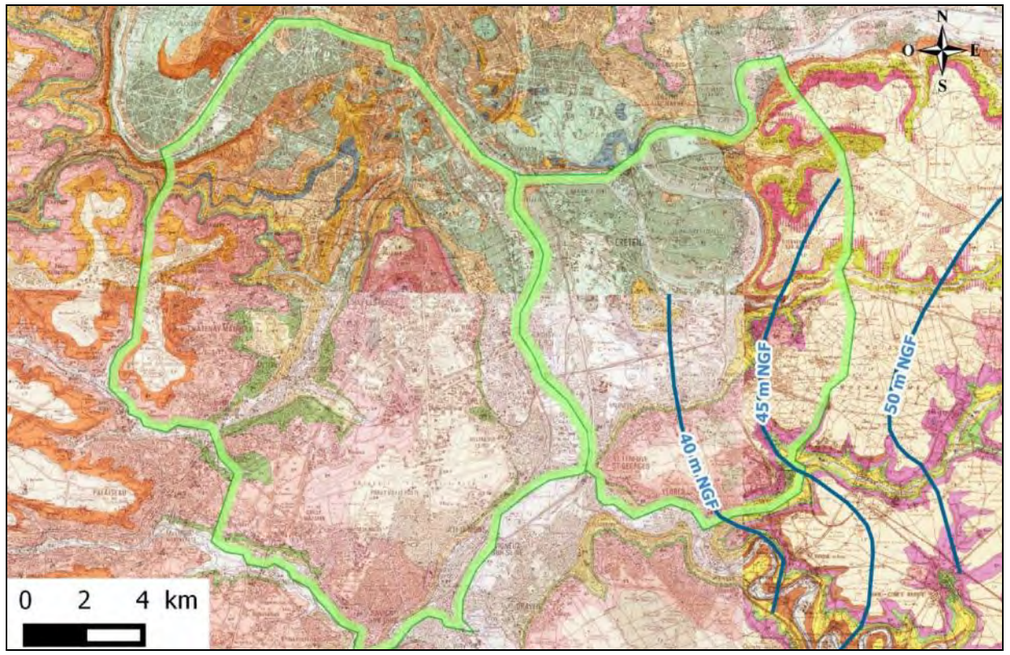


Figure 43 : Extrait de la carte piézométrique AquiBRIE [5]

Les échanges avec les cours d'eau sont quant à eux contrôlés par le colmatage des berges et du lit du fleuve.

Enfin, bien que canalisée, la présence de la Bièvre et de sa vallée alluviale a été prise en compte, car la piézométrie de la nappe des calcaires grossiers montre clairement un drainage de la nappe le long de la vallée de la Bièvre.

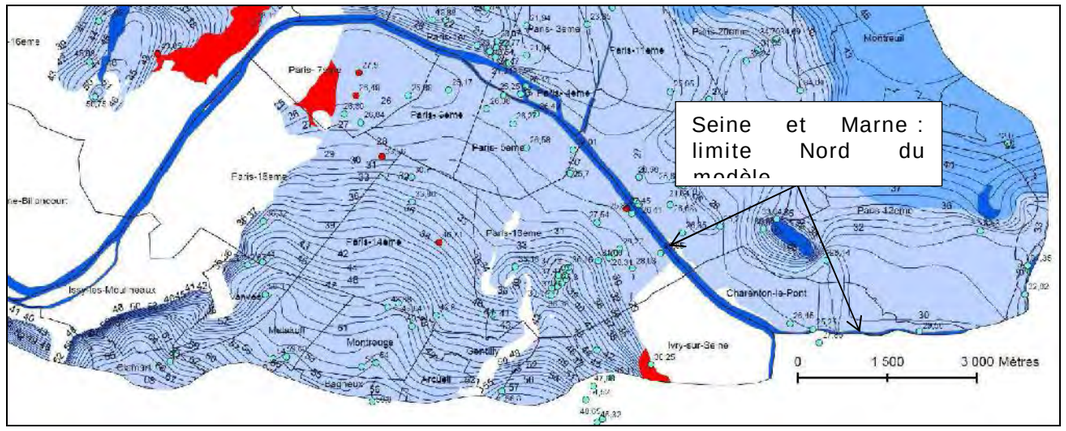


Figure 44 : Extrait de la carte piézométrique du Lutétien en 2010, d'après Lamé [20]

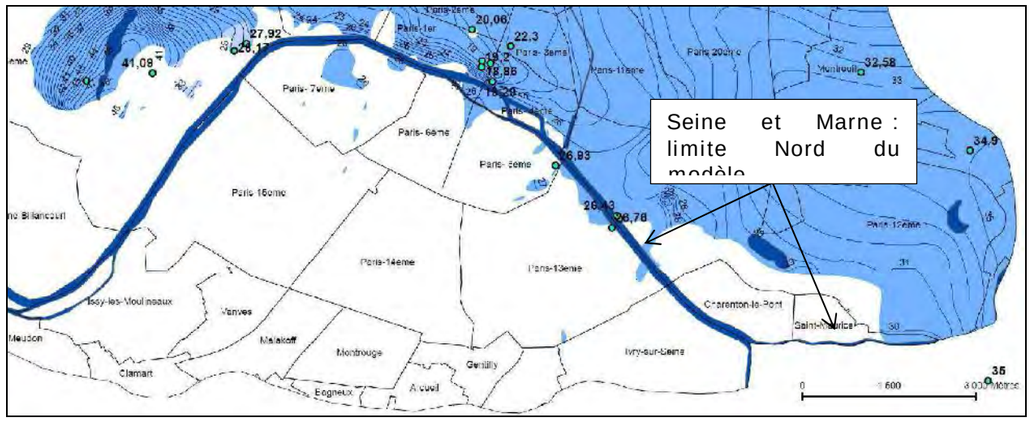


Figure 45 : Extrait de la carte piézométrique de l'Yprésien supérieur en 2010, d'après Lamé [20]

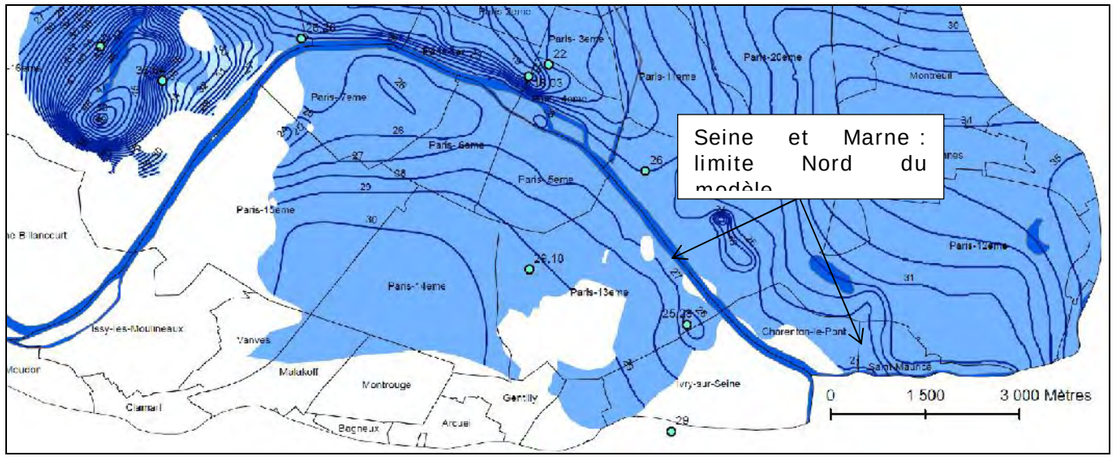


Figure 46 : Extrait de la carte piézométrique de l'Yprésien inférieur en 2010, d'après Lamé [20]

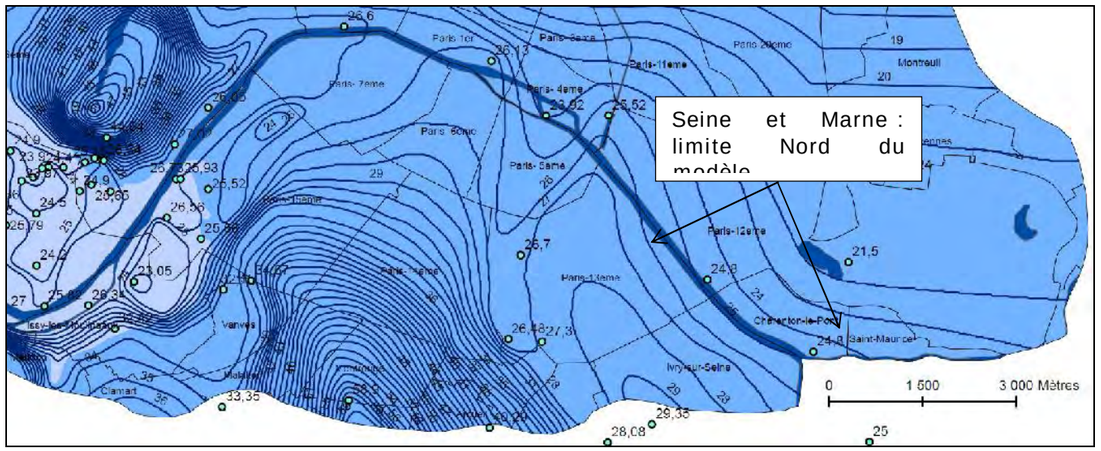


Figure 47 : Extrait de la carte piézométrique de la Craie en 2010, d'après Lamé [20]

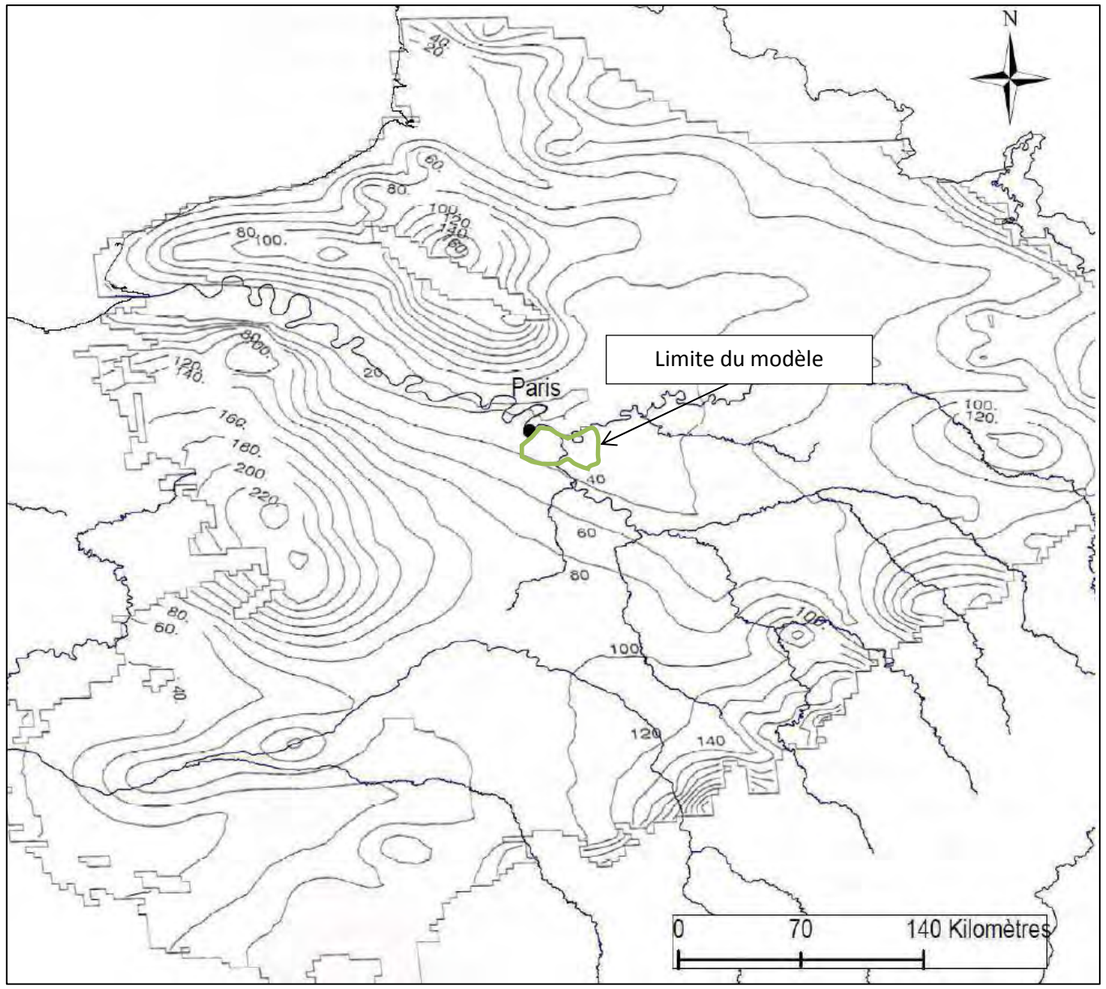


Figure 48 : Extrait de la carte piézométrique de la Craie en 1967, d'après Raoult, tiré de Lamé [20]

5.4.1.2 Limites du domaine hydrogéologique et conditions aux limites

Les limites et conditions aux limites suivantes ont permis de définir l'emprise du domaine hydrogéologique considéré pour les travaux de modélisation. Ces limites sont représentées sur la Figure 18 suivante :

- nappe des calcaires grossiers :
  - o les limites ouest, sud et est correspondent à des flux imposés callés sur les cartes piézométriques régionales [7] [5],
  - o la limite nord-ouest correspond à la Seine. Elle est également présente entre la confluence de la Marne au nord et Ablon-sur-Seine au sud. Elle est représentée comme un potentiel imposé à la cote 26,73 NGF (hors crue) et 29,7 NGF en amont

du barrage de Port-à-l' Anglais situé à Alfortville. La Seine est associée à un facteur de colmatage, afin de représenter le colmatage des berges et du lit. La valeur du facteur de colmatage a fait l'objet, entre autres, du calage du modèle,

- o la limite nord-est correspond à la Marne. Elle a été représentée comme un potentiel imposé à la cote 26,73 NGF (hors crue) et 29,28 NGF en amont du barrage de Saint Maurice et Alfortville. Deux autres barrages situés dans le domaine modélisé, situés à Créteil et à Joinville, rehaussent progressivement la retenue normale à 31,41 m NGF puis 33,66 m NGF [27].

  Comme la Seine, la Marne est également associée à un facteur de colmatage, afin de représenter le colmatage des berges et du lit,

- o à l'intérieur du domaine, la Bièvre a également été représentée comme un potentiel imposé avec colmatage, afin de représenter le drainage mis en évidence par la piézométrie. Le potentiel imposé considéré a été pris égal à la cote du radier de l'ovoïde d'assainissement dans lequel est canalisé le cours d'eau entre Paris et Bourg-la-Reine [29], et est basé sur le modèle numérique de terrain en amont,

- nappe des sables yprésiens :

  - o les limites ouest, sud et est sont des limites à flux nul, parce que les formations géologiques perméables de l'Yprésien y sont absentes,

  - o la limite nord du domaine correspond à une limite à potentiel imposé, afin de traduire l'influence des nombreux pompages existants en rive droite de la Seine à Paris et de reproduire la dépression piézométrique observée notamment dans le secteur de Chatelet indiqué dans l'atlas des nappes aquifères du bassin de Paris [7] et dans la thèse d'Aurélie Lamé [20],

- nappe des calcaires de Meudon et de la craie :

  - o les limites ouest, sud et est correspondent à une limite à flux nul,

  - o la limite nord-ouest (Boucle de Boulogne) est une limite à flux nul, la nappe présentant dans ce secteur un gradient très faible dû entre autres aux nombreux rabattements existants de part et d'autres de la Seine,

  - o la limite nord correspond à une charge imposée simulant l'important axe de drainage localisé une douzaine de kilomètres environ au nord du modèle dans la craie, comme indiqué dans la carte piézométrique de la craie de Raoult reproduite dans la thèse d'Aurélie Lamé [20]. Afin de prendre en compte un gradient équivalent et une perméabilité équivalente entre la limite nord du modèle et l'axe de drainage, une conductance de l'ordre de $1{,}25E^{-8}$ m/s/m associé à une cote de 13 m NGF ont été prises en compte.

Le domaine hydrogéologique ainsi délimité présente une surface de l'ordre de 350 km².

Par ailleurs, une recharge de 4,2 l/s/km² (environ 130 mm/an) a été imposée sur toute la surface du domaine, à l'exception des plateaux tertiaires de Villejuif, d'Arcueil Cachan et de Champigny (infiltration nulle) et des flancs de coteaux (suralimentation liée à la réinfiltration des eaux du plateau par « décharge » des nappes superficielles perchées). Cette valeur de 130 mm/an correspond à la pluviométrie moyenne, en termes de pluie utile, pour une RFU de 50 mm, sur la période 1982-2014 (voir paragraphe 5.3.3.4).

Enfin, les prélèvements connus ont été pris en compte dans le modèle hydrogéologique (voire paragraphe 5.3.3.7).

5.4.2 Modèle géologique

Le modèle géologique comprend toutes les couches géologiques comprises entre les Calcaires de Saint Ouen et la craie ou les alluvions et la craie. Les couches situées au-delà du Calcaires de Saint Ouen sont amalgamées en une seule couche, et ne font pas partie des objectifs de modélisation (cf. paragraphe 5.3.3.2).

Le modèle géologique comprend donc les unités stratigraphiques suivantes :

- alluvions récentes,
- alluvions anciennes,
- calcaires de Saint-Ouen,
- sables de Beauchamp supérieurs,
- sables de Beauchamp intermédiaires,
- sables de Beauchamp inférieurs,
- marnes et caillasses,
- calcaires grossiers moyens et supérieurs fissurés,
- calcaires grossiers inférieurs glauconieux,
- sables de Cuise,
- fausses glaises,
- sables d'Auteuil,
- argiles plastiques,
- sables inférieurs,
- marnes de Meudon
- calcaires de Meudon et sommet de la craie,
- craie saine, peu ou pas fissurée.

La base du modèle géologique est donc constituée par la craie peu perméable.

Une synthèse géologique à l'échelle de l'ensemble du domaine étudié a été établie sur la base des éléments suivants :

- données des missions géotechniques [4] [18] [30] [31],
- coupes validées de la base de données de la BSS du BRGM [2],
- carte géologique de Paris de l'IGC au 1/5 000 [19],
- archives internes de Burgeap [3],
- coupes géologiques des forages recensées par Soyer [31].

Ainsi, au total, le modèle géologique a été établi sur la base de 2 000 coupes géologiques environ. Seulement quelques-unes de ces coupes traversent la totalité des couches prises en compte dans le modèle. La précision sur la profondeur des interfaces géologiques est par ailleurs variable suivant la technique de forage.

Les sondages carottés réalisés pour la Société du Grand Paris dans le cadre des missions géotechniques sont de bonne qualité et permettent de définir précisément l'altitude des formations géologiques au droit du tracé.

De manière générale, les techniques destructives distinguent difficilement les horizons marneux et calcaires, comme par exemple dans le Lutétien et dans les formations de Meudon. De même, les horizons composant l'Yprésien ne sont pas toujours bien distingués. Dans ce cas les coupes permettent uniquement de délimiter le toit et le mur de l'ensemble de l'Yprésien. Au sein de l'Yprésien, la distinction entre les différents horizons est basée sur une sélection restreinte de coupes considérées comme suffisamment précises.

Sur la base de ces données, les isohypses du toit et du mur de chacune des unités stratigraphiques précédemment citées ont été construites puis interpolées, de manière à disposer, pour toutes ces surfaces, de leur cote altimétrique en tout point de l'espace.

5.4.3 Maillage du modèle hydrogéologique

Le maillage du modèle hydrogéologique a été construit en se calant sur les grandes structures comprises dans les limites du domaine, à savoir le lit mineur de la Seine, de la Bièvre, le tracé des lignes 14 sud et 15 sud du projet Grand Paris Express, les gares de ces tracés et leurs parois moulées. Le maillage prend également en compte, dès sa création, la position des puits et forages exploitant les aquifères.

Le maillage est affiné le long de ces structures principales et devient progressivement plus grossier en s'éloignant de ces éléments.

Au moins une couche numérique est utilisée pour chaque unité géologique. Les couches les moins perméables dans lesquelles des gradients verticaux peuvent être attendus ont été discrétisées verticalement.

Afin de représenter les différents faciès lithologiques des sables de Beauchamp, des calcaires grossiers et des formations de l'Yprésien, chacun des faciès a été représenté individuellement. Les couches de la craie fissurée sous couverture tertiaire et des calcaires de Meudon sont amalgamés, leur association formant l'aquifère de la craie. L'épaisseur de la craie est jugée constante et justifiée sur la base des micromoulinets réalisés pour d'autres études (une dizaine de mètres dans la boucle de Boulogne, environ 5 mètres dans les autres plaines alluviales, 3 mètres ailleurs sous couvertures tertiaires).

Le modèle numérique initial qui a servi au calage des paramètres hydrodynamiques comporte ainsi 32 couches, pour environ 65 000 éléments triangulaires par couche.

La Figure 19 présente le maillage du modèle hydrogéologique ainsi construit.

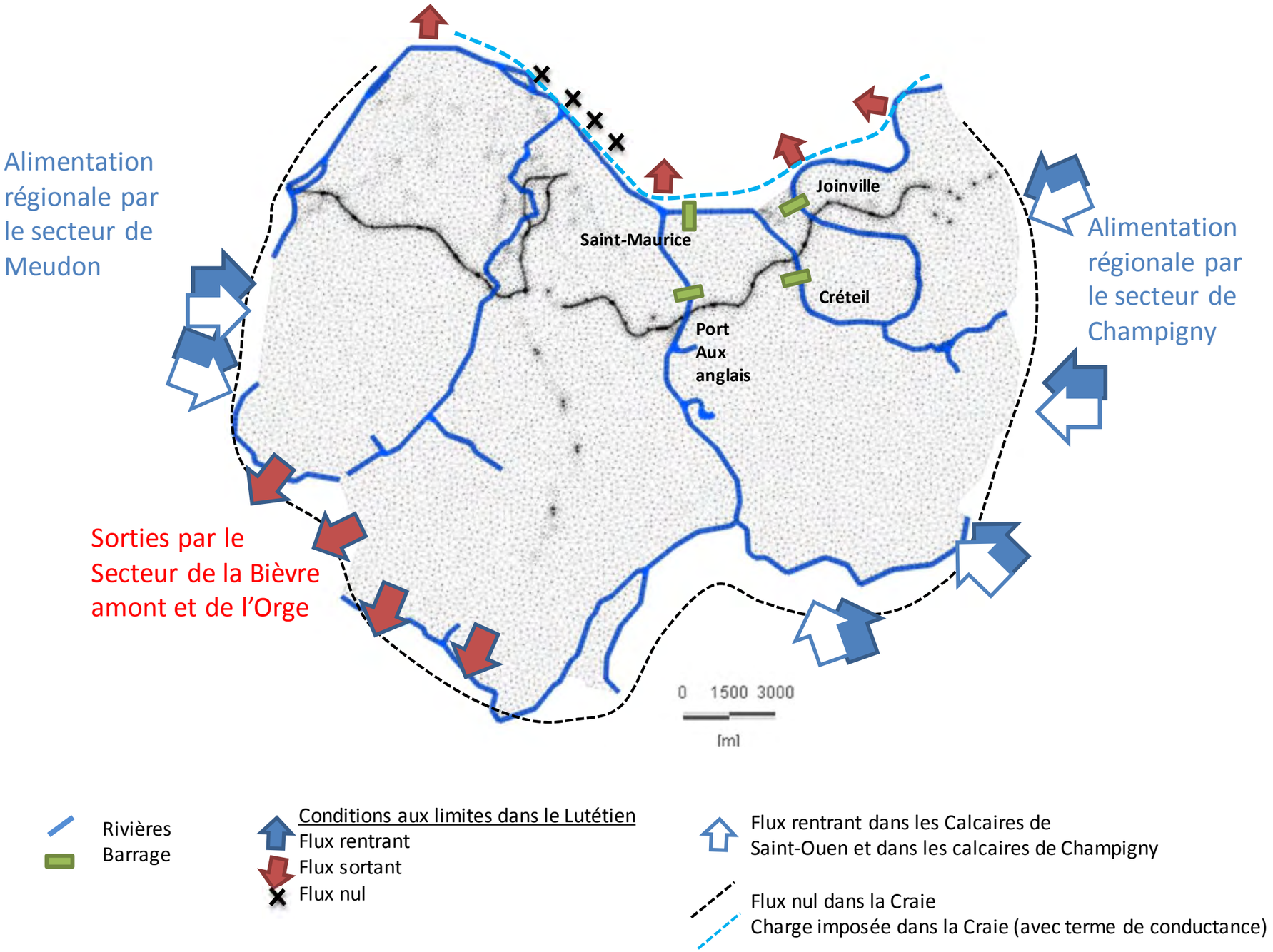


Figure 49 : Principales conditions aux limites régionales

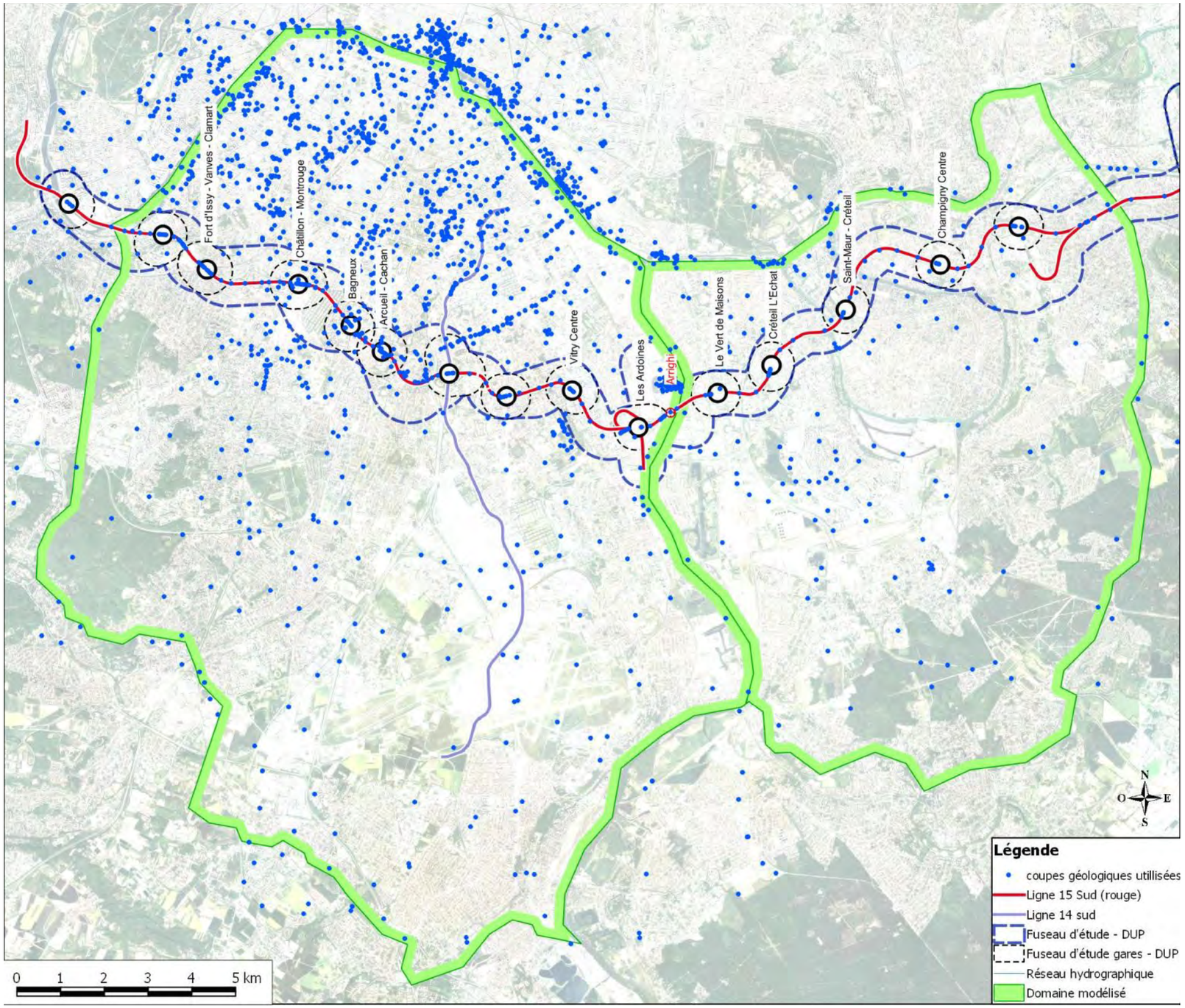


Figure 50 : localisation des sondages utilisés pour la construction du modèle

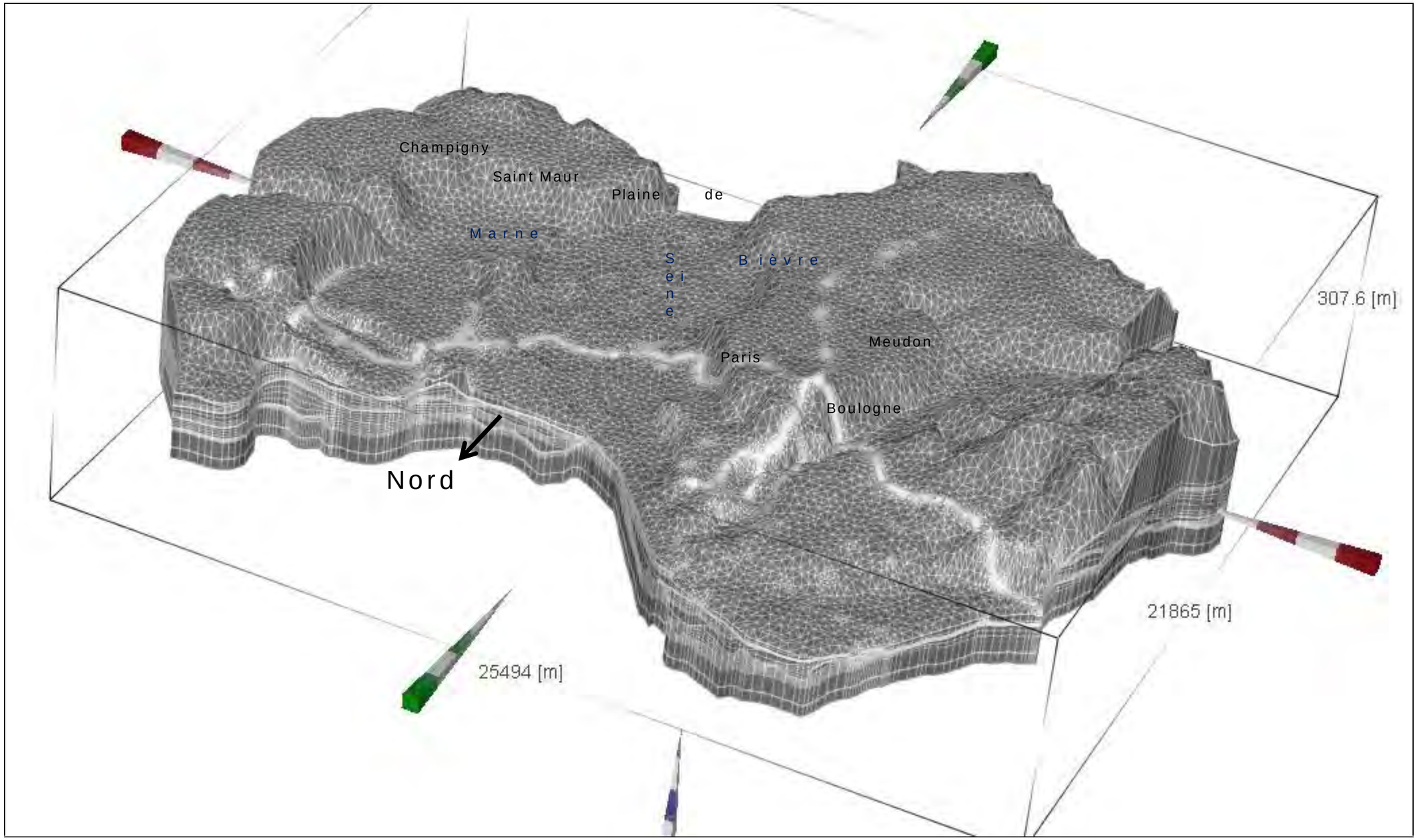


Figure 51 : Maillage 3D du modèle hydrogéologique (dilation verticale : facteur 20)

5.4.4 Calage en régime permanent

5.4.4.1 Objectifs et méthodologie

Le calage du modèle en régime permanent a consisté à reproduire l'allure de la piézométrie de référence établie pour les nappes du Lutétien, de l'Yprésien et des calcaires de Meudon et de la craie, ainsi que les valeurs des mesures piézométriques ponctuelles réalisées dans ces formations.

Le tableau suivant présente le nombre de piézomètres utilisés pour le calage du modèle pour les différentes unités hydrogéologiques. Les piézomètres sont également représentés sur la Figure 52.

Tableau 58 : nombre de hauteurs piézométriques de référence utilisées pour le calage

Formation	Nombre de hauteurs piézométriques disponibles pour le calage
Alluvions	42
Marnes et Caillasses	33
Calcaires grossiers	57
Yprésien	20
Craie	32

Le calage a été réalisé en ajustant un certain nombre de paramètres hydrodynamiques, dont notamment les perméabilités horizontales du Lutétien et de la craie, et les perméabilités verticales des Marnes et Caillasses, des Calcaires Grossiers glauconieux, de l'Yprésien et des Marnes de Meudon.

Les paramètres hydrodynamiques des différentes couches représentées ont été considérées comme constants dans l'espace même si certaines formations présentent une perméabilité de fissures. L'état de fissuration d'une roche carbonatée peut être assez variable localement. Malgré tout, les paramètres hydrodynamiques de ce type de couches peuvent être considérés comme homogènes à l'échelle des phénomènes que l'on cherche à simuler pour les raisons suivantes :

- aucune corrélation spatiale sur les valeurs de paramètres hydrodynamiques dont nous disposons ne permet de définir des zones distinctes ;
- les données piézométriques disponibles ne mettent pas en évidence des changements de gradients d'écoulement « brusques » attribuables à des variations de paramètres hydrodynamiques,
- aucun « accident » ou « phénomène géologique » ne permet d'expliquer ou de proposer clairement une variation spatiale éventuelle dans la perméabilité des couches.

Deux domaines ont toutefois été distingués pour la craie :

- le domaine de la boutonnière de Boulogne-Billancourt où la craie est directement au contact des alluvions de Seine. Dans ce secteur la craie et est considéré comme très perméable sur une épaisseur importante (environ 20-30 mètres),
- le reste du domaine modélisé où la craie est recouverte par une épaisse couverture tertiaire et est considérée comme nettement moins perméable sur une épaisseur réduite (quelques mètres).

Les valeurs importantes de paramètres hydrodynamiques ont par contre fait l'objet de tests de sensibilité lors des simulations qui sont présentés ci-après.

5.4.4.2 Résultats et interprétation

Les graphiques suivants présentent les cotes piézométriques mesurées au regard des cotes piézométriques simulées par le modèle, par unité hydrogéologique et par secteur (Ouest puis Est). Les valeurs présentées sont des valeurs synchrones dans la mesure où elles sont issues du même mois (Avril 2014).

L'erreur du modèle est en moyenne de 2,9% dans le domaine hydrogéologique à l'ouest du plateau de Villejuif, et 1,7 % à l'est (L'erreur est calculée en faisant la moyenne des valeurs absolues des différences, ramenée à l'amplitude piézométrique totale).

Les cotes piézométriques issues des aquifères perchés c'est-à-dire toutes les cotes issues des ouvrages crépinés au-dessus des Sables de Beauchamp intermédiaires, ne font pas partie des objectifs de calage du modèle, excepté à Bagneux où il nous a paru intéressant de restituer le décrochage piézométrique entre les sables de Beauchamp (point BAG-FAI-SC0192) et les calcaires grossiers, cette information pouvant servir à justifier les faibles perméabilités verticales qui peuvent être rencontrées entre ces deux horizons.

Le Tableau 49 suivant présente les perméabilités retenues à l'issue du calage.

Tableau 59 : Paramètres hydrodynamiques des formations géologiques obtenues après calage du modèle en régime permanent

Désignation	Nombre de couches numérique	Kh (m/s)	Kh/Kv	Kv (m/s)
Alluvions modernes de la Seine	1	5,0E-06	10	5,0E-07
Alluvions modernes de la Marne	1	5,0E-05	10	5,0E-06
Limons de plateau	1	4,5E-05	10	4,5E-06
Alluvions de la Bièvre	1	5,0E-04	10	5,0E-05
Remblais	1	2,0E-06	4	5,0E-07
Alluvions anciennes (Seine et Marne)	1 à 2	1,3E-03	10	1,3E-04
Formations comprises entre les alluvions et le calcaire de Saint-Ouen (Masses et Marnes du gypse etc...)	1	2,1E-05	100	2,1E-07
Marno-calcaire de Saint-Ouen	1	1,8E-04	500	3,6E-07
Sables de Beauchamp supérieurs	1	1,0E-05	100	1,0E-07
Sables de Beauchamp intermédiaires	1	1,0E-07	20	5,0E-09
Sables de Beauchamp inférieurs	1	1,0E-05	100	1,0E-07
Marnes et Caillasses	3	2,3E-04	470	5,0E-07
Calcaire grossier	4	8,1E-05	1	8,1E-05
Calcaire grossier inférieur	1	1,5E-08	10	1,5E-09
Sables supérieurs	1	3,0E-04	10	3,0E-05
Fausses glaises	1	5,0E-06	10	5,0E-07
Sables d'Auteuil	1	3,0E-04	10	3,0E-05
Argile plastique	4	1,0E-08	100	1,0E-10
Sables inférieurs faciès graveleux	1	4,0E-04	50	8,0E-06
Sables inférieurs faciès sableux	1	1,5E-04	50	3,0E-06

Sables inférieurs faciès silteux	1	1,5E-05	50	3,0E-07
Marnes de Meudon	4	1,2E-07	100	1,2E-09
Calcaire de Meudon et craie fissurée sous couverture tertiaire	3	2,0E-04	1	2,0E-04
Craie fissurée sous couverture alluviale	1	3,0E-03	1	3,0E-03
Craie Saine	3	5,0E-06	1	5,0E-06 à 5,0E-07

La valeur de transmissivité la plus proche est celle du site de la résidence du Colombier à Créteil par le bureau d'études G2H conseils en 2012 [16] pour le compte de DALKIA. La transmissivité mesurée est de 5E-3 m²/s à l'issue d'un pompage de 24 heures à un débit de 100 m³/h dans le Lutétien. Le modèle restitue parfaitement cette transmissivité.

Le tableau suivant présente une analyse comparée entre les données mesurées et les données simulées gare par gare. Il faut se reporter aux cartes jointes pour visualiser les écoulements (de la Figure 54 à la Figure 63). Pour chaque gare, l'analyse est effectuée pour les nappes principales concernées par le projet. On notera que les isopièzes du Lutétien sont issues de l'horizon perméable des Calcaires Grossiers, qui peuvent être sensiblement différentes des cotes piézométriques dans les Calcaires Grossiers glauconieux, situés à la base du Lutétien, ou des Marnes et Caillasses, situés dans l'horizon supérieur.

Les gradients observés et les sens d'écoulement ont été définis sur la base des données disponibles issues des reconnaissances géotechniques (G1 et G2) et de mesures complémentaires disponibles dans la banque de données du sous-sol notamment. Les mesures réalisées lors des reconnaissances géotechniques sont, évidemment, alignés sur le projet et permettent rarement à elles seules de définir un sens et un gradient d'écoulement précis. Il est donc nécessaire de réaliser une analyse comparée entre les données issues des reconnaissances du projet et les données issues d'autres sources pour pouvoir juger du gradient d'écoulement. Ce travail nécessite donc également une interprétation qui est plus ou moins précise suivant les secteurs. De ce fait et à notre sens, le modèle qui représente de manière aussi fine que possible la géométrie des couches permet aussi de préciser un état initial piézométrique. C'est en particulier le cas au niveau de la gare de Fort-d'Issy-Vanves-Clamart. En effet, cette gare située à proximité immédiate d'un axe de drainage de la nappe du Calcaire Grossier au nord-ouest qui est constitué par l'intersection entre la topographie en bordure de coteau et le toit des formations yprésiennes argileuses. Ce contexte particulier rend mal aisé l'interprétation de la direction d'écoulement dans ce secteur. En effet, il est très difficile, au regard des mesures disponibles, de déterminer si l'écoulement de la nappe du Lutétien est dirigé vers son exutoire principal, à savoir la Seine vers le nord-est, ou vers son exutoire secondaire, à savoir les zones de débordement de coteau vers le nord-ouest. Le modèle restitue une direction d'écoulement vers le nord-ouest en direction du coteau ce qui est possible mais favorable compte tenu de la position de la Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart.

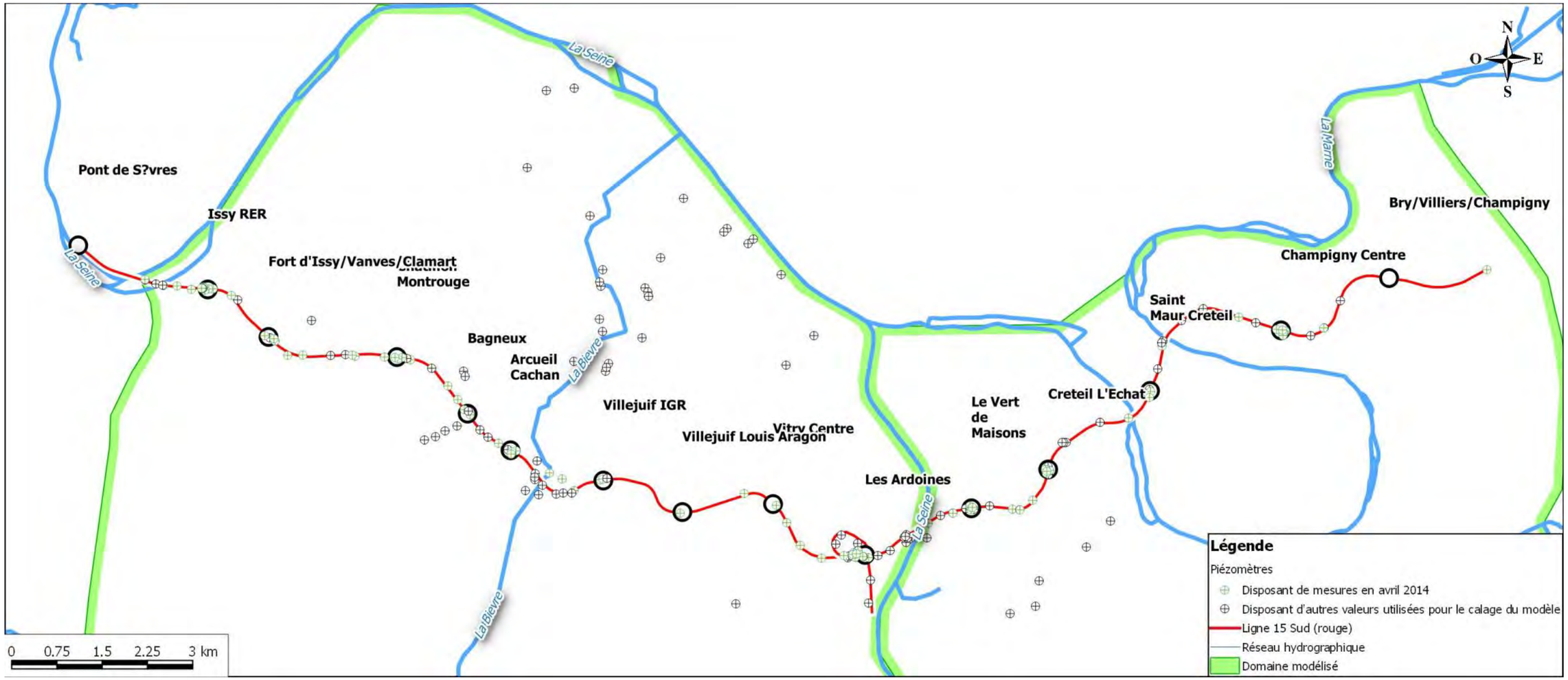


Figure 52 : localisation des piézomètres utilisés pour le calage du modèle

Globalement, le calage est satisfaisant. Il permet de représenter correctement les charges, directions et gradient d'écoulement des principales nappes concernées : nappe de la craie, nappe du Lutétien (Marnes et Caillasses, Calcaire grossier), nappe alluviale. La nappe de la craie reste toutefois la nappe la moins connue car très profonde et peu productive au droit du secteur modélisé.

Les paramètres hydrodynamiques retenus à la fin du processus de calage sont cohérents avec les données disponibles. Ceci étant, les données de référence disponibles sont représentatives des perméabilités horizontales qui est la perméabilité mesurée par les différentes méthodes de pompage d'essai. Aucune mesure de terrain ne permet réellement de déterminer les perméabilités verticales des couches. Ce paramètre résulte donc plutôt des opérations de calage par la restitution des différences de charge observées entre différentes couches. Pour fixer les perméabilités verticales des couches géologiques, nous avons appliqué des ratios en fonction de la nature géologique des matériaux :

- Pour les marno-calcaires (Marno-calcaire de Saint-Ouen et Marnes et Caillasses, marnes de Meudon, Masses et Marnes du Gypse) : ratio fort de 100 à 500 entre perméabilité horizontale et verticale car, pour ces terrains, les écoulements horizontaux peuvent être assez importants dans les horizons calcaires et les écoulements verticaux nettement freinés par les couches de marne ;

- Pour les roches à perméabilité de fissures (craie, Calcaire grossier) : la même perméabilité horizontale et verticale a été appliquée ;

- Pour les autres terrains sableux et argileux : le ratio perméabilité horizontale sur perméabilité verticale est variable entre 10 et 100.

Le modèle restitue correctement les différences de charge observés entre la craie et la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses. Les échanges verticaux entre ces deux nappes sont donc bien représentés même si les données disponibles ne permettent pas de déterminer précisément les perméabilités verticales respectives des couches situés entre le Calcaire grossier et la Craie perméable.

Une couche géologique intermédiaire au sein des sables de Beauchamp a été créée afin de constituer un frein hydraulique entre le Marno-Calcaire de Saint-Ouen et la nappe du Lutétien sous-jacente (les sables de Beauchamp médians sont réputés peu perméables dans la littérature). La perméabilité verticale de cette couche a été ajustée afin de restituer une différence de charge observée grâce à un piézomètre de la SGP situé dans les Calcaires de Saint-Ouen au niveau de la gare de Bagneux. La différence de charge observée entre le Calcaire grossier et le Marno-Calcaire de Saint-Ouen est de 15 m environ. Le modèle restitue une différence de charge de 10 m ce qui est satisfaisant. Peu de données précises sont toutefois disponibles pour déterminer la perméabilité verticale des terrains entre le Marno-calcaire de Saint-Ouen et le Calcaire Grossier. Ce paramètre est toutefois important car des pompages d'épuisements significatifs sont prévus au sein des Calcaires grossiers dans la plaine alluviale de la Seine et de la Marne. Or, la perméabilité verticale entre les alluvions et le Calcaire Grossier va conditionner, en partie, l'impact résiduel des pompages d'épuisement au sein des alluvions où sont fondés de nombreux bâtiments. Des tests de sensibilité ont donc été réalisés sur ces échanges verticaux (cf. ci-après).

Tableau 60 : synthèse des résultats de calage gare par gare

Gare	Première nappe	Seconde nappe
Fort d'Issy-Vanves-Clamart	Lutétien Gradient observé : 1.3% environ, mais potentiellement deux fois moins sur la base des mesures synchrones d'avril 2014 ou de l'atlas hydrogéologique du bassin de Paris Gradient simulé : 0,5 à 0,9% Piézométrie obs. : +/-61 m NGF Piézométrie sim : +/-61 m NGF Note : L'environnement hydrogéologique est complexe (terminaison de nappe due à la proximité du front d'affleurement). Le modèle restitue une direction d'écoulement vers la bordure de plateau qui est un exutoire de la nappe. Aucune mesure piézométrique ne permet de préciser vraiment l'allure de l'écoulement dans le secteur au nord-ouest immédiat de la gare	Craie Le décrochage entre la craie et le lutétien, de l'ordre de 30 mètres, est respecté.
Chatillon-Montrouge	Lutétien Gradient observé : 0.6% environ Gradient simulé : 0,4% Piézométrie obs : +/-58 m NGF Piézométrie sim : +/-58 m NGF Le gradient piézométrique restitué est plus faible que celui déduit des observations. L'interprétation des résultats des simulations de l'effet barrage dans ce secteur devra tenir compte de cet écart.	Craie Le décrochage entre la craie et le lutétien, de l'ordre de 30 mètres, est respecté. Piézométrie obs : +/-28 m NGF Piézométrie sim : +/-31 m NGF
Bagneux	Lutétien Gradient observé : 0.4% à 1% environ (peu de données synchrones) Gradient simulé : 0,6% Piézométrie obs : +/-53 m NGF Piézométrie sim : +/-54 m NGF	Craie Le décrochage entre la craie et le lutétien, de l'ordre de 25 mètres, est respecté. Piézométrie obs : +/-30 m NGF Piézométrie sim : +/-31,5 m NGF
Arcueil Cachan	Lutétien Gradient observé : 1,6% environ (peu de données synchrones) Gradient simulé : 1,6% à 2% Piézométrie obs : +/-40 m NGF Piézométrie sim : +/-42 m NGF	Craie Le décrochage entre la craie et le lutétien, de l'ordre de 10 mètres, est respecté. Piézométrie obs : +/-30 m NGF Piézométrie sim : +/-31,5 m NGF
Vitry Centre	Alluvions La nappe est uniquement présente à l'est de la station. A l'ouest les cotes piézométriques renseignent sur le niveau d'une nappe d'alluvions individualisée et perchée au-dessus des Masses et Marnes du Gypse, à priori sans connexion avec la nappe alluviale de la plaine de Vitry.	Lutétien Gradient observé : incertitude importante due à l'absence de mesures sous le plateau de Villejuif. Potentiellement très faible si l'on se base sur les mesures de la vallée de la Bièvre Gradient simulé : 0,19% Piézométrie obs : >30,5 m NGF (correspond à une hauteur piézométrique mesurée dans les Marnes et Caillasses en aval vers l'est de la gare) Piézométrie sim : 33,5 m NGF

Gare	Première nappe	Seconde nappe
Les Ardoines	Alluvions Piézométrie obs : +/-30,5 m NGF Piézométrie sim : +/-31,5 m NGF	Lutétien Gradient observé : incertitude due au manque de mesures locales synchrones. Gradient observé : 0,2% environ Gradient simulé : 0,14% à 0,17% Piézométrie obs : +/-30 m NGF Piézométrie sim : +/-31 m NGF
Le Vert de Maisons	Alluvions Piézométrie obs : +/-29,5 m NGF Piézométrie sim : +/-30,5 m NGF	Lutétien Gradient observé : 0,09 % Gradient simulé : 0,09% Piézométrie obs : +/-29 à 30 m NGF Piézométrie sim : +/-31 m NGF
Créteil L'Echat	Alluvions Piézométrie obs : +/-30,5 m NGF Piézométrie sim : +/-30,75 m NGF	Lutétien Gradient observé : 0,08 % Gradient simulé : 0,08% Piézométrie obs : +/-30,5 m NGF Piézométrie sim : +/-31 m NGF
Saint Maur Créteil	Alluvions Gradient observé : pas d'informations Gradient simulé : 0,3% à 0,5% Piézométrie obs : +/-31 m NGF Piézométrie sim : +/-31 m NGF	Craie Le décrochage entre la craie et les alluvions, de l'ordre de 3 mètres, est respecté. Piézométrie obs : +/-27 m NGF Piézométrie sim : +/-28m NGF
Champigny Centre	Alluvions Gradient observé : 0,15% (peu précis) Gradient simulé : 0,17% Piézométrie obs : +/-33 m NGF Piézométrie sim : +/-33,5 m NGF	Craie Piézométrie obs : pas d'information, mais probablement proche de 30 m NGF Piézométrie sim : +/-27,5 m NGF

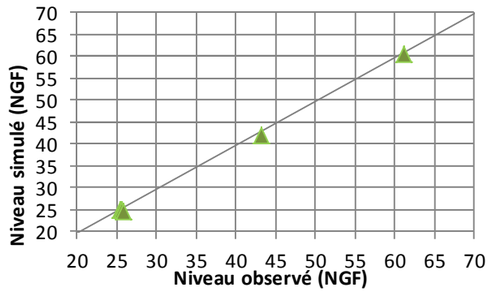
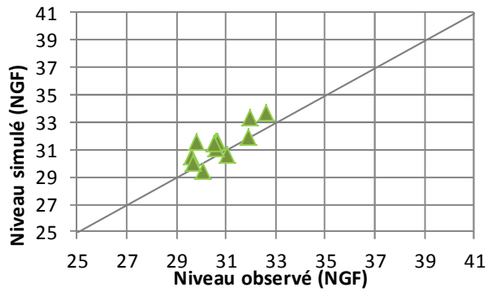
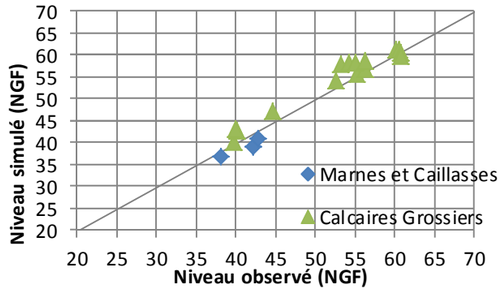
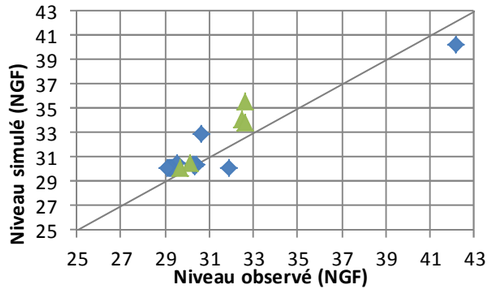
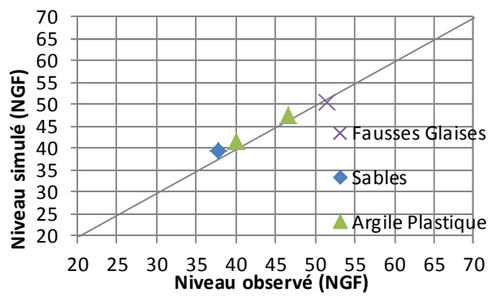
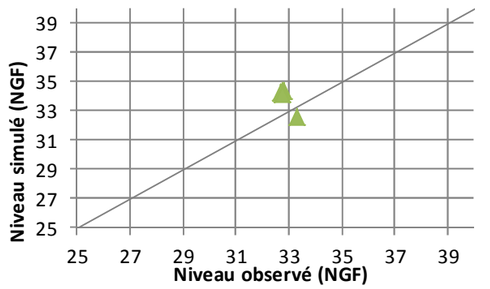
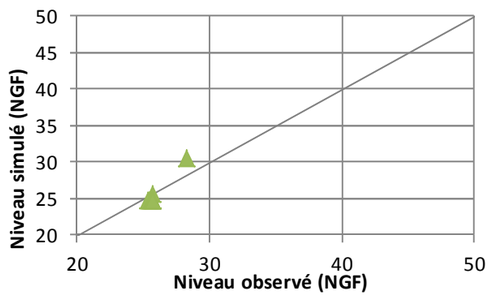
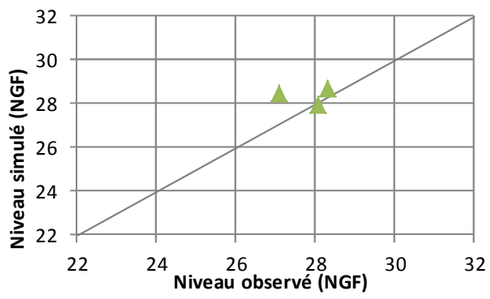
Unité hydrogéologique	Domaine ouest	Domaine est
Alluvions, colluvions		
Lutétien		
Yprésien		 (Fausse Glaises uniquement)
Craie		

Figure 53 : Corrélation entre les valeurs piézométriques de référence et les valeurs piézométriques calculées à l'issue du calage du modèle en régime permanent

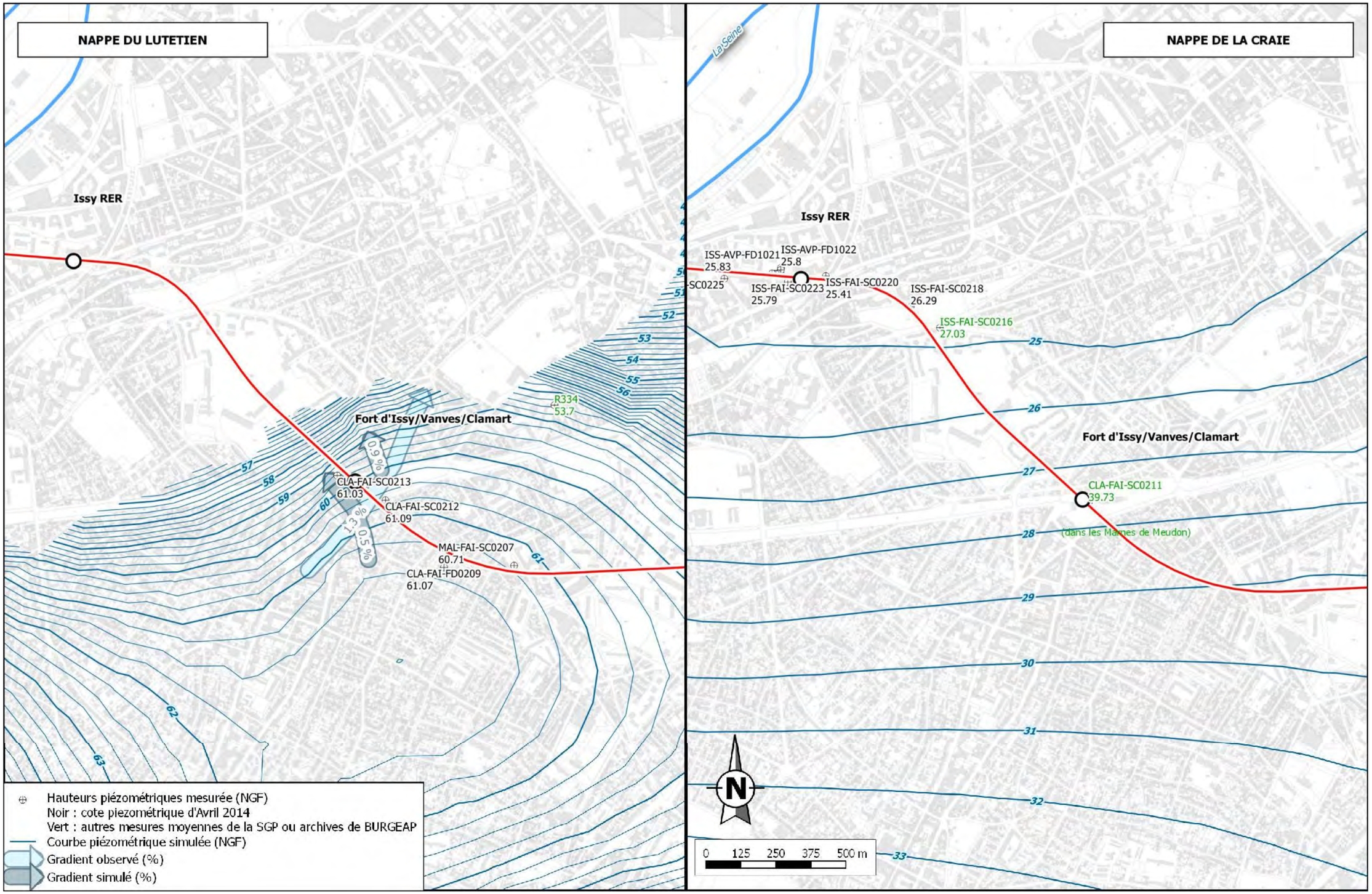


Figure 54 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Fort d'Issy et comparaison des gradients observés et simulés

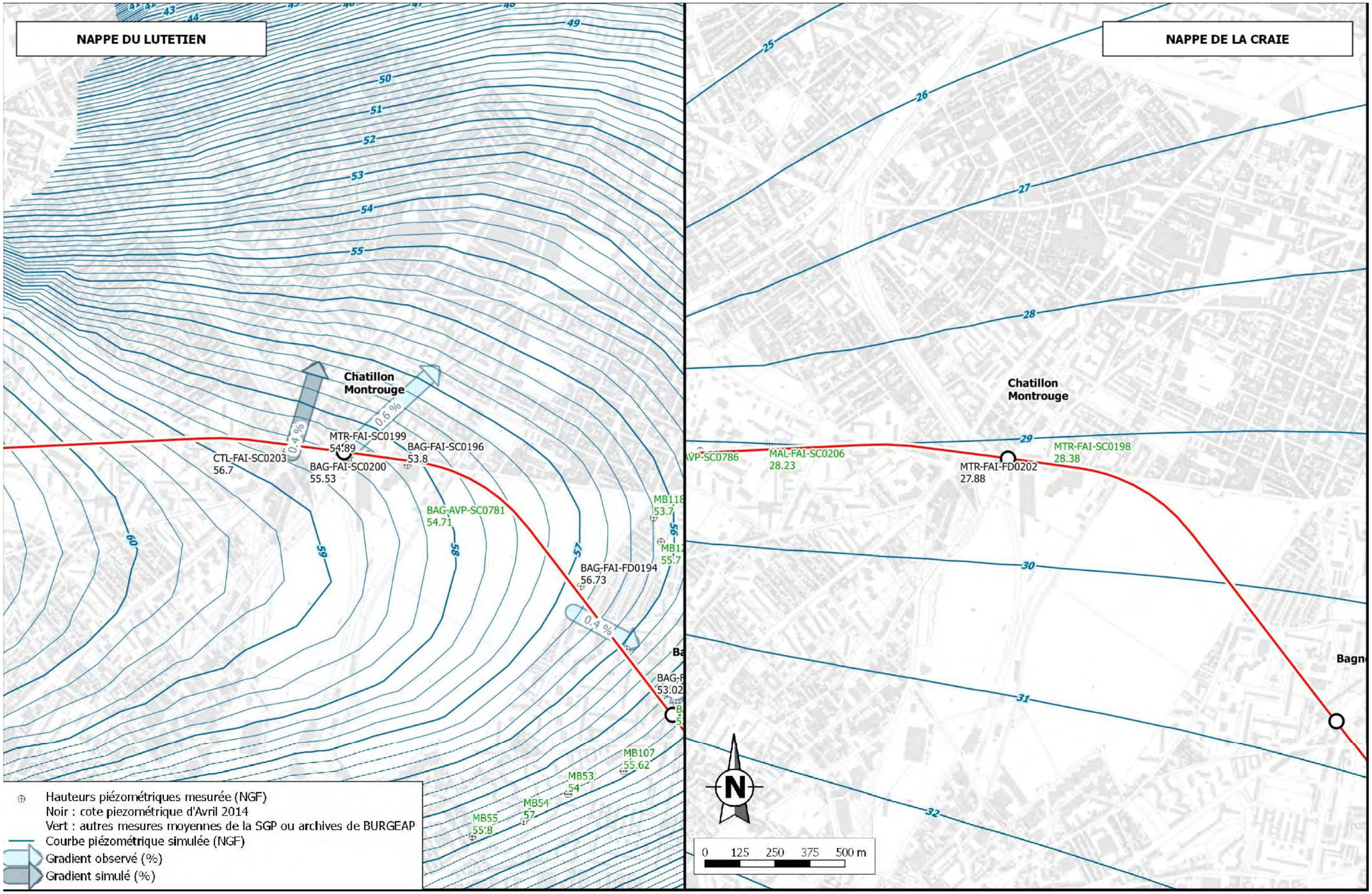


Figure 55 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Chatillon Montrouge et comparaison des gradients observés et simulés

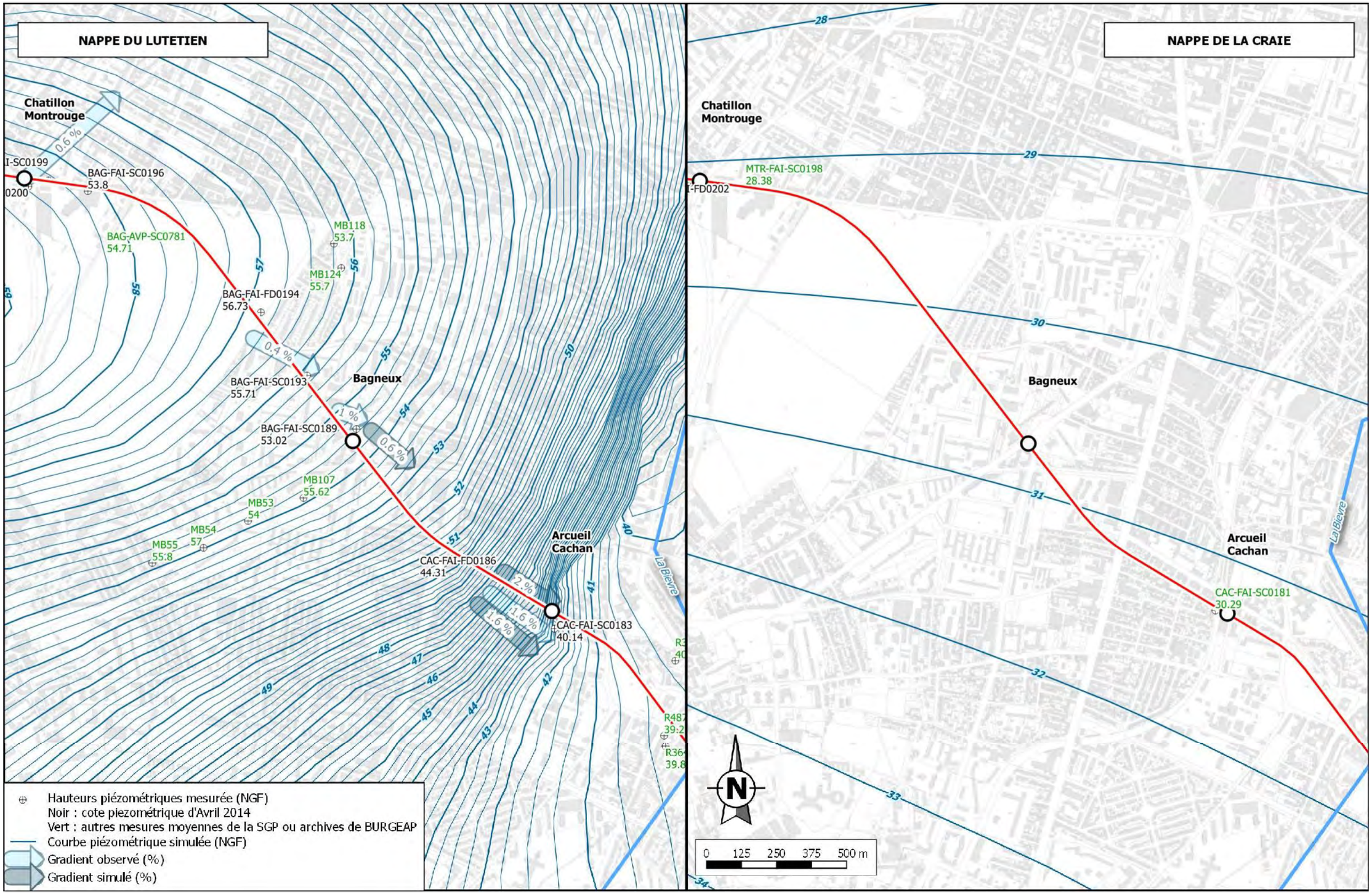


Figure 56 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Bagneux et comparaison des gradients observés et simulés

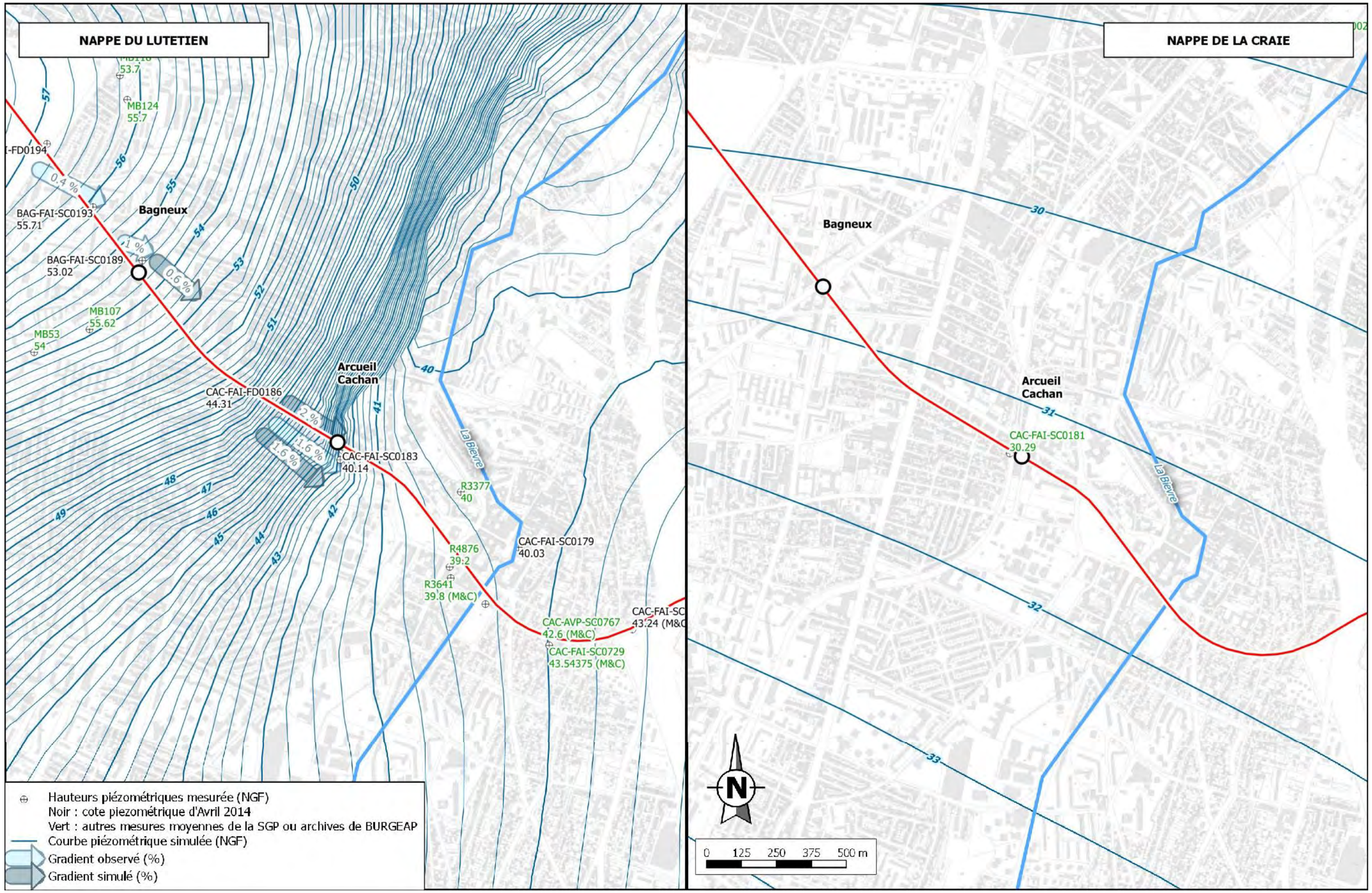


Figure 57 : Carte piézométrique callée au droit de la station d'Arcueil Cachan et comparaison des gradients observés et simulés

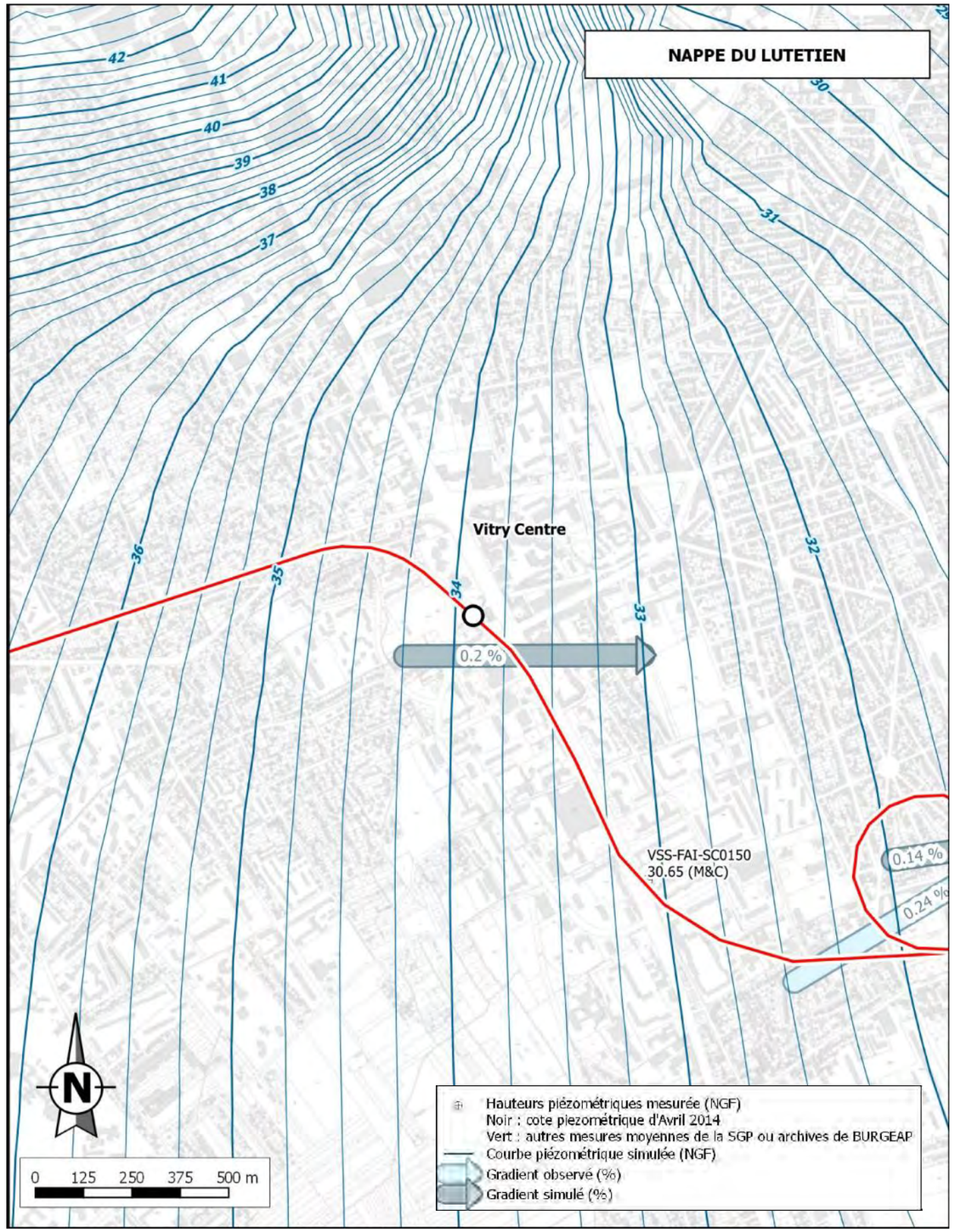


Figure 58 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Vitry Centre et comparaison des gradients observés et simulés

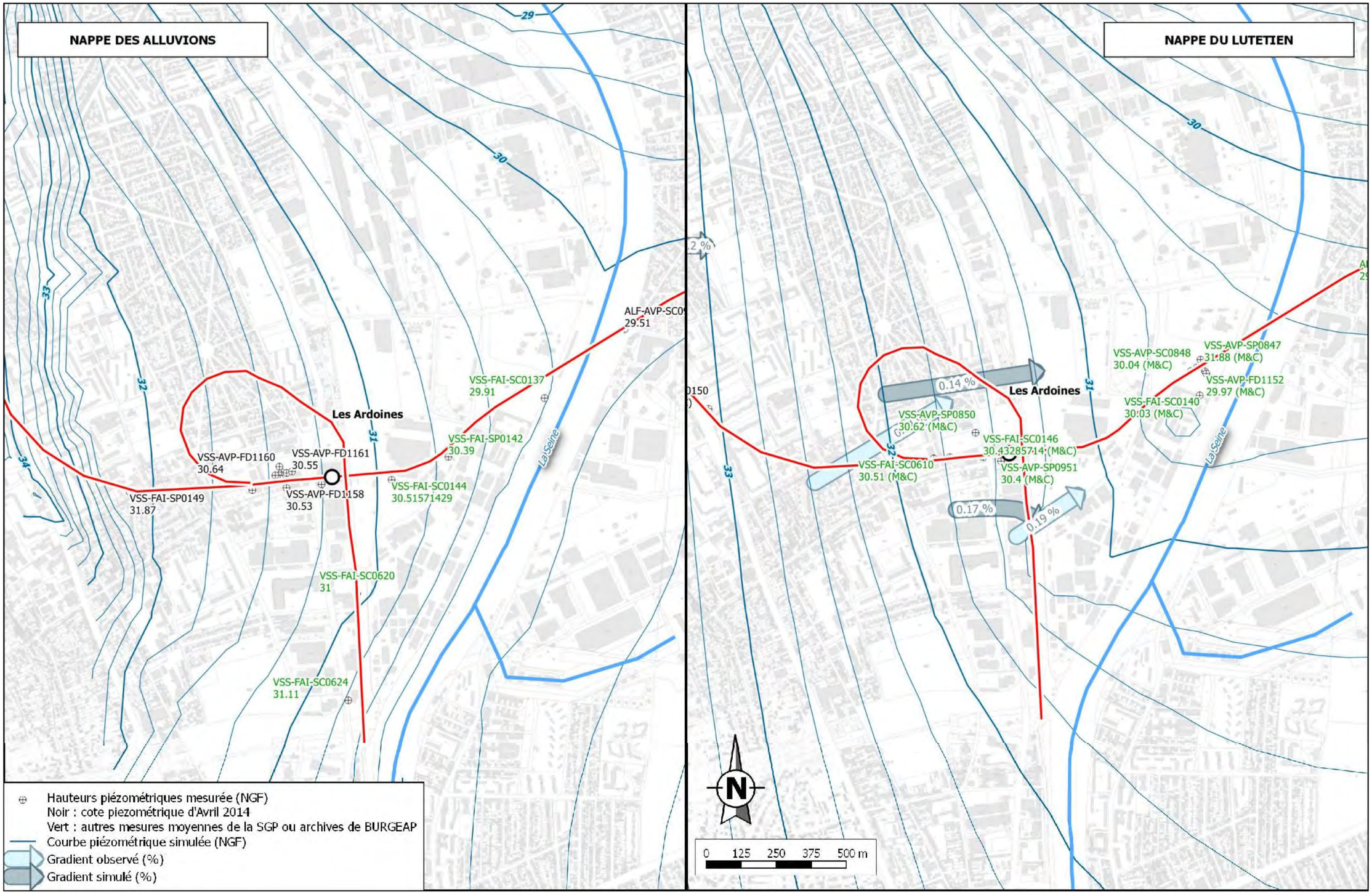


Figure 59 : Carte piézométrique callée au droit de la station des Ardoines et comparaison des gradients observés et simulés

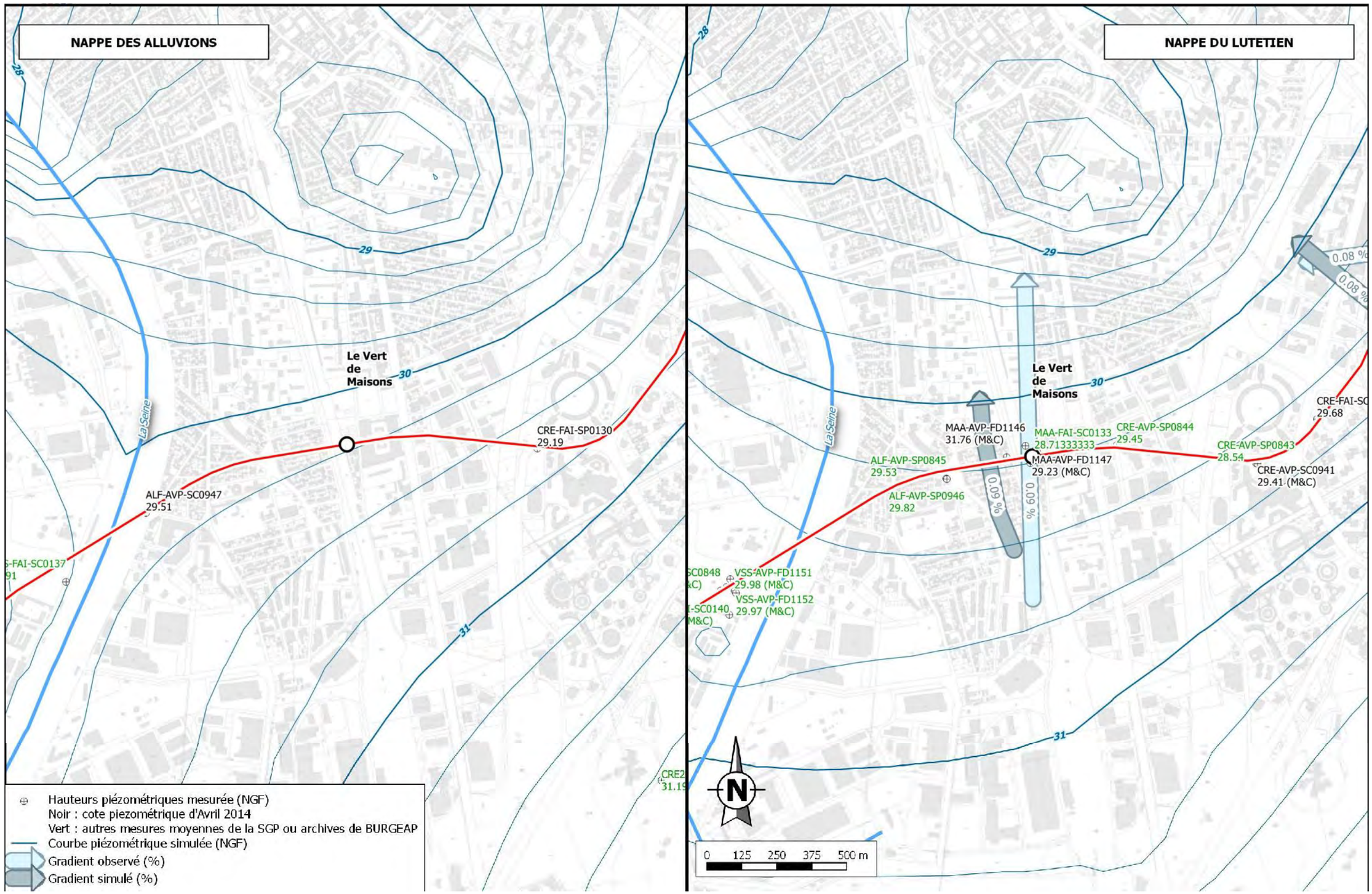


Figure 60 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Vert de Maisons et comparaison des gradients observés et simulés

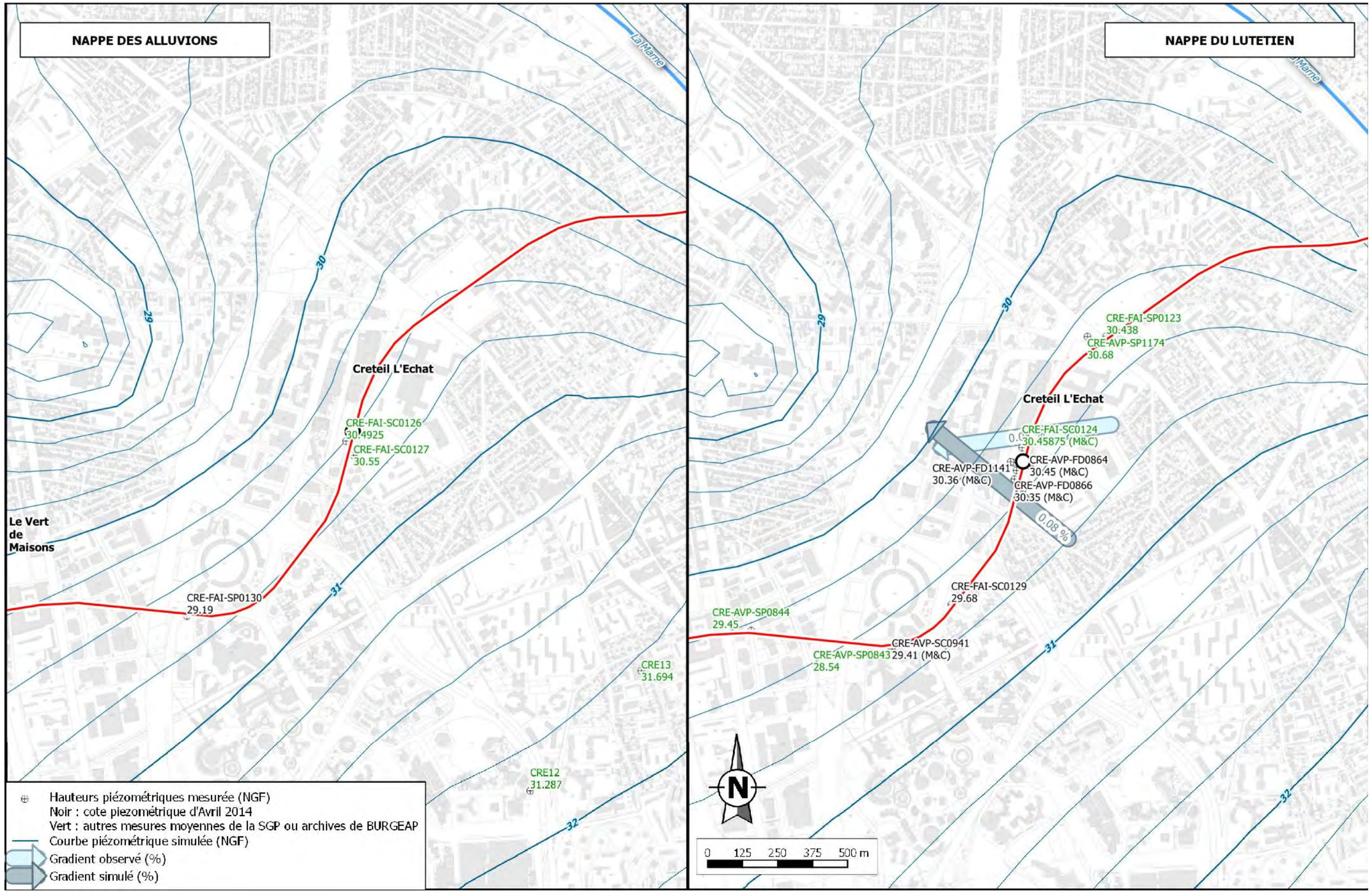


Figure 61 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Créteil l'Echat et comparaison des gradients observés et simulés

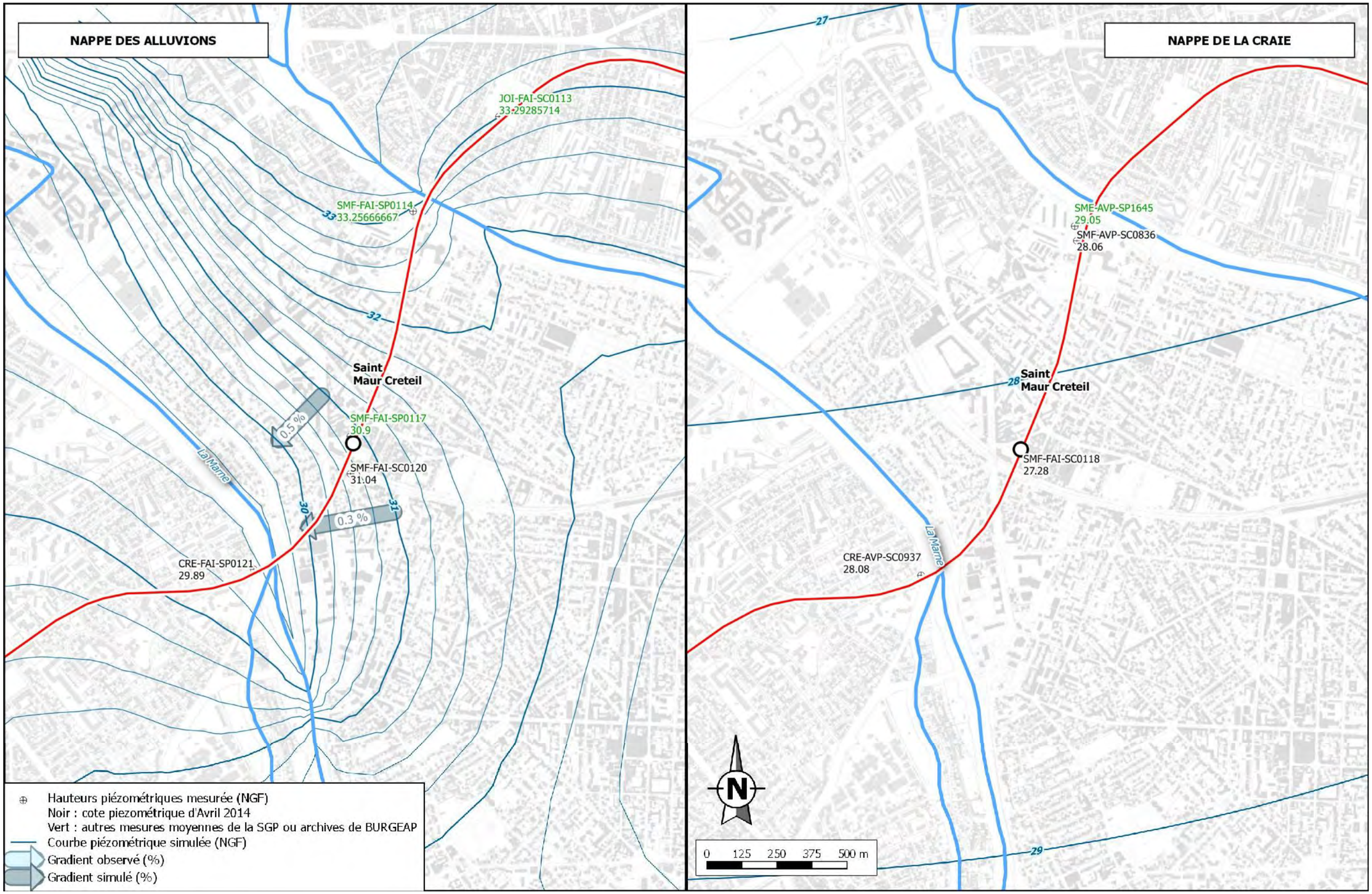


Figure 62 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Saint Maur Créteil et comparaison des gradients observés et simulés

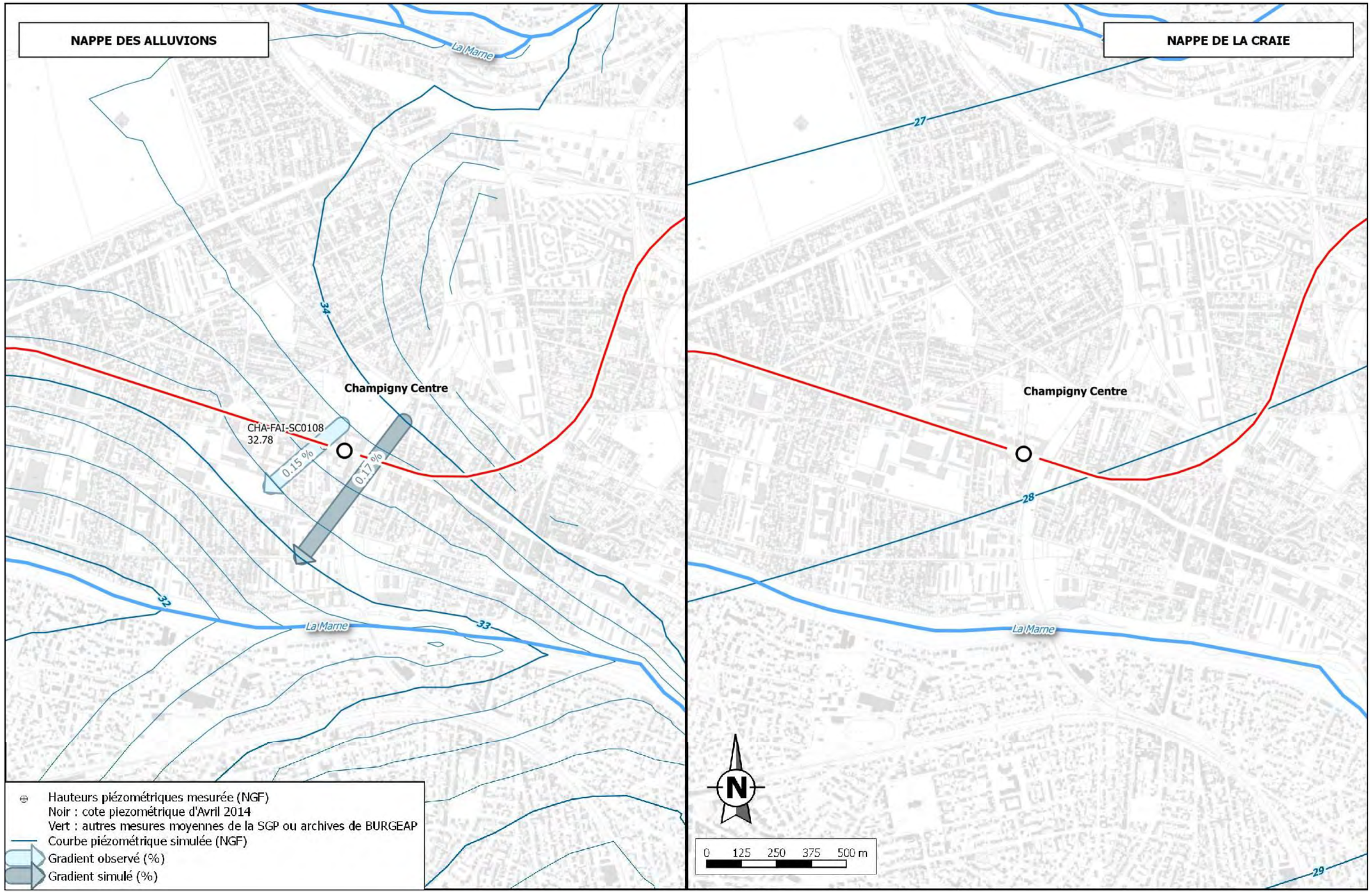


Figure 63 : Carte piézométrique callée au droit de la station de Champigny Centre et comparaison des gradients observés et simulés

Suivant les estimations du modèle calé en régime permanent, le bilan des flux sur l'ensemble du domaine se décompose comme dans le tableau ci-dessous.

Tableau 61 : bilan des flux du modèle

SECTEUR	Débit rentrant L/s	Débit sortant L/s	Rentrant-sortant L/s
Formations de l'éocène supérieur et autres couvertures			
secteur de Meudon	64		64
secteur de Champigny	206		206
Lutétien			
secteur de Meudon	89		89
secteur de Champigny	71		71
secteur de la vallée de la Bièvre amont et de l'Orge	4	131	-127
la Marne en aval de l'écluse d'Alfortville		1	-1
la Marne en amont de l'écluse d'Alfortville		36	-36
la Seine (secteur d'Ivry)		3	-3
La Seine (entre Ivry et l'Ile de la Cité)		0	0
La Seine (entre l'Ile de la Cité et Boulogne)		4	-4
La Seine (Boulogne)		0	0
Yprésien		38	-38
Craie			
Sous la Marne		9	-9
Sous la Seine entre la confluence et Boulogne		8	-8
Sous Boulogne		0	0
Apports régionaux	5	0	5
Bièvre	123	67	56
Orge	4	0	4
Rivière Sud-Est	30	10	20
Seine			
en amont de la confluence avec la Marne	17	310	-292
en aval de la confluence avec la Marne	165	12	153
Marne	55	377	-322
Prélèvements en nappe			
Secteur de Boulogne		201	-201
Secteur de Paris		121	-121
Secteur de la Plaine de Créteil		78	-78
Autres secteurs		33	-33
Chantier métro			
Recharge	620		620
TOTAL			15

D'après le bilan restitué par le modèle, la craie est alimentée essentiellement par drainance descendante des couches supérieures au travers des formations très peu perméables que sont les argiles plastiques et les Marnes de Meudon. Avec les perméabilités verticales retenues dans le modèle aucun flux régional dans la craie significatif n'est nécessaire. Il est possible toutefois que les perméabilités verticales des Marnes de Meudon et des Argiles plastiques retenues dans le modèle soient surestimées (bien que très faibles). Aucun élément ne permet de définir précisément la perméabilité verticale à retenir pour ces formations très peu perméables. Il s'agit toutefois d'un paramètre peu influant sur les résultats des simulations.

5.4.5 Calage en régime transitoire

5.4.5.1 Objectifs et méthodologie

Le calage du modèle en régime transitoire a essentiellement consisté à reproduire les transmissions d'onde de crues de Seine dans l'aquifère, qui ont été enregistrées en bordure de Seine.

Le calage en régime transitoire a ainsi été réalisé en ajustant les paramètres suivants :

- le coefficient de colmatage des berges et du lit de la Seine,
- la porosité des alluvions de la Seine.

En effet, outre la transmissivité de l'aquifère, qui a été calée en régime permanent, ce sont ces deux paramètres qui conditionnent essentiellement l'évolution piézométrique de la nappe alluviale lorsque la Seine est sujette à une crue.

Pour caler ces paramètres, nous avons considéré les suivis de transmission d'onde de crue présentés dans le paragraphe 5.3.3.6.

5.4.5.2 Résultats et interprétation

Les restitutions des amplitudes d'ondes de crue en nappe ont été établies en appliquant les colmatages des berges et du lit du fleuve donnés dans le tableau suivant et pour une porosité efficace des alluvions anciennes égale à 10%. La carte de la Figure 64 permet de visualiser l'emprise des différentes zones de colmatage retenues dans le modèle.

Tableau 62 : Facteur de colmatage de la Seine et de la Marne obtenu après calage du modèle en régime transitoire

La Seine à Boulogne et Issy	3x10-7 s-1
La Seine à Paris (en aval de la confluence Seine-Bièvre)	4,4x10-7 s-1
La Seine à Paris (en amont de la confluence Seine-Bièvre) et Ivry	3x10-6 s-1
La Seine en amont de la confluence avec la Marne	1x10-5 s-1
La Marne	1,3x10-5 s-1
La Bièvre en aval de Cachan	1x10-4 s-1
La Bièvre en amont de Cachan	1x10-6 s-1

On constate que les opérations de calage en régime transitoire ont conduit à la mise en place d'un colmatage géographiquement différencié entre l'amont et l'aval du domaine : le colmatage augmente en direction du centre de Paris, ce qui est cohérent avec la présence depuis plusieurs dizaines d'années de prélèvements en nappe importants dans ce secteur (voir paragraphe

5.3.3.6),ces pompages conduisant les fines à migrer de la Seine vers l'aquifère dont elles comblent et donc colmatent les vides.

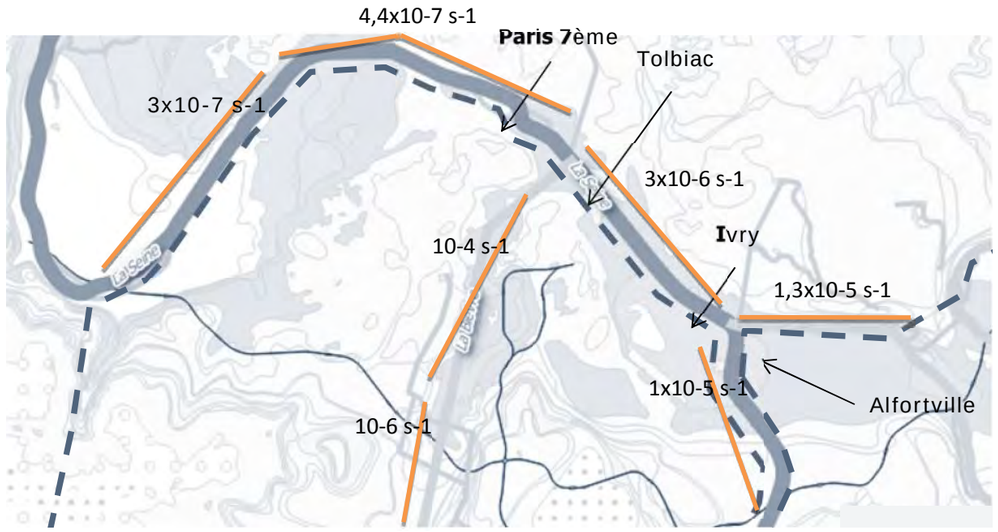


Figure 64 : carte des facteurs de colmatage retenus à l'issue des calages en régime transitoire

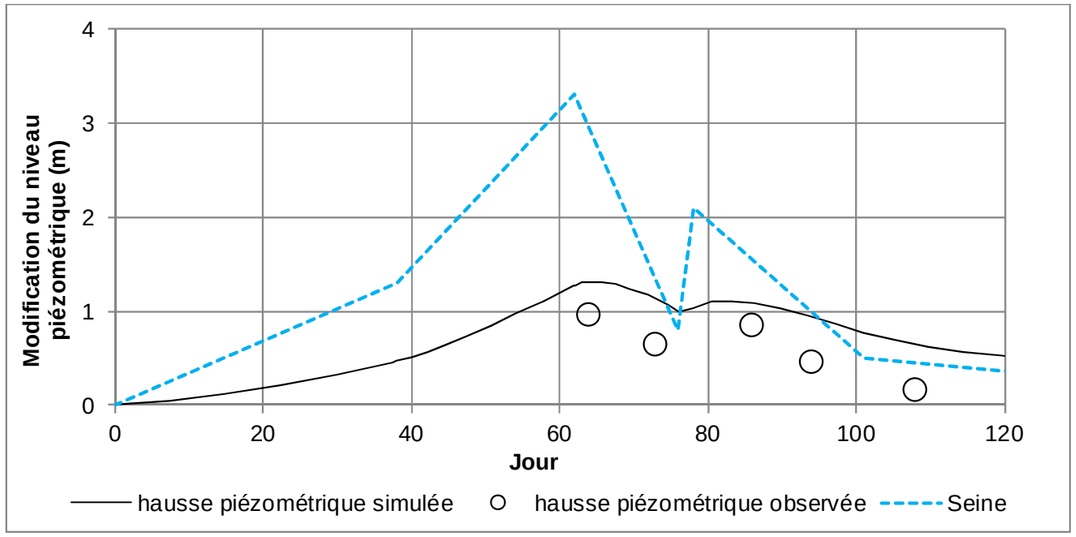


Figure 65 : onde de crue de Paris 7ème

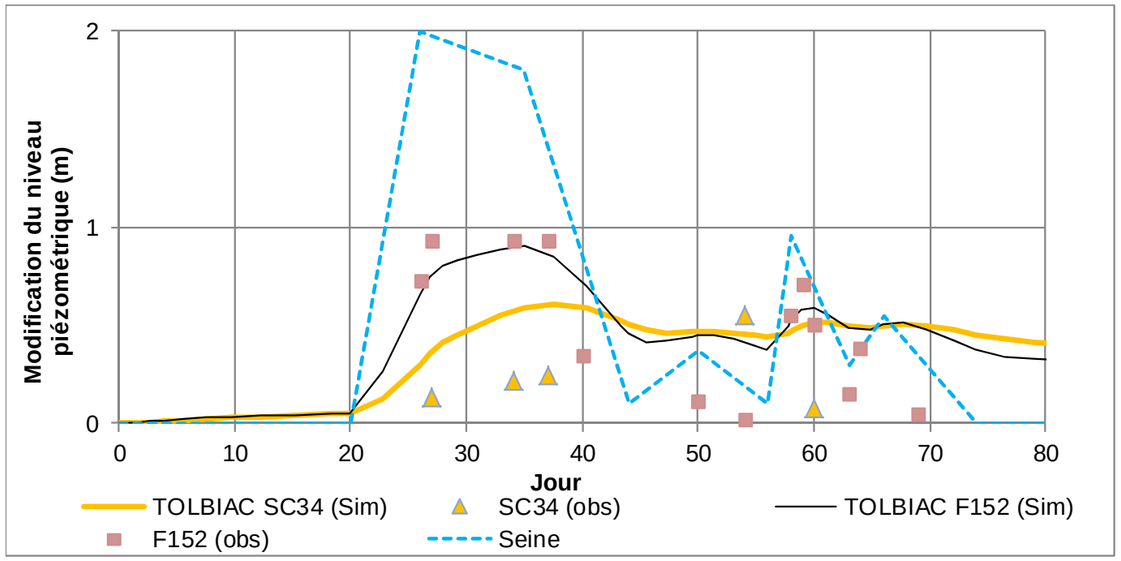


Figure 66 : onde de crue de la Rue Tolbiac (Paris)

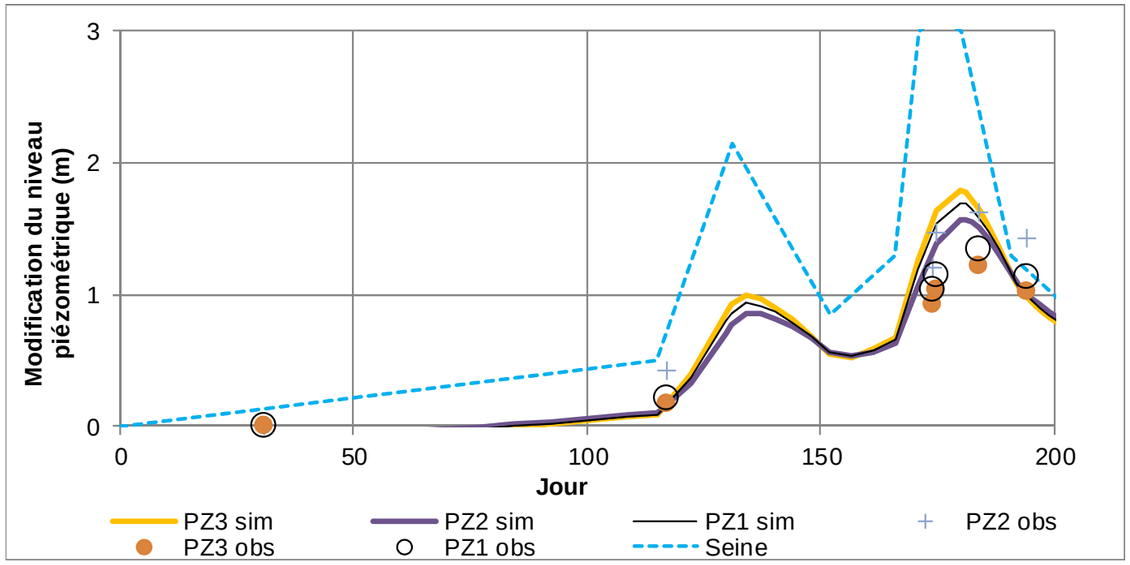


Figure 67 : onde de crue d'Ivry

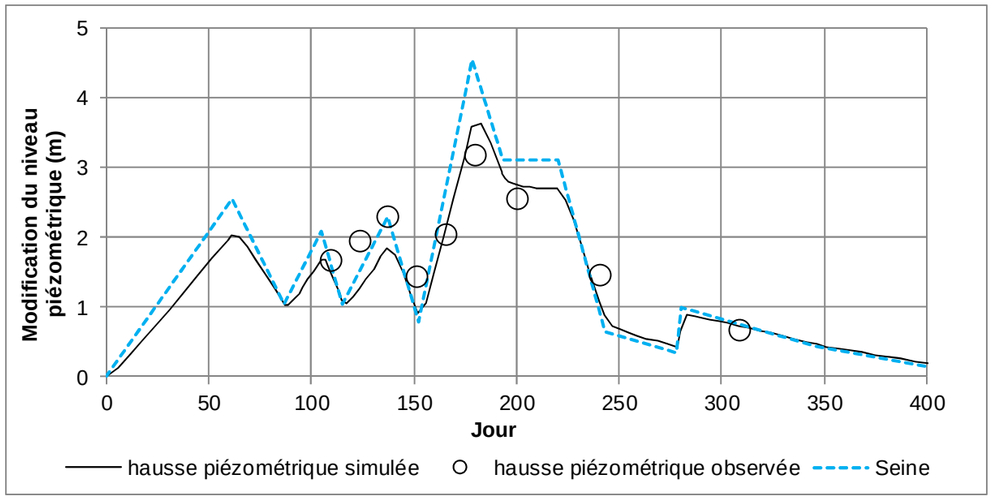


Figure 68 : onde de crue d'Alfortville

Le bilan des flux donnés au paragraphe 5.4.4.2 tient compte de l'ajustement des paramètres de colmatage.

Les valeurs des coefficients d'emmagasinement (libre ou captif) retenues pour les autres formations sont indiquées dans le Tableau 63 suivant. Hormis pour les alluvions anciennes, les coefficients d'emmagasinement n'ont pas l'objet de calage spécifique, étant donné que les données de transmission de crue disponibles ne concernent que les alluvions anciennes.

Tableau 63 : Valeurs des coefficients d'emmagasinement retenues

Désignation	Emmagasinement captif (m^{-1})	Emmagasinement libre (m^3/m^3)
Alluvions modernes	5E-04	1%
Alluvions modernes	5E-04	10%
Limons de plateau	5E-04	10%
Alluvions de la Bièvre	5E-04	10%
Remblais	5E-04	10%
Alluvions anciennes (Seine et Marne)	5E-04	10%
Formations comprises entre les alluvions et le calcaire de Saint-Ouen (Masses et Marnes du gypse etc…)	5E-04	1%
Marno-calcaire de Saint-Ouen	5E-04	1%
Sables de Beauchamp supérieurs	5E-04	1%
Sables de Beauchamp intermédiaires	5E-04	1%
Sables de Beauchamp inférieurs	5E-04	1%
Marnes et Caillasses	1E-04	1%
Calcaire grossier	1E-04	1%
Calcaire grossier inférieur	1E-04	1%
Sables supérieurs	1E-04	5%
Fausses glaises	1E-04	1%
Sables d'Auteuil	1E-04	5%
Argile plastique	1E-04	1%
Sables inférieurs faciès graveleux	1E-04	5%
Sables inférieurs faciès sableux	1E-04	5%
Sables inférieurs faciès silteux	1E-04	5%
Marnes de Meudon	1E-05	1%
Calcaire de Meudon et craie fissurée sous couverture tertiaire	1E-05	1%
Craie fissurée sous couverture alluviale	1E-05	1%
Craie Saine	1E-05	0,1%

5.5 Simulations

5.5.1 Principe et méthodologie

Les solutions constructives prévues et les principales caractéristiques des ouvrages sont rappelées dans le tableau suivant :

	Solution constructive retenue pour limiter le débit d'épuisement	Cote et hauteur de dénoyage de la nappe à l'intérieur des parois moulées	Débit d'épuisement estimé
Gare Vitry-Centre	Parois moulées ancrées de quelques mètres au toit des Marnes et Caillasses de perméabilité réduite	Dénoyage à 20,5 m NGF soit sur une hauteur de 10m	200 m^3/h
Puits tunnelier Arrighi	Parois moulées ancrées au sein du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux formations peu perméables yprésiennes (13 m de haut et 2 m d'épaisseur)	Dénoyage à -2 m NGF soit sur une hauteur de 32m	200 m^3/h
Gare Les Ardoines	Parois moulées ancrées au toit du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur et un fond injecté de 5 m d'épaisseur	Dénoyage à 4,5 m NGF soit sur une hauteur de 26m	250 m^3/h
Gare Le Vert De Maisons	Parois moulées ancrées au sein du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée jusqu'aux formations peu perméables yprésiennes (13 m de haut et 2 m d'épaisseur)	Dénoyage à -8 m NGF soit sur une hauteur de 37m	300 m^3/h
Gare Créteil L'Echât	Parois moulées ancrées au toit du Calcaire Grossier et prolongées par une jupe injectée de 2 m d'épaisseur et un fond injecté de 5 m d'épaisseur	Dénoyage à 11,5 m NGF soit sur une hauteur de 19m	250 m^3/h
Gare Saint-Maur Créteil	Parois moulées ancrées dans la craie saine sur 10 m sous le radier	Dénoyage à -20 m NGF soit sur une hauteur de 47m	250 m^3/h

Tableau 64 : Caractéristiques principales des pompages d'épuisement des gares du secteur de la vallée de la Seine et de Marne

La gare de Champigny-Centre ne présentera pas de débits d'épuisement significatifs car elle sera réalisée sous protection de parois moulées ancrées dans les formations peu perméables de l'Yprésien. Elle n'a donc pas fait l'objet de simulations.

Le puits tunnelier Arrighi a fait l'objet de simulations dans la mesure où cet ouvrage annexe a une surface importante et est susceptible de présenter un débit d'épuisement significatif. En revanche, les autres ouvrages annexes du secteur ne seront pas à l'origine de débits d'épuisement importants et seront réalisés sur une courte durée. Ils n'ont donc pas fait l'objet de simulations spécifiques car les débits d'épuisement nécessaires pour réaliser ces ouvrages ne sont pas de nature à entrainer des impacts importants.

Les simulations effectuées pour évaluer l'impact de la réalisation des gares ont été effectuées en reproduisant dans le modèle les caractéristiques techniques énoncées ci-avant ; à savoir la profondeur d'ancrage des parois moulées, la présence d'injections de sol et la cote d'épuisement à atteindre. La profondeur de cette cote d'épuisement est appliquée sur une couche géologique suffisamment profonde à l'intérieur de la fouille pour assurer la stabilité mécanique des horizons peu perméables éventuellement présents immédiatement sous le fond de fouille comme les sables de Beauchamp par exemple.

Les simulations ont été réalisées sur la base des hypothèses suivantes :

- Les parois moulées sont représentées par des mailles de perméabilité très faible dans la mesure où celles-ci sont pratiquement imperméables ;

- Les simulations ont été réalisées en régime permanent uniquement et pour un niveau de Seine normale étant entendu qu'il s'agit du cas le plus défavorable vis-à-vis des exploitations d'eau souterraine ;

Les débits d'exhaure retenus et présentés dans le tableau ci-avant a été calculé avec un coefficient de sécurité de l'ordre de 1,5 à 2 de manière à couvrir la possibilité d'aléas géologiques locaux ne permettant pas de réaliser des injections de qualité homogène sur toute la surface des terrains injectés. Ces aléas sont notamment des hétérogénéités de perméabilité des terrains injectés liées à la fissuration naturelle ou à la présence de vides locaux potentiellement associés au phénomène de dissolution du gypse.

Pour la gare de Vitry-Centre ne nécessitant pas la mise en œuvre d'injection, la perméabilité verticale retenue dans les Marnes et Caillasses pour évaluer le débit d'épuisement est nettement supérieure à la perméabilité usuellement rencontrée dans cette couche. Le débit d'épuisement est donc surévalué pour couvrir le risque de rencontrer localement des fissures dans les Marnes et Caillasses.

Le débit d'épuisement de la gare de Saint-Maur-Créteil dépendra également de la perméabilité naturelle locale de la craie profonde.

La craie, lorsqu'elle est recouverte d'un épais recouvrement tertiaire comme au droit de la gare Saint-Maur-Créteil, est généralement modérément productive sur une épaisseur limitée (quelques mètres) puis devient franchement peu productive car très peu fissurée.

Toutefois, des chantiers profonds d'assainissement réalisés aux alentours de l'axe de l'anticlinal de Meudon (à environ 500 mètres) ont rencontrés localement des fractures ouvertes profondes dans la craie pouvant apporter des venues d'eau significatives qui ont nécessités des traitements par injection de ciment. Ces observations ont conduit à considérer que l'existence de ces failles profondes dans la craie était une conséquence mécanique de la formation de l'anticlinal. De ce fait, le risque de rencontrer des fractures profondes est vraisemblablement conditionné par la distance à l'axe de l'anticlinal.

La gare de Saint-Maur-Créteil étant relativement éloignée de l'axe de l'anticlinal (environ 1200 mètres), l'existence de failles profondes dans la craie au droit de la gare est un aléa peu probable.

Toutefois, le débit d'épuisement en phase travaux a été évalué avec une marge de sécurité importante pour tenir compte notamment de la possible présence de craie particulièrement productive localement. L'existence de failles profondes peut être considérée comme un phénomène localisé et qui donc n'affecterait pas la craie sur de grandes distances.

Ainsi, les débits d'épuisement annoncés pour les gares dans le tableau ci-avant reflètent des cas extrêmes liés à des aléas géologiques non prévisibles.

Pour la quantification des impacts, un premier scénario a été considéré afin d'évaluer les effets piézométriques cumulés entre ouvrages durant la période du chantier où les débits d'épuisement seront les plus importants. Il s'agit donc de la phase du chantier la plus pénalisante en termes d'effet piézométrique à l'échelle du secteur de la plaine de Vitry.

- Une première simulation a été réalisée avec le modèle en retenant des performances d'injection de sol et des perméabilités de terrain considérés comme vraisemblables ; il s'agit du cas de figure probable. Ce cas de figure conduit à des débits d'épuisement nettement inférieurs à ceux présentés dans le dossier, en raison des coefficients de sécurité retenus par les Maitres d'Œuvre.

- Dans un second temps, une simulation a été réalisée en restituant pour chaque ouvrage le débit d'épuisement sécuritaire retenu par le maître d'œuvre. Cette simulation reflète les effets piézométriques attendus dans un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

Les résultats obtenus avec ces deux cas de figure sont présentés ci-après.

L'analyse fine du planning prévisionnel du chantier a permis de définir ce scénario de simulation qui présente le plus fort débit instantanément et le plus d'effets cumulés potentiels à l'échelle du tronçon. Ceci étant, toutes les gares ne seront pas réalisées de manière concomitante. En effet, le pic de pompage d'épuisement local au droit de certaines gares est susceptible de se produire avant ou après la phase critique qui a fait l'objet de la première simulation. En conséquence, le scénario qui présente instantanément le plus gros débit d'épuisement cumulé n'est pas nécessairement celui qui est susceptible de présenter le plus d'effets piézométriques en tout point du secteur. C'est pourquoi, 3 autres scénarios de simulation complémentaires ont été définis qui correspondent à trois autres phases du chantier permettant d'évaluer l'effet piézométrique maximal en tout point. Pour ces 3 autres scénarios de simulation, seul le cas de figure extrême a été considéré c'est-à-dire celui obtenu avec les débits d'épuisement sécuritaires retenus par le maître d'œuvre.

5.5.1.1 Simulation de la phase la plus critique du chantier où les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants : CAS DE FIGURE PROBABLE

Cette situation est représentative de la période où le plus gros débit d'épuisement sera prélevé simultanément sur l'ensemble du secteur.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Cette situation prévoit donc un débit maximal d'épuisement pour les gares de Vert-de-Maisons et Créteil L'Echât. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

Ouvrages	Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	25%	6
Puits Arrighi	pas d'épuisement (0%)	0
Les Ardoines	40%	65
Le Vert de Maisons	100%	102
Créteil L'Echât	100%	104
Saint-Maur-Créteil	pas d'épuisement (0%)	0
DEBIT TOTAL		277

Tableau 65 : Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage et débits d'épuisements restitués pour la phase la plus critique (cas de figure probable)

La simulation a été réalisée en retenant les paramètres hydrodynamiques suivants :

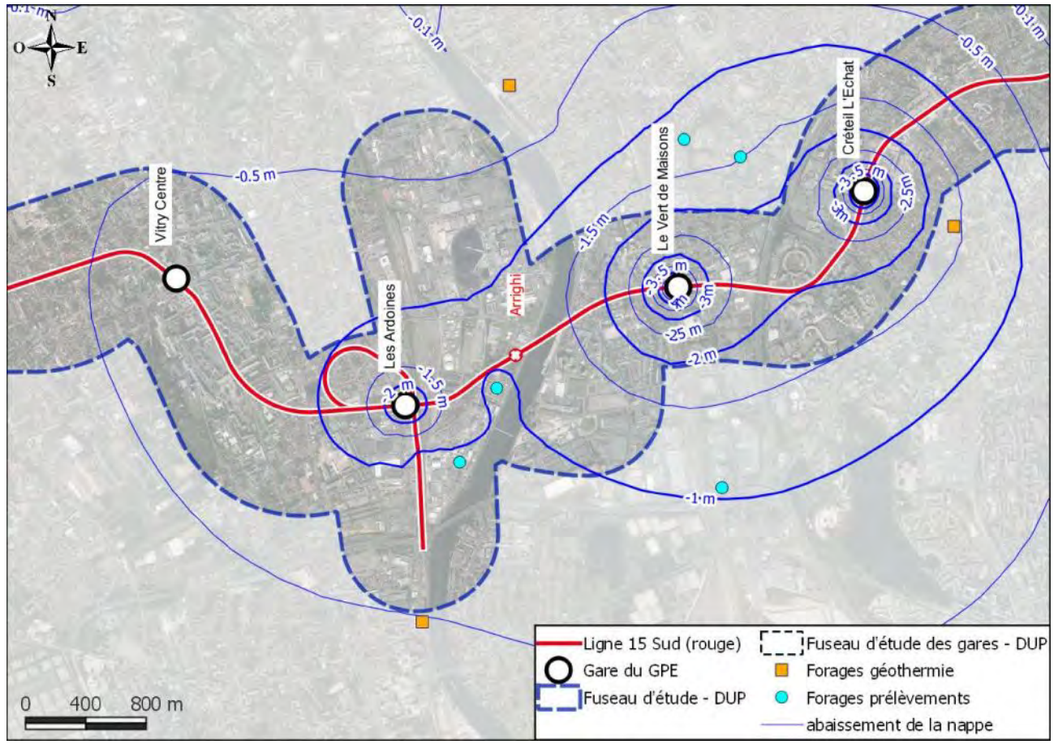
- une perméabilité vraisemblable des jupes et fonds injectés à savoir 1.10^{-6} m/s ;
- une perméabilité des parois moulées de 1.10^{-10} m/s ;
- une perméabilité verticale vraisemblable des Marnes et Caillasses obtenu après calage du modèle à savoir 5.10^{-7} m/s.

Il s'agit de paramètres vraisemblables ; les résultats de la simulation donnent donc des effets piézométriques qui sont probables.

Le tableau précédent présente les débits d'épuisement restitués par le modèle. Ceux-ci sont bien inférieurs à ceux retenus par le maître d'œuvre qui tiennent compte d'aléas géologiques particulièrement défavorables. Il s'agit de débits vraisemblables pour ce type d'ouvrage.

Le débit total prélevé atteint 277 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.



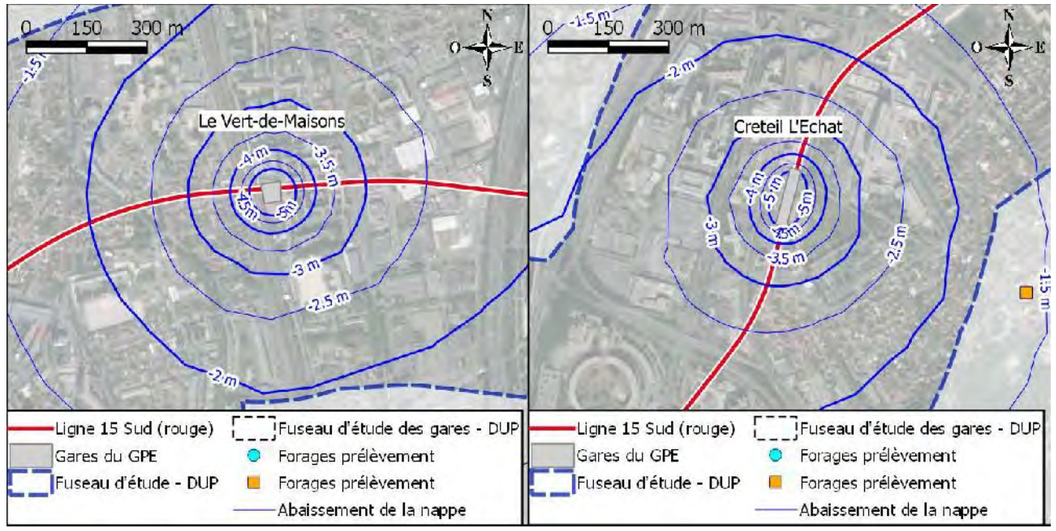


Figure 69 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry

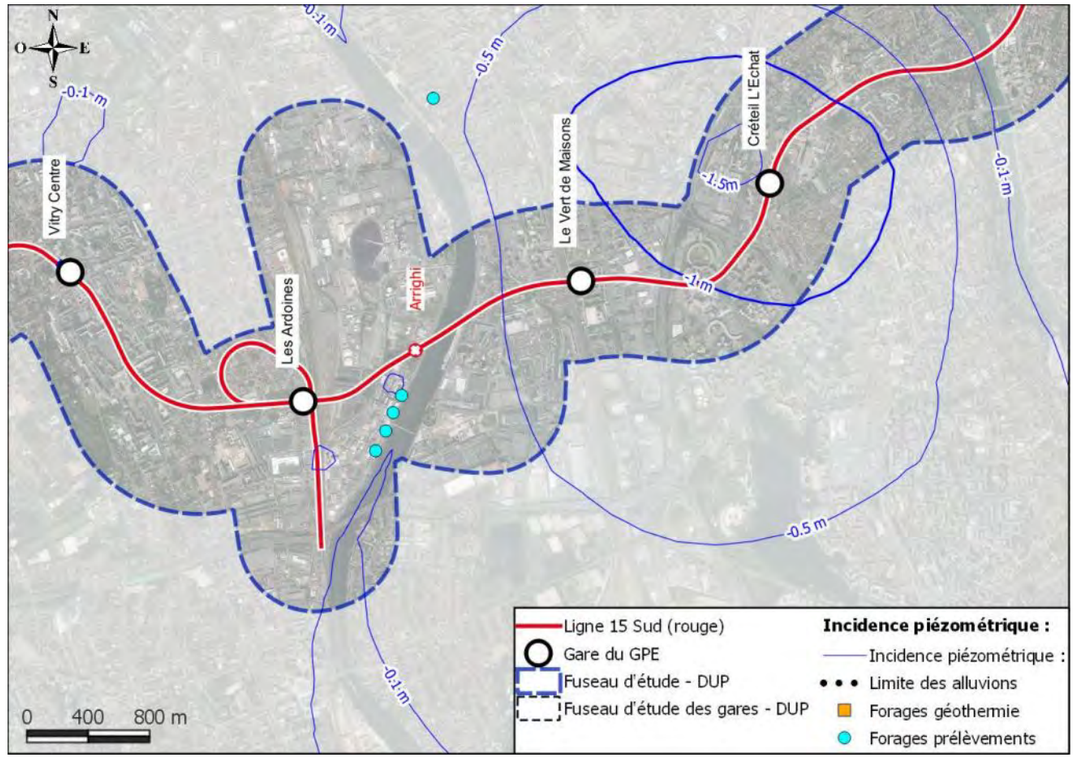


Figure 70 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons et Créteil l'Echât avec des abaissements atteignant 5 mètres.

Le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée de Vert-de-Maisons. Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire considérablement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées. L'effet piézométrique est réduit significativement de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, l'abaissement piézométrique atteint au maximum 5 mètres à proximité immédiate de l'enceinte de parois moulées dans les Calcaires Grossiers. Le dénoyage au centre des parois moulées est de 19 mètres. Les dispositions constructives prévues que sont les parois moulées prolongées d'une jupe injectée et d'un fond injecté permettent donc de diminuer l'abaissement piézométrique à l'extérieur de la paroi moulée de manière significative.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 11 km^2, soit une distance autour des gares comprises entre 0,3 km (les Ardoines) et 1.5 km environ (gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la

base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique atteint 1,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le plus important de par la présence de deux débits d'épuisement conséquents sur deux gares proches.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;

- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS PROBABLE) : 277 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	Surface (Km^2)	Débit m^3/h	Flux mm/an
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	1,4	31	197
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	7,8	82,2	93
Apport des cours d'eau au débit pompé	Débit (m^3/h)		
Apport par la Seine	23		
Apport par la Marne	14		
Apport total par les cours d'eau	37		

Tableau 66 : Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure probable)

Principaux résultats du de la phase la plus critique (cas de figure probable)

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 5 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L' Echât.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 0,3 km environ (Gare des Ardoines) et 1,5 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 8 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne représentent environ 13 % du débit pompé.

5.5.1.2 Simulation de la phase la plus critique du chantier où les débits d'épuisement cumulés sont les plus importants : CAS DE FIGURE EXTREME

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- Par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;

- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de 5.10^{-7} m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

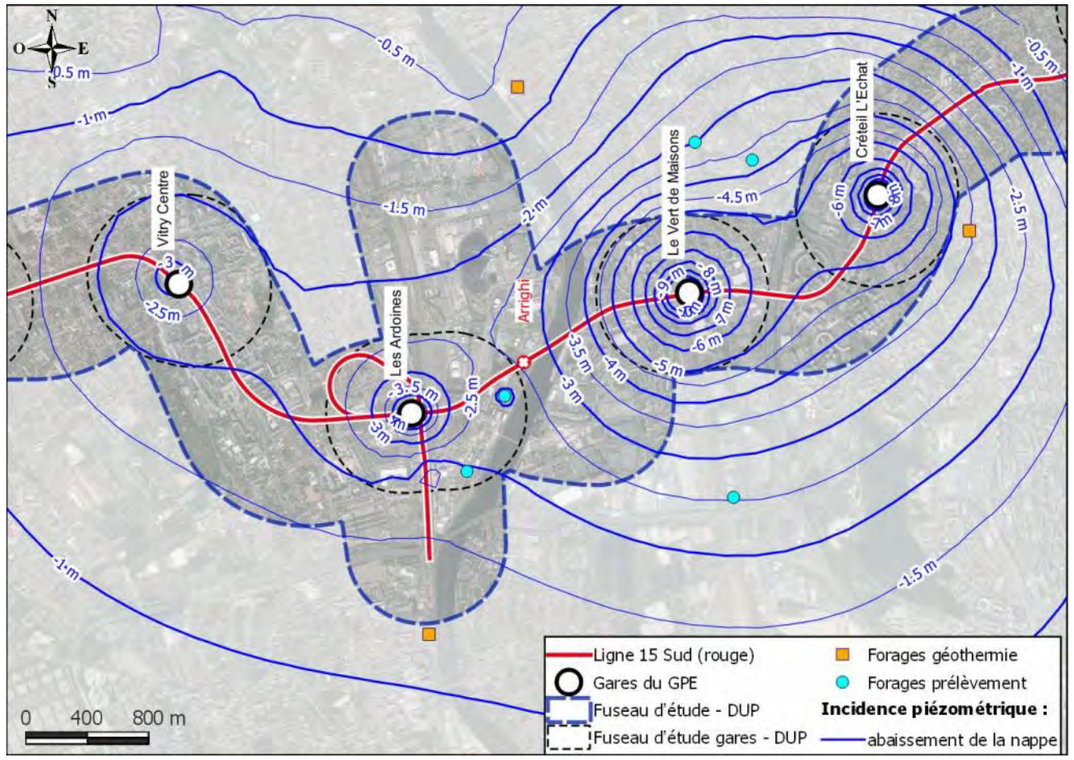
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

Scénario	Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	25%	60
Puits Arrighi	0%	0
Les Ardoines	40%	105
Le Vert de Maisons	100%	295
Créteil L'Echat	100%	206
Saint-Maur-Créteil	0%	0
DEBIT TOTAL		666

Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage et débits d'épuisements restitués pour la phase la plus critique (cas de figure extrême)

Le débit total prélevé atteint 666 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.



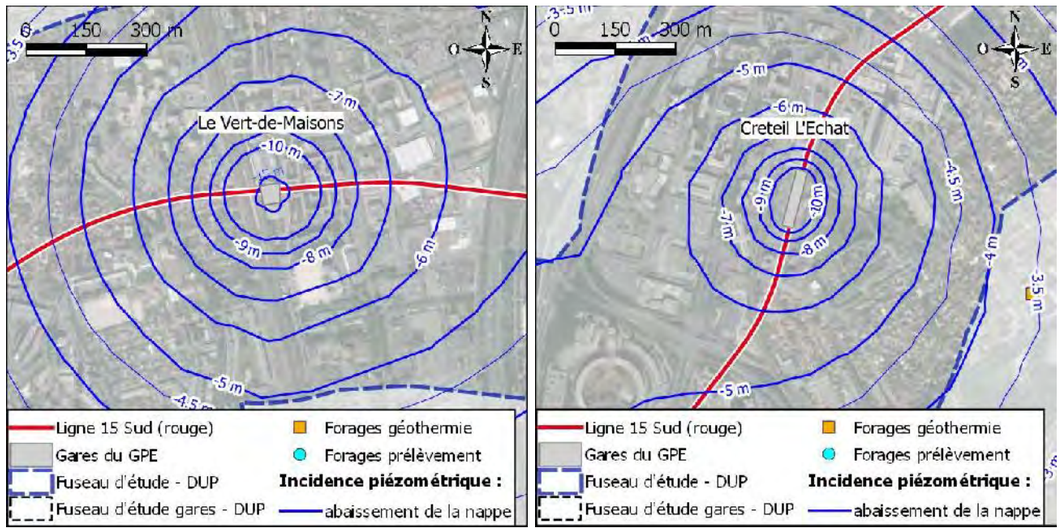


Figure 71 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure extrême) dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry

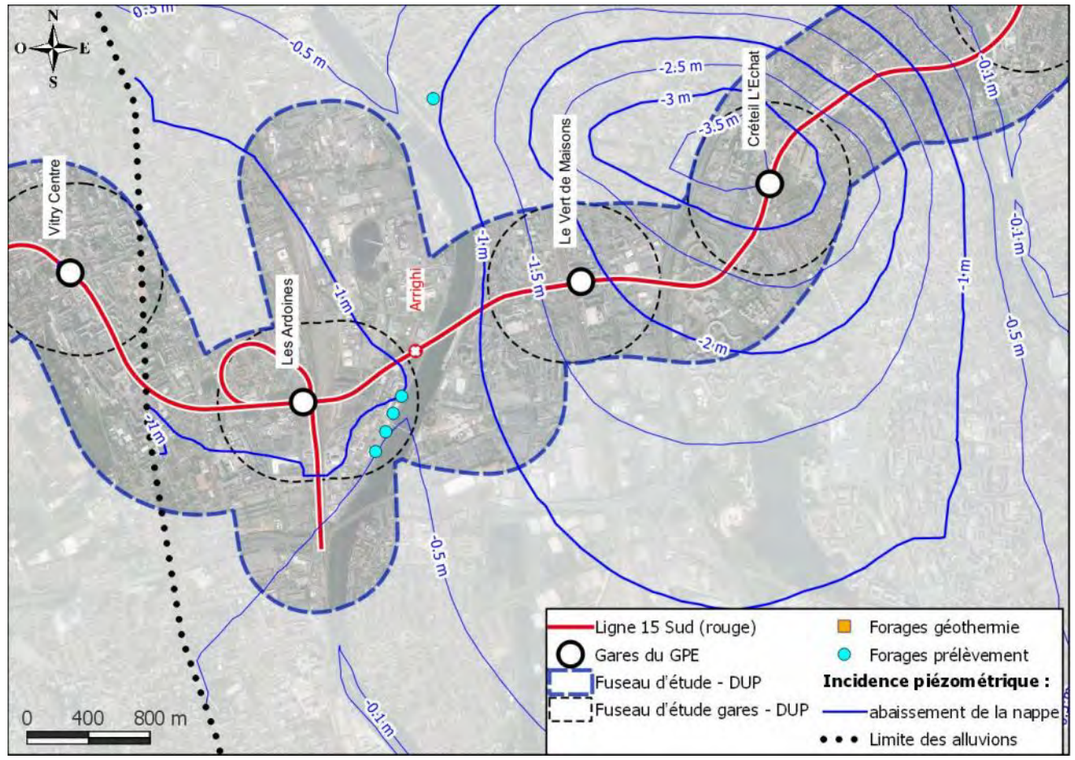


Figure 72 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure extrême) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons avec des abaissements atteignant 15 mètres (le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Au niveau de la gare de Vert-De-Maisons, l'effet piézométrique est réduit de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Au niveau de la gare de Créteil L'Echat, l'abaissement piézométrique atteint au maximum 10 mètres à proximité immédiate de l'enceinte de parois moulées. Le dénoyage au centre des parois moulées est de 19 mètres. Les dispositions constructives prévues que sont les parois moulées prolongées d'une jupe injectée et d'un fond injecté permettent donc de diminuer l'abaissement piézométrique à l'extérieur de la paroi moulée.

Ceci étant, malgré l'efficacité des dispositions constructives prévues, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif. Il s'agit toutefois d'un cas de figure pessimiste qui prend en compte une efficacité réduite des injections de sol.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 40 km^2, soit une distance autour des gares comprises entre 1 km (Vitry-Centre et les Ardoines) et 3 km environ (gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons. L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et

Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique atteint 3,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le plus important de par la présence de deux débits d'épuisement conséquents sur deux gares proches.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;

- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO LE PLUS CRITIQUE (CAS DEFAVORABLE EXTREME) : 666 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	Surface (Km^2)	Débit m^3/h	Flux mm/an
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	4,0	229	506
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	15,6	412	231
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	22,5	536	209
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	39,3	667	149
Apport des cours d'eau au débit pompé	Débit (m^3/h)		
Apport par la Seine	114		
Apport par la Marne	41		
Apport total par les cours d'eau	155		

Tableau 67 : Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu de la phase la plus critique (cas de figure extrême)

Principaux résultats de la phase la plus critique (cas de figure extrême)

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 15 et 10 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vert-De-Maisons et de Créteil-L' Echât respectivement.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Vitry-Centre et les Ardoines) et 3 km (autour des gares de Créteil l'Echât et Vert-de-Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 40 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 3 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne représentent environ 25 % du débit pompé.

5.5.1.3 Scenario complémentaire 1 : effets piézométriques maximaux à proximité des gares de Vitry-Centre et des Ardoines : CAS DE FIGURE EXTREME

Ce scénario complémentaire 1 prévoit un débit maximal d'épuisement pour les gares de Vitry Centre et Les Ardoines. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Ouvrages	Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu
Vitry Centre	100%
Puits Arrighi	pas d'épuisement (0%)
Les Ardoines	100%
Le Vert de Maisons	50%
Créteil L'Échat	25%
Saint-Maur-Créteil	60%

Tableau 68 : Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- **Par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;**
- **au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de 5.10^{-7} m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.**

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

Scénario	Scénario 1 Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	100%	144
Puits Arrighi	0%	0
Les Ardoines	100%	267
Le Vert de Maisons	50%	150
Créteil L'Echât	25%	42
Saint-Maur-Créteil	60%	6
DEBIT TOTAL		611

Tableau 69 : Débits d'épuisement restitués pour le scénario 1

Le débit total prélevé atteint 611 m^3/h dont 605 m^3/h dans la nappe du Lutétien.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein du Calcaire Grossier et au sein des alluvions.

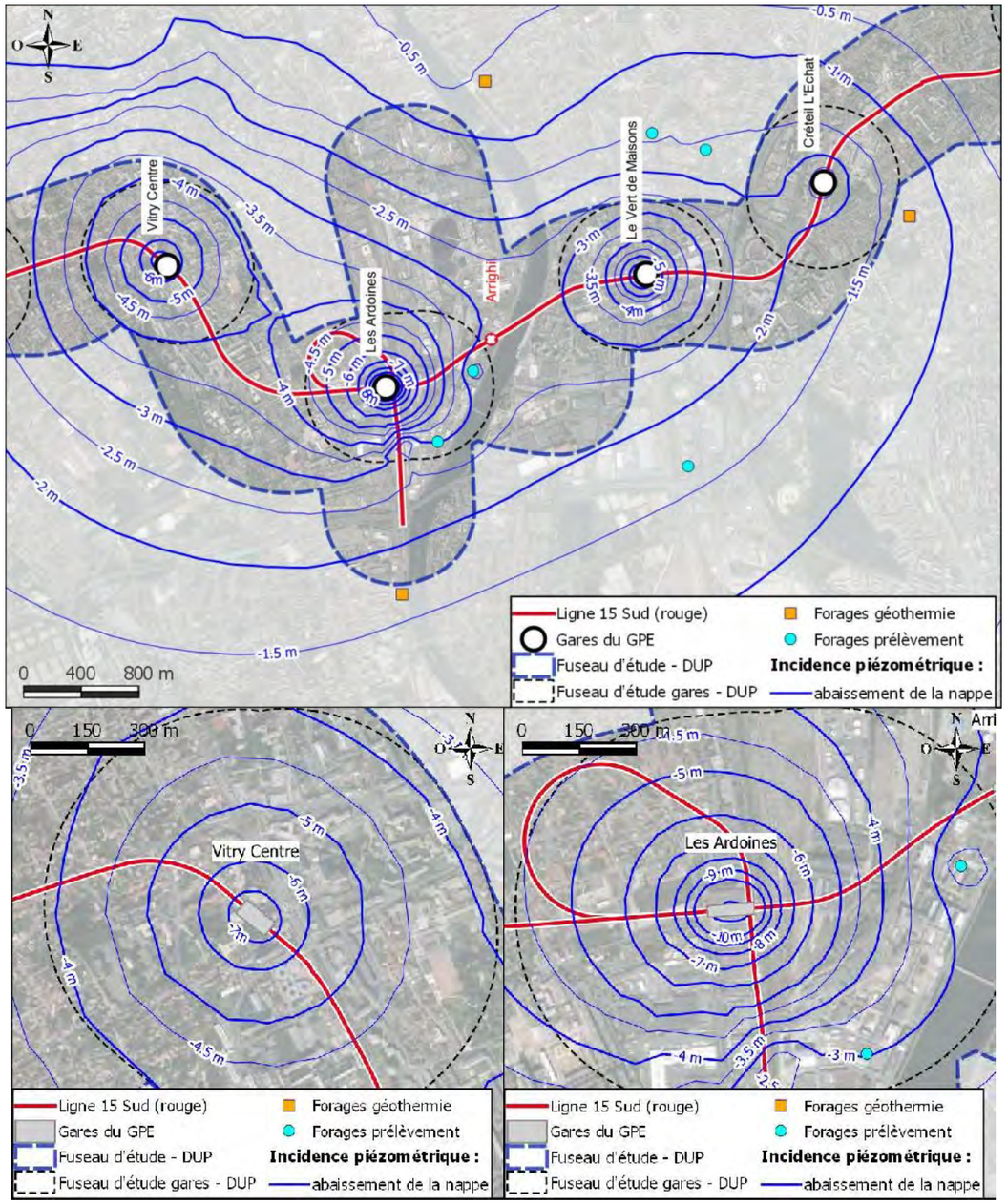


Figure 73 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 1 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry

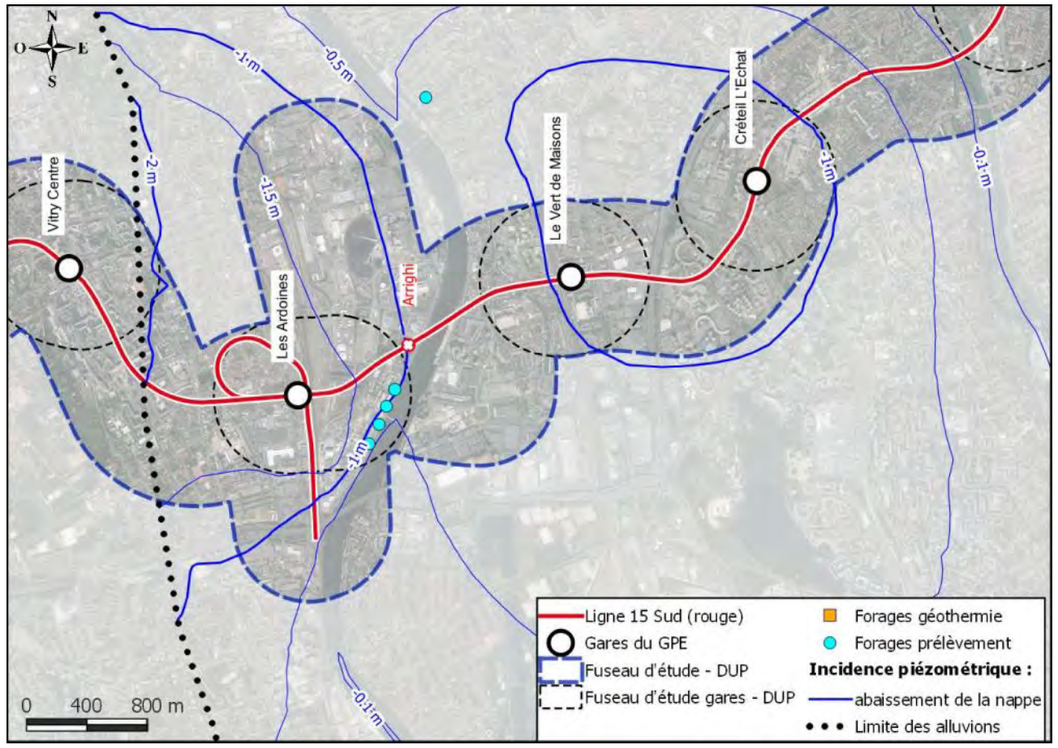


Figure 74 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 1 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées des gares de Vitry Centre et des Ardoines avec des abaissements atteignant :

- 7 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vitry Centre (le dénoyage est de 10 mètres au sein de la paroi moulée) ;

- 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées au niveau des Ardoines (le dénoyage est de 26 m au sein de la paroi moulée).

Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées. C'est particulièrement significatif pour la gare des Ardoines. Le débit d'épuisement de la gare de Vitry Centre peut toutefois être considéré comme particulièrement prudent dans la mesure où il est restitué avec une perméabilité verticale particulièrement élevée dans les Marnes et Caillasses. Pour la gare des Ardoines, c'est essentiellement la performance de la jupe injectée et du fond injecté qui seront mis en place en prolongement de la paroi moulée qui conditionneront le débit d'épuisement et donc l'abaissement piézométrique résiduel. Dans ce cas de figure extrême, ce sont des performances défavorables qui sont restitués dans le modèle.

Ceci étant, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif.

L'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 37 km^2 autour des gares, soit à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Créteil-L'Echât) et plus de 3 km (autour des gares des Ardoines et Vitry Centre). L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Pour les mêmes raisons, l'effet piézométrique dans les alluvions est considérablement réduit en amplitude. Celui-ci atteint 1 mètre entre la Seine et la Marne et 1,5 m en limite d'extension des alluvions à l'ouest de la gare des Ardoines.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;

- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux ;

SCENARIO 1 : 611 m3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	Surface (Km^2)	Débit m^3/h	Flux mm/an
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	1,8	66	322
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	5,6	121	190
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	13,5	177	115
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	36,6	280	67
Apport des cours d'eau au débit pompé	Débit (m^3/h)		
Apport par la Seine	97		
Apport par la Marne	14		
Apport total par les cours d'eau	111		

Tableau 70 : Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 1

Principaux résultats du Scénario 1

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 7 mètres à proximité immédiate des parois moulées de Vitry Centre et de 11 mètres à proximité immédiate des parois moulées des Ardoines.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance aux gares comprise entre 1 km environ (Gare de Créteil-L'Echat) et plus de 3 km (autour des gares des Ardoines et Vitry Centre). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 37 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,1 à 0,5 m environ à 3 km autour des Ardoines et Vitry Centre. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 15 % du débit pompé.

5.5.1.4 Scenario complémentaire 2 : effets piézométriques maximaux à proximité des gares du Vert-De-Maisons et de Saint-Maur-Créteil : CAS DE FIGURE EXTREME

Ce scénario complémentaire 2 prévoit un débit maximal d'épuisement pour les gares du Vert de Maisons et de Saint-Maur-Créteil. Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de ces deux gares.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Ouvrages	Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu
Vitry Centre	50%
Puits Arrighi	pas d'épuisement (0%)
Les Ardoines	75%
Le Vert de Maisons	100%
Créteil L'Échat	0%
Saint-Maur-Créteil	100%

Tableau 71 : Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle :

- Par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable ;

- au niveau de la gare de Vitry Centre, en retenant une perméabilité verticale des Marnes et Caillasses de $1{,}7.10^{-5}$ m/s au lieu de 5.10^{-7} m/s issu du calage. Cette forte perméabilité verticale traduit la présence de fissures locales dans les Marnes et Caillasses limitant le rôle de frein hydraulique attendu dans cette formation.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

Pour la gare de Saint-Maur-Créteil, le débit retenu par le maître d'œuvre traduit un aléa géologique particulier à savoir une fissuration locale profonde et anormalement importante de la craie entrainant temporairement la nécessité de réaliser un pompage d'épuisement important. Il n'est pas possible de prendre en compte ce cas de figure particulier qui n'est pas transposable en termes de paramètres de modélisation. Le modèle global a été construit en retenant un schéma hydrogéologique usuellement retenu pour la craie sous recouvrement tertiaire à savoir quelques mètres de craie modérément productive puis une craie saine peu perméable. De ce fait, le débit résiduel restitué par le modèle est nécessairement nettement inférieur à celui proposé par le maître d'œuvre. Ainsi, le débit d'épuisement en phase travaux pour cette gare a été évalué pour tenir compte de la possible présence de craie particulièrement productive localement. L'existence de failles profondes peut être considérée comme un phénomène localisé et qui donc n'affecterait pas la craie sur de grandes distances. En ce sens, les résultats issus du modèle en termes d'impact piézométrique et de débit d'épuisement stabilisé peuvent être considérés comme fiables.

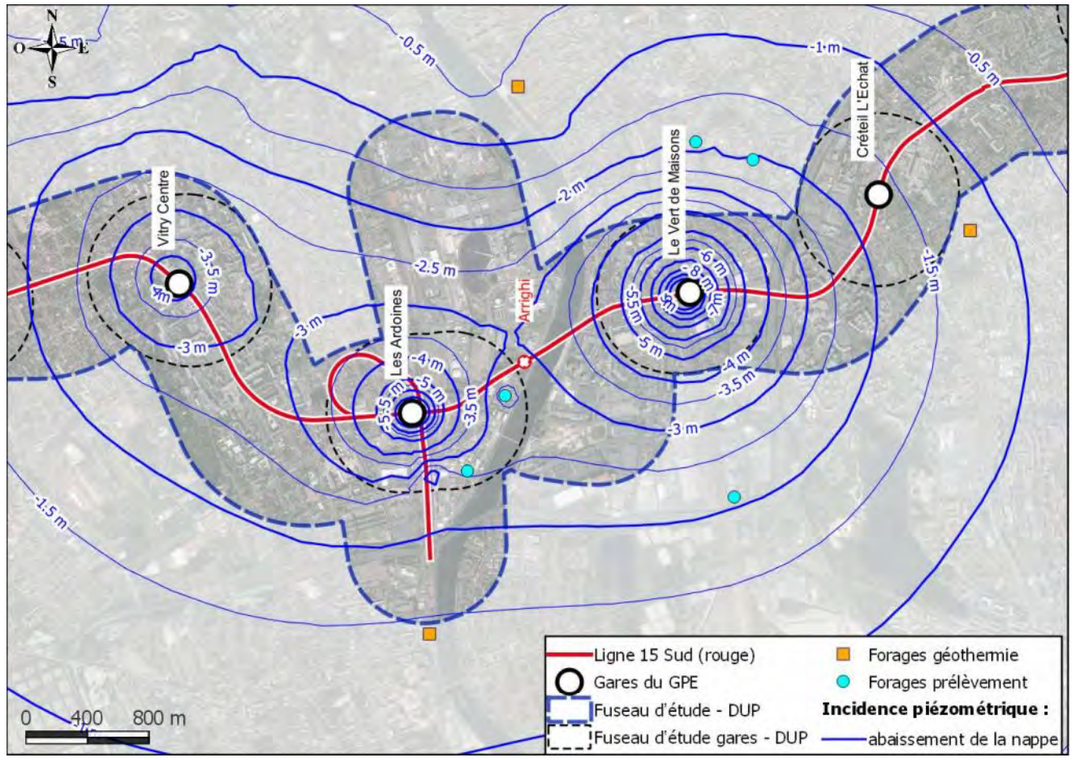
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

Scénario	Scénario 2 Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	50%	89
Puits Arrighi	0%	0
Les Ardoines	75%	202
Le Vert de Maisons	100%	279
Créteil L'Echat	0%	0
Saint-Maur-Créteil	100%	7
DEBIT TOTAL		577

Tableau 72 : Débits d'épuisement restitués pour le scénario 2

Le débit total prélevé atteint 577 m^3/h dont 570 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier et des Marnes et Caillasses et 7 m^3/h dans la nappe de la craie.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier, des alluvions et de la nappe de la craie.



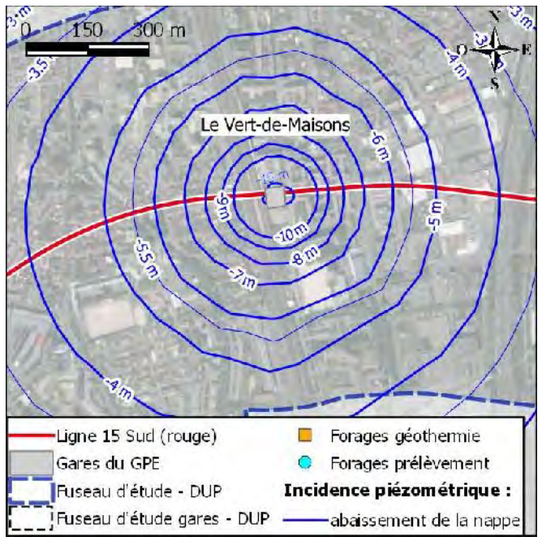


Figure 75 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry

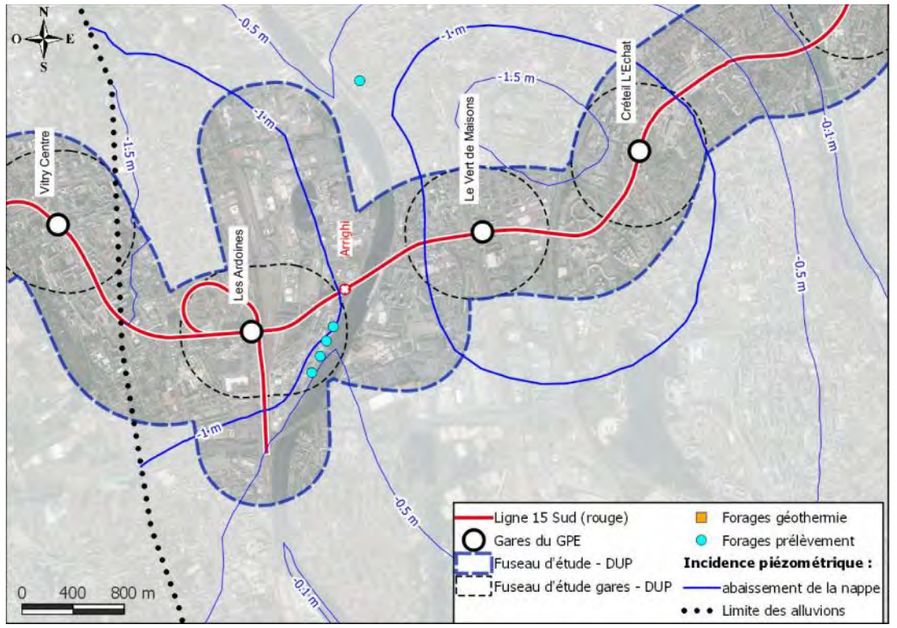


Figure 76 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry

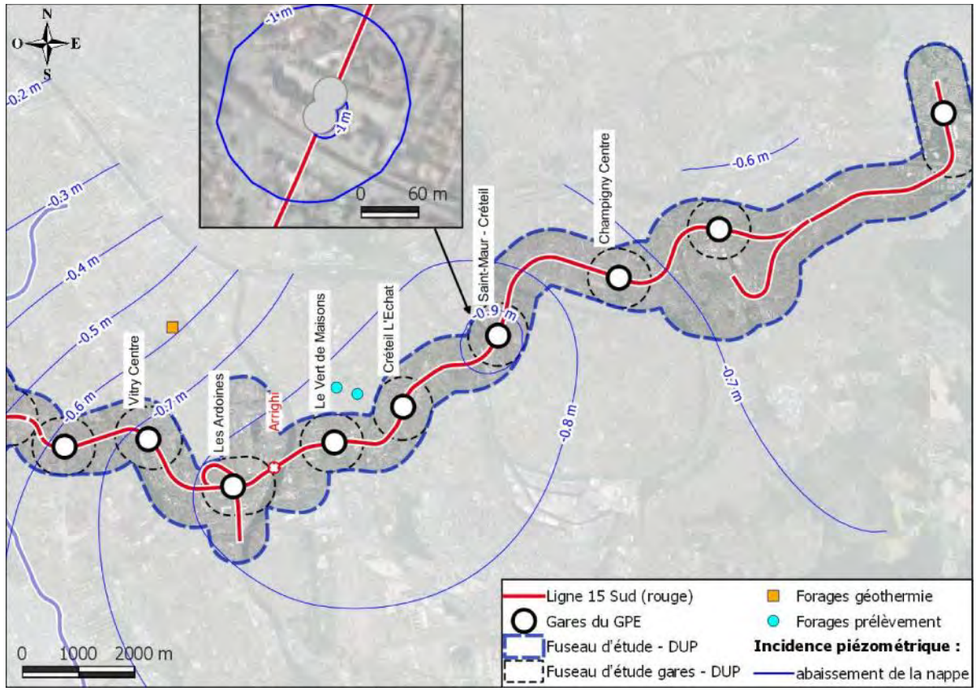


Figure 77 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 2 dans la nappe de la craie au niveau de la plaine de Vitry

(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées de la gare du Vert-De-Maisons avec des abaissements atteignant 15 mètres (le dénoyage est de 37 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Au niveau de la gare de Vert-De-Maisons, l'effet piézométrique est réduit de par la présence des parois moulées prolongées de jupes injectées atteignant les couches peu perméables de l'Yprésien.

Ceci étant, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif. Il est évalué dans ce cas de figure extrême avec des performances d'injection de sol qui sont défavorables.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 30 km^2, soit à 3 km autour des gares considérées dans ce scénario comme faisant l'objet d'opérations d'épuisement. L'aquifère du Calcaire grossier est relativement mal réalimenté car il est séparé des cours d'eau et de la nappe alluviale par les formations peu perméables comprises entre le toit des Marnes et Caillasses et la base des alluvions. Ce contexte géologique particulier explique l'importance et l'étendue de l'effet piézométrique dans la nappe du Calcaire grossier.

Pour les mêmes raisons, l'effet piézométrique dans les alluvions est considérablement réduit en amplitude. Celui-ci atteint 1,5 mètre entre la Seine et la Marne et 1 m en limite d'extension des alluvions à l'ouest de la gare des Ardoines.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO 2 : 577 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	Surface (Km^2)	Débit m^3/h	Flux mm/an
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	0,9	44	419
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	3,3	138	362
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	10,4	249	210
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	30,0	363	106
Apport des cours d'eau au débit pompé	Débit (m^3/h)		
Apport par la Seine	100		
Apport par la Marne	16		
Apport total par les cours d'eau	116		

Tableau 73 : Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 2

Dans la nappe de la craie au niveau de la gare de Saint-Maur-Créteil, l'effet piézométrique résiduel est très réduit à proximité de la paroi moulée. Il atteint environ 1 mètre pour un dénoyage de 47 mètres au sein de l'enceinte de parois moulées. L'effet piézométrique est globalement de faible amplitude à distance de la gare.

Principaux résultats du Scénario 2

L'abaissement du niveau de la nappe de la Craie serait au maximum de 1 mètre environ à proximité de la gare de Saint-Maur Créteil, et de 0,5 m à 5 km de cette station.

L'abaissement piézométrique maximal dans la nappe du Calcaire grossier est de 15 mètres à proximité immédiate des parois moulées Vert-De-Maisons.

L'abaissement du niveau de la nappe des Calcaires Grossiers peut atteindre 1 mètre à une distance de 3 km environ autour des opérations d'épuisement considérées pour ce scénario (Gares de Vitry Centre, Ardoines, Vert de Maisons). Un abaissement piézométrique supérieur à 1 mètre dans la nappe du Calcaire Grossier est constaté sur une surface d'environ 30 km^2.

L'abaissement du niveau de la nappe des alluvions est plus modéré que l'abaissement estimé dans la nappe des Calcaires Grossiers. Il est de l'ordre de 0,5 m environ à 2 km autour des Ardoines et Vert-de-Maisons. Il est par ailleurs atténué le long de la Seine et de la Marne.

Les eaux de la Seine et de la Marne contribuent à environ 20 % du débit pompé.

- ***Scenario complémentaire 3 : effets piézométriques maximaux à proximité du puits d'accès du tunnelier Arrighi : CAS DE FIGURE EXTREME***

Ce scénario complémentaire 3 prévoit un débit maximal d'épuisement au niveau du puits d'accès du tunnelier « Arrighi ». Il peut donc être considéré comme représentatif de la période où l'effet piézométrique sera le plus fort à proximité de cet ouvrage.

Le tableau suivant, issu de l'analyse fine du planning du chantier, présente l'abaissement piézométrique qui a été simulé dans chaque ouvrage exprimé en pourcentage de l'abaissement piézométrique maximal prévu.

Ouvrages	Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal prévu
Vitry Centre	0%
Puits Arrighi	100 %
Les Ardoines	pas d'épuisement (0%)
Le Vert de Maisons	40%
Créteil L'Échat	pas d'épuisement (0%)
Saint-Maur-Créteil	0%

Tableau 74 : Abaissement piézométrique simulé en % de l'abaissement maximal dans chaque ouvrage

Pour cette simulation, les débits d'épuisement retenus par le maître d'œuvre ont été restitués dans le modèle par l'ajustement des perméabilités des injections de sol. Les injections sont donc nettement moins performantes que ce qui est retenu usuellement de sorte à traduire des difficultés locales de traitement lié à un contexte géologique défavorable.

Cette simulation permet donc d'évaluer les effets piézométriques maximaux attendus en retenant un cas de figure extrêmement défavorable en termes d'aléas géologiques.

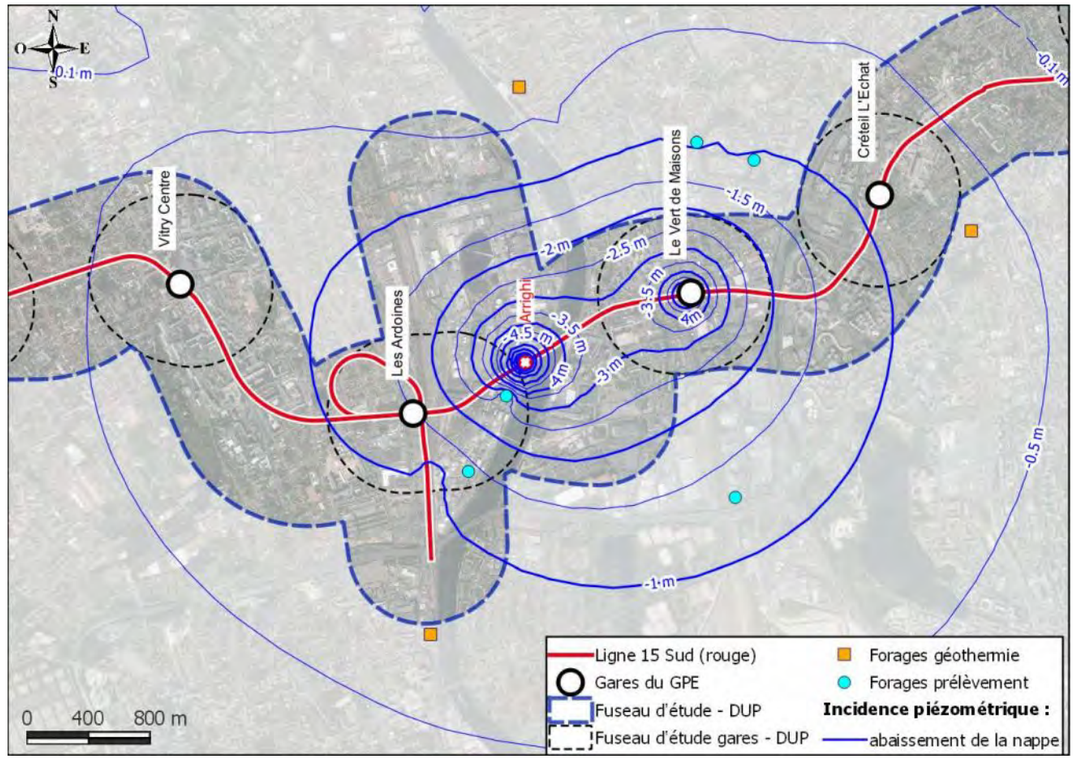
Le tableau suivant présente les débits d'épuisement simulés.

Scénario	Scénario 3 Pourcentage du dénoyage maximal dans l'enceinte de parois moulées	Débit d'épuisement (m^3/h)
Vitry Centre	0%	0
Puits Arrighi	100%	197
Les Ardoines	0%	0
Le Vert de Maisons	40%	120
Créteil L'Echat	0%	0
Saint-Maur-Créteil	0%	0
DEBIT TOTAL		308

Tableau 75 : Débits d'épuisement restitués pour le scénario 3

Le débit total prélevé atteint 308 m^3/h dans la nappe du Calcaire grossier.

Les figures suivantes présentent les effets piézométriques calculés par le modèle dans les nappes principales concernées à savoir au sein de la nappe du Calcaire Grossier et des alluvions.



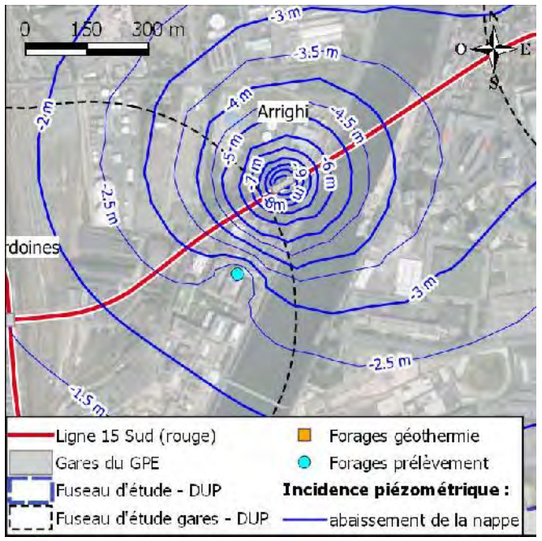


Figure 78 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 3 dans le Calcaire Grossier au niveau de la plaine de Vitry

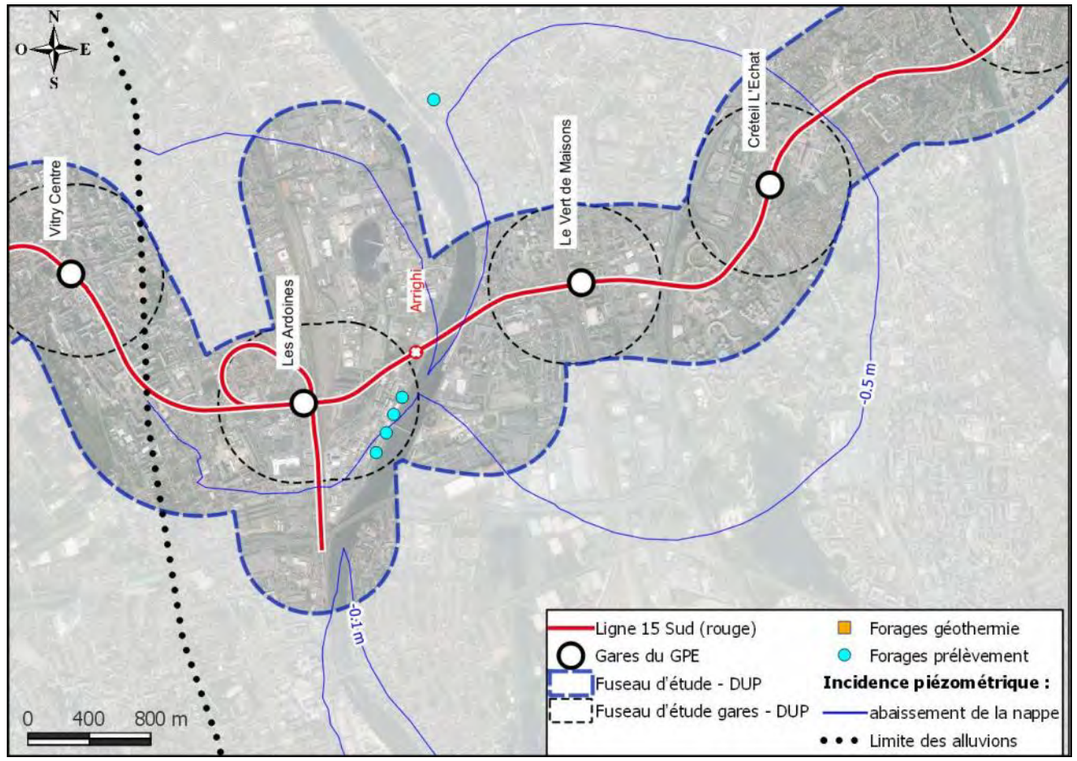


Figure 79 : Effets piézométriques des pompages d'épuisement du scénario 3 dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry

L'effet piézométrique est maximal dans la nappe du Calcaire Grossier à proximité immédiate des parois moulées du puits Arrighi avec des abaissements atteignant 11 mètres (le dénoyage est de 32 m au sein de la paroi moulée). Les dispositions de réduction de débit mis en place permettent donc de réduire significativement l'abaissement piézométrique à l'extérieur de l'enceinte de parois moulées.

Ceci étant, l'abaissement piézométrique global dans la nappe du calcaire Grossier reste significatif. Il est toutefois nettement moins important que les autres scénarios. Il est, par ailleurs, évalué dans ce cas de figure extrême avec des performances d'injection de sol qui sont défavorables.

Globalement, dans la nappe du Calcaire grossier, l'abaissement piézométrique supérieur à 1 m s'étend sur une étendue d'environ 8,5 km^2, soit à une distance de 2 km autour du Puits Arrighi et de la gare Vert-de-Maisons.

Dans la nappe des alluvions, l'effet piézométrique est assez limité. Il atteint 0,5 m au centre de la plaine de la Seine et de la Marne. Ce scénario entraine l'abaissement piézométrique le moins important.

Le tableau suivant donne :

- le débit circulant par drainance verticale descendante au travers des Marnes et Caillasses au droit de différents secteurs du cône d'abaissement piézométrique du Calcaire Grossier ;
- les apports des cours d'eau au débit pompé c'est-à-dire la participation des cours d'eau à l'alimentation du débit d'épuisement. Le reste provient de la recharge et des apports régionaux.

SCENARIO 3 : 308 m^3/h			
Flux vertical descendant traversant les Marnes et caillasses	Surface (Km^2)	Débit m^3/h	Flux mm/an
Abaissement dans le Calcaire grossier > 4 m	0,2	12	451
Abaissement dans le Calcaire grossier > 3 m	0,9	37	365
Abaissement dans le Calcaire grossier > 2 m	2,6	74	252
Abaissement dans le Calcaire grossier > 1 m	8,3	117	123
Apport des cours d'eau au débit pompé	Débit (m^3/h)		
Apport par la Seine	39		
Apport par la Marne	8		
Apport total par les cours d'eau	47		

Tableau 76 : Bilan des flux dans le cône d'abaissement piézométrique issu du scénario 3

5.5.1.5 Tests de sensibilité

Afin d'évaluer l'incertitude du modèle, plusieurs tests de sensibilité ont été réalisés sur les principaux paramètres susceptibles d'influencer les résultats tels que :

- le colmatage des cours d'eau (test 1). Le colmatage des cours d'eau influence directement la qualité des échanges nappe-rivière. Le colmatage retenu dans le modèle d'origine a été callé afin de reproduire correctement ces ondes de crues observées dans des piézomètres. Ces observations proviennent de sites compris entre la confluence et Paris. Les informations relatives au colmatage de la Seine et la Marne en amont de la confluence sont rares et ont donc été extrapolées à partir des données aval. Nous avons donc réalisé un test qui suppose une relation hydraulique sans colmatage entre la nappe et les cours d'eau afin de tester l'incertitude du modèle sur cette lacune, et un autre test dans lequel nous supposons un colmatage important. Ce colmatage important serait justifié par les nombreux prélèvements industriels qui ont eu lieu jusque récemment, et qui ont pour effet de plaquer les fines dans le lit de la Seine.

  Un autre test a été réalisé consistant à considérer le colmatage de la Seine comme étant plus important dans le secteur de Vitry et Créteil où de nombreux prélèvements ont existé. En effet, il est possible de considérer que des fines présentent dans l'eau de la Seine migrent par le jeu des pompages au travers des premiers mètres d'aquifères qu'elles finissent par colmater ;

- La perméabilité horizontale des principaux horizons aquifères (test 2). La perméabilité horizontale des principaux aquifères retenue dans le modèle peut être considérée comme vraisemblable. Nous avons réalisé un test de sensibilité sur ce paramètre en considérant une perméabilité horizontale plus faible des terrains, représentatif de conditions plutôt défavorables pour ce paramètre à l'échelle du modèle ;

- La perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaire (test 3). La perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaire est un des paramètres principaux qui conditionne les relations entre la nappe du Calcaire grossier (où sont pratiqués les pompages) et la nappe des alluvions.

Le Tableau 77 suivant présente une synthèse du résultat des tests de sensibilité.

Au vue de ces résultats les résultats du modèle sont peu sensibles aux variations des paramètres hydrodynamiques testés. Les différences entre les abaissements piézométriques calculés avec les paramètres hydrodynamiques initiaux et les abaissements calculés lors des tests de sensibilité sont comprises entre 5 et 20 % environ. De ce fait, une confiance élevée peut être accordée aux effets piézométriques calculés par le modèle en réponse aux débits d'épuisement restitués.

5.5.1.6 Analyse des impacts sur les prélèvements existants

Le Tableau 78 suivant présente une synthèse des effets piézométriques sur les différentes exploitations d'eau souterraine recensées dans les environs du projet qui sont toujours en activité d'après les informations disponibles. Les exploitations d'eau souterraines étudiées sont celles dont les informations ont pues être récupérées auprès :

- Des exploitants eux-mêmes,
- Des fichiers de l'agence de l'eau disponible,
- De l'examen des dossiers à la police de l'eau,
- D'une enquête auprès d'entreprises de forage.

Il est possible toutefois que ce recensement ne soit pas parfaitement exhaustif. En effet, il existe plusieurs autres « points d'eau » enregistrés à la Banque de données du sous-sol dont il très difficile de connaître l'état d'exploitation. Il s'agit essentiellement d'ouvrages très anciens qui sont vraisemblablement fermés. Par ailleurs, l'existence de prélèvements d'eaux souterraines non déclarés est toujours possible.

Pour le cas particulier des doublets de géothermie sur nappe et des pompages de confinement, l'effet piézométrique est également décrit en termes de modifications des directions et gradient d'écoulement. En effet, un dispositif de géothermie sur nappe avec réinjection comprend à minima deux ouvrages : un ouvrage de pompage et un ouvrage d'injection. L'ouvrage d'injection est positionné en fonction de l'espace disponible et du gradient d'écoulement de la nappe de sorte à ce que l'eau réinjectée ne soit pas (ou peu) recyclée vers le puits de pompage au risque de dégrader la température pompée et donc la performance du système.

Tableau 77 : Tableau synthétique des résultats des tests de sensibilité réalisés sur les perméabilités du modèle

Test	Perméabilité d'origine	Valeurs modifiées	Sensibilité du modèle au test	Description des résultats du test
<u>Test 1 :</u> Test de l'influence du colmatage des cours d'eau	Colmatage de la Seine dans la plaine de Vitry $1x10^{-5}$ m/s/m	Colmatage de la Seine dans la plaine de Vitry $1x10^{-2}$ m/s/m (moins de colmatage) $3x10^{-7}$ m/s/m (plus de colmatage)	Faible pour les débits, modérés pour les impacts le long du tracé, importante pour le degré d'échange nappe-rivière	En considérant un colmatage moins important : Les apports par la Seine sont doublés (d'une centaine de m³/h à 200 m³/h environ). Les apports par la Marne sont multipliés par six (d'une cinquantaine de m³/h à 300 m³/h environ). Les impacts dans les alluvions sont sensiblement atténués le long de la Seine et de la Marne. Entre les deux, l'effet est faible (abaissement de 3 m au lieu de 3,5 m). Dans le Lutétien, les impacts piézométriques diminuent globalement de 20% environ dans un périmètre de 1 km autour du tracé, voire près de 50% à plus grande distance. En considérant un colmatage plus important : Les impacts dans le Lutétien sont sensiblement plus importants (de l'ordre de +10% à proximité des stations, et de l'ordre de +25% environ à 1 km de distance). Les impacts dans les alluvions sont également accentués, jusqu'à +1m de baisse piézométrique à proximité de la Seine ainsi qu'en rive gauche entre la Seine et la station de Vitry Centre. Dans le secteur de la Marne les modifications ne sont pas significatives étant donné que le colmatage reste inchangé par rapport à l'état initial. Notons toutefois qu'accentué le colmatage réduit significativement la qualité du calage en régime permanent, les cotes piézométriques étant rehaussées dans la nappe des alluvions de la plaine (+1 m environ à hauteur des Ardoines). L'influence du colmatage, qu'il soit absent ou plus important, est très faible sur les débits de pompage qui sont quasiment équivalents à ceux du scénario de référence.
<u>Test 2 :</u> Test de la perméabilité horizontale des principaux horizons aquifères	Saint-Ouen : $1,5x10^{-4}$ m/s Marnes et Caillasses : $2,33x10^{-4}$ m/s Calcaires Grossiers : $8x10^{-5}$ m/s	Saint-Ouen : $5x10^{-5}$ m/s Marnes et Caillasses : $8x10^{-5}$ m/s Calcaires Grossiers : inchangé	Faible pour les débits et pour les impacts	Les débits sont globalement réduits de 10 à 20% par rapport au scénario de référence. Les impacts sont sensiblement les mêmes.
<u>Test 3 :</u> Test de la perméabilité verticale des sables de Beauchamp intermédiaires	$5x10^{-9}$ m/s	$5x10^{-7}$ m/s $1x10^{-10}$ m/s	Faible pour les débits et pour les impacts	Les débits et les impacts sont sensiblement les mêmes.

Tableau 78 : Synthèse des effets piézométriques sur les prélèvements recensés dans le périmètre d'incidence piézométrique de la plaine de Vitry

Site	Usage	Fiche BSS disponible	Nappe captée	Type de nappe	Nom du forage	Localisation	Débits actuels et besoins de pompage	Débit maximum testé	Rabattement maximal au débit de pointe testé (m)	Baisse du niveau piézométrique engendré par le projet (m)	Modification du gradient d'écoulement
BIO SPRINGER Maisons-Alfort	Eau industrielle	non	inc.	inc.	F2	partie Nord-Est du site	Débit total d'exploitation de 170 m³/h (24/24 et 7/7), la majorité du prélèvement étant pompé à parts égales par deux puits (à priori le F6 et le F15).	inc.	inc.	-3 m	sans objet compte tenu de l'usage
		oui	Lutétien, Yprésien, Craie	captive	F3	partie Est du site		inc.	inc.	-3 m	
		oui	Yprésien	captive	F4	partie Nord du site		inc.	inc.	-3 m	
		oui	Lutétien, Yprésien, Craie	captive	F6	centre du site		140	-11,5	-3,5 m	
		oui	Lutétien, Yprésien, Craie	captive	F15	partie Sud du site		170	-40	-4 m	
SANOFI Vitry-Sur-Seine	Eau industrielle	oui	Lutétien (a priori)	captive	à priori 219-3X-0320 F	partie Ouest du site	Débit de pointe de l'ordre de 100 m³/h, de mai à octobre environ, prélevé à partir d'un seul ouvrage	F : 96 m³/h F2 : 225 m³/h	F : -42,5 m F2 : -29,45 m	-3 m	sans objet compte tenu de l'usage
	Confinement	non	Alluvions	semi-captive	Forages 1 à 4	Le long de la bordure Est du site (le long de la Seine).	Environ 12 m³/h au total sur tous les puits	inc.	inc.	-0,5 m	Baisse du gradient de 4°/oo à l'état initial à 1°/oo en phase chantier. L'orientation des écoulements qui était sud-est devient nord-est, et reste globalement dirigée vers la Seine.
RESIDENCE DU COLOMBIER Créteil	Géothermie	oui	Lutétien	captive	F1-Puits de pompage	à l'est-nord-est du site	Débit de pointe de 110 m³/h	101	-8,79	-3 m	Augmentation du gradient de 1 °/oo à 5°/oo. La direction du gradient, qui est nord-ouest à l'état initial, devient ouest pendant le projet.
					F2-Puits de rejet	à l'ouest-sud-ouest du site					
CENTRE AQUATIQUE Alfortville	Géothermie	non	Sables inférieurs	captive	Puits de pompage	inc.	Débit de pointe de 100 m³/h	inc.	-13	-0,5m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet	inc.					
MEDIATHEQUE Alfortville	Géothermie	non	Sables inférieurs	captive	Puits de pompage	inc.	Débit de pointe 40 m³/h	inc.	inc.	-0,5m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet	inc.					
ARTELIA Choisy-le-Roi	Géothermie	Non	Lutétien	captive	Puits de pompage	sud-est du site	Débit de pointe de 60 m³/h	inc.	inc.	-1,7 m	Augmentation du gradient de 0,8 °/oo à 1,7°/oo. La direction du gradient, qui est nord-est à l'état initial, devient nord pendant le projet.
					Puits de rejet	nord-ouest du site					
MANUFACTURE DES LUNETTES Sucy-en-Brie	Géothermie	non	Lutétien	captive	Puits de pompage	sud du site	Débit de pointe 70 m³/h	inc.	inc.	-0,4m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet	nord du site					
EHPAD Ivry	Géothermie	nn	Craie	captive	Puits de pompage		Débit de pointe de 45 m³/h. Volume annuel de 8000 m³	inc.	inc.	-0,4 m	Le gradient et son orientation sont inchangés.
					Puits de rejet						
INCINERATEUR Créteil	Eau industrielle	oui	Lutétien	captive	inc.		Débit moyen de 10 m³/h	75	-2,6	-1,5 m	sans objet compte tenu de l'usage
F1 (ARROSAGE) Alfortville	Arrosage	oui	alluvions	semi-captive	inc.			inc.	inc.	-1,5m	sans objet compte tenu de l'usage
SAINT GOBAIN Sucy-en-Brie	Eau industrielle	oui	Lutétien	captive	inc.		Débit moyen de 22 m³/h	80	-23,9	-0,5m	sans objet compte tenu de l'usage
COINDEROUX Ivry	Eau industrielle	oui	alluvions	libre ou semi-captive	inc.		Débit de pointe 56 m³/h	56	-1	-0,3m	sans objet compte tenu de l'usage

5.5.2 Simulation de l'effet barrage (phase définitive)

5.5.2.1 Gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart

La future gare d'Issy-Vanves-Clamart traversera localement la totalité des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien. Au niveau de ce secteur, le tunnel oscille dans les formations de l'Yprésien, non aquifère, ainsi que dans la Craie sous-jacente. L'effet barrage provoqué par le tunnel dans cette zone est négligeable.

La figure suivante permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.

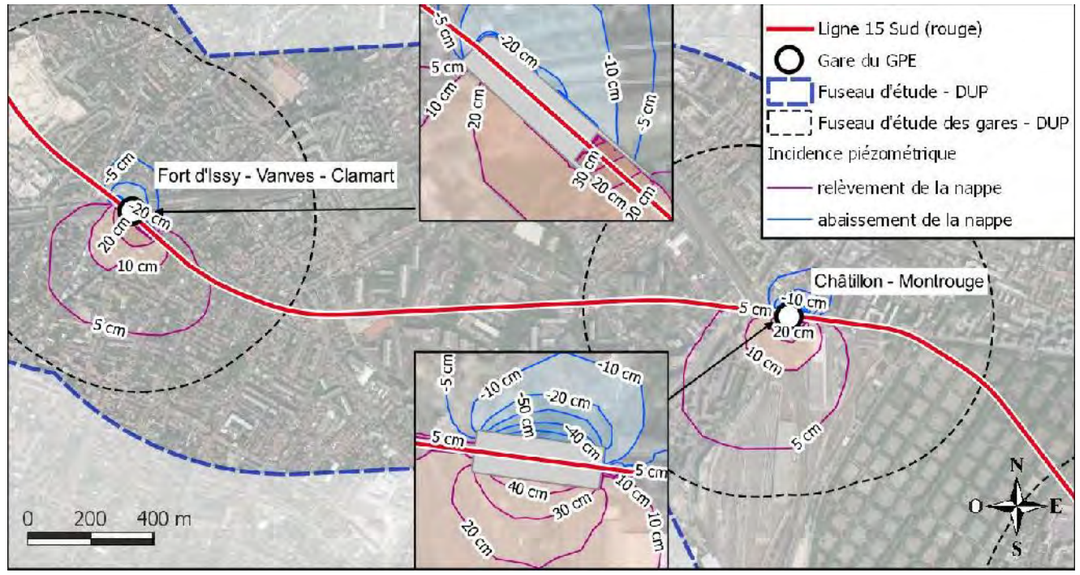


Figure 80 : Impacts de la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien

5.5.2.2 Gare de Châtillon-Montrouge

La future gare de Châtillon-Montrouge traversera localement la totalité des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien. Au niveau de ce secteur, le tunnel traversera localement une partie des Calcaires grossiers.

La figure suivante permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.

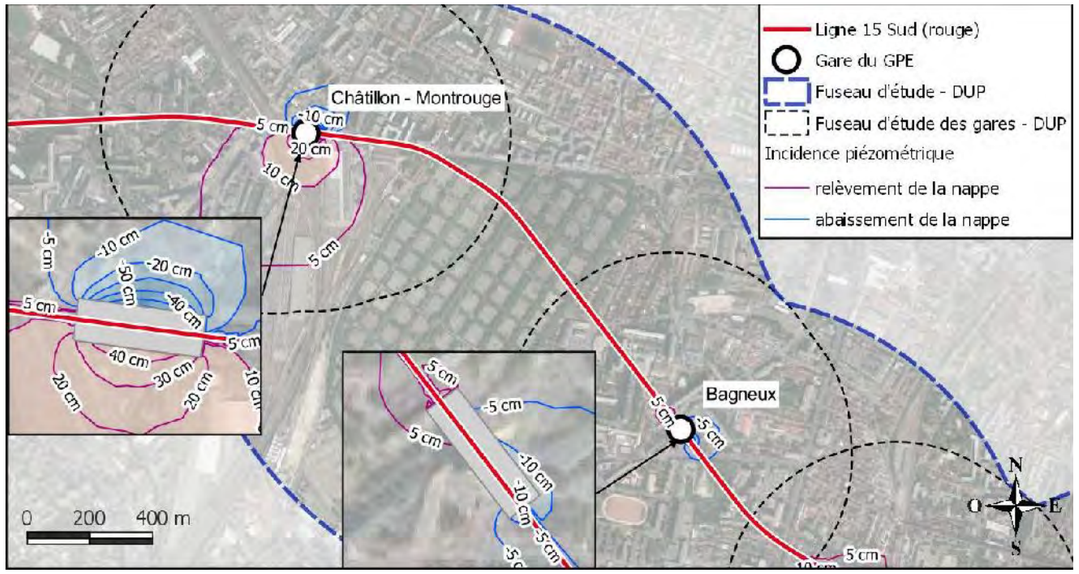


Figure 81 : Impacts de la gare de Châtillon-Montrouge sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien

Les résultats des simulations montrent que les impacts de la future gare sur les écoulements souterrains de la nappe du Lutétien restent faibles. Le relèvement en amont de la gare est estimé à +0,50 m et l'abaissement en aval à -0,60 m.

5.5.2.3 Gare de Bagneux

La future gare de Bagneux traversera localement la totalité des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien ainsi que le la totalité du Marno-calcaire de Saint-Ouen. Le tunnel dans ce secteur occulte la partie inférieure du Calcaire grossier du Lutétien.

La figure précédente permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est extrêmement faible à proximité de la gare de Bagneux. Les modifications piézométriques issues du modèle n'excèdent pas une dizaine de centimètres à proximité immédiate de la gare, ce qui est négligeable.

5.5.2.4 Gare d'Arcueil-Cachan

La future gare d'Arcueil-Cachan traversera localement la totalité des Marnes et Caillasses et des Calcaires grossiers du Lutétien.

La figure suivante permet de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe du Lutétien créé par le projet par rapport à l'état de référence.

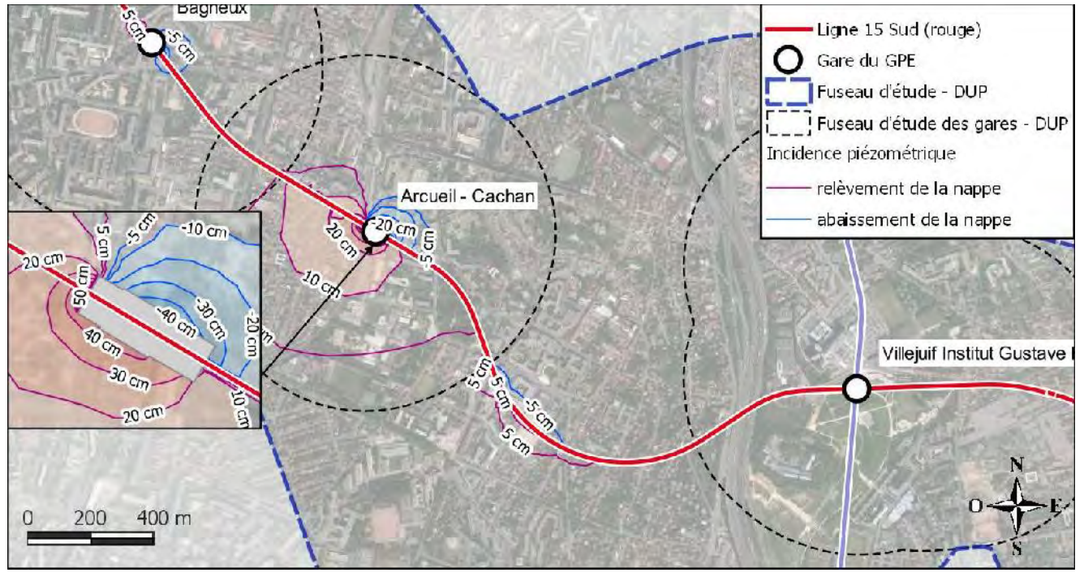


Figure 82 : Impacts de la gare d'Arcueil-Cachan sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien

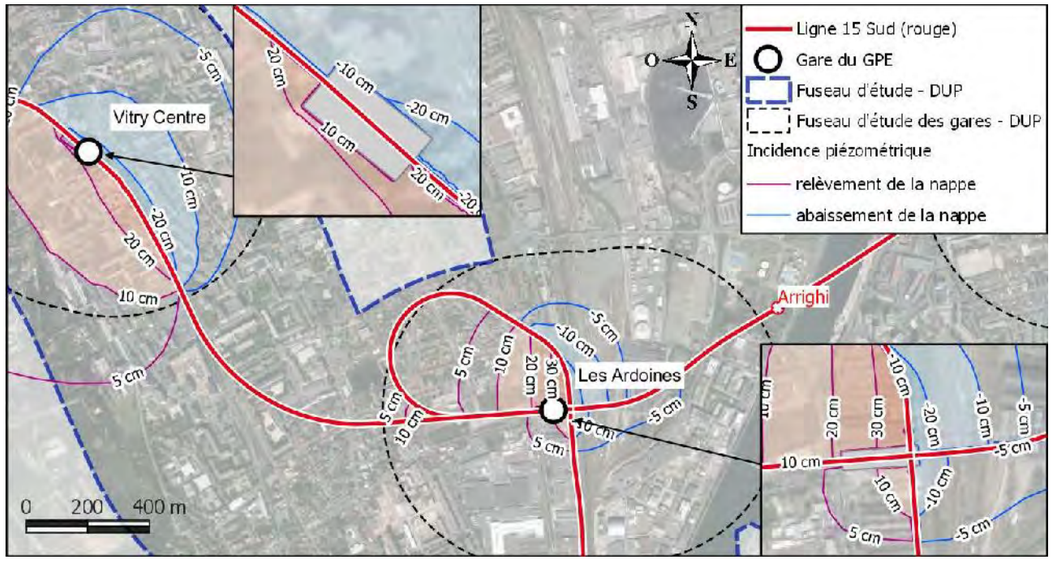


Figure 83 : Impacts des gares Vitry-Centre, Ardoines et du Puits tunnelier Arrighi sur l'écoulement souterrain de la nappe du *Lutétien*

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est faible à proximité de la future gare d'Arcueil-Cachan. Les modifications piézométriques issues du modèle atteignent près de 0,4 mètre à proximité immédiate de la gare, ce qui est négligeable.

5.5.2.5 Plaine de Vitry

Les figures suivantes présentent les résultats des simulations. Elles permettent de visualiser le relèvement et l'abaissement de la nappe créé par le projet par rapport à l'état de référence dans la nappe des alluvions de la plaine de Vitry, entre les stations Vitry Centre et Champigny Centre.

Les résultats des simulations montrent que l'effet piézométrique est limité. Les modifications piézométriques calculées n'excèdent pas une dizaine de centimètres.

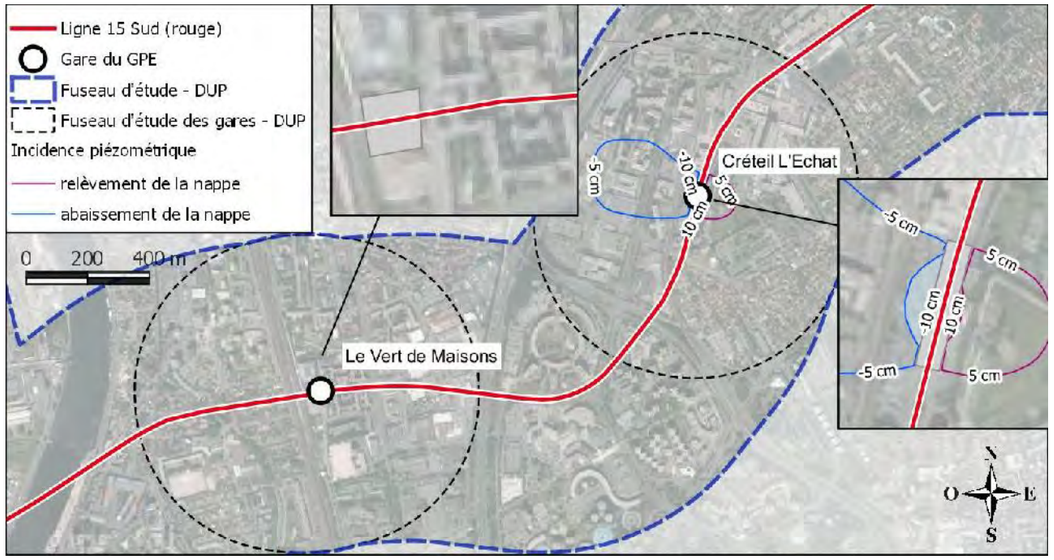


Figure 84 : Impacts des gares Vert de Maisons et Créteil l'Echat sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien

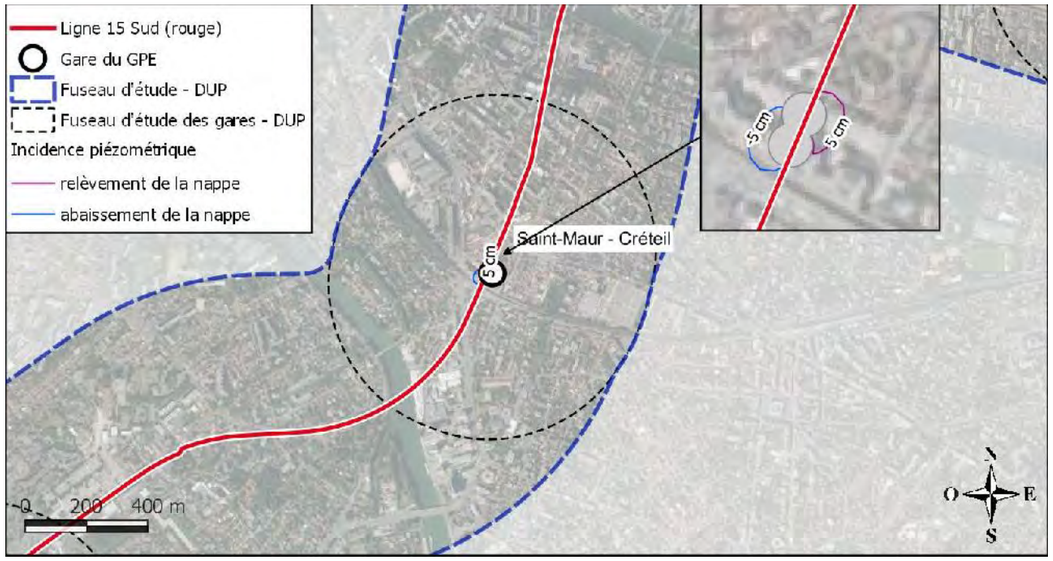


Figure 85 : Impacts de la gare Saint-Maur-Créteil sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien

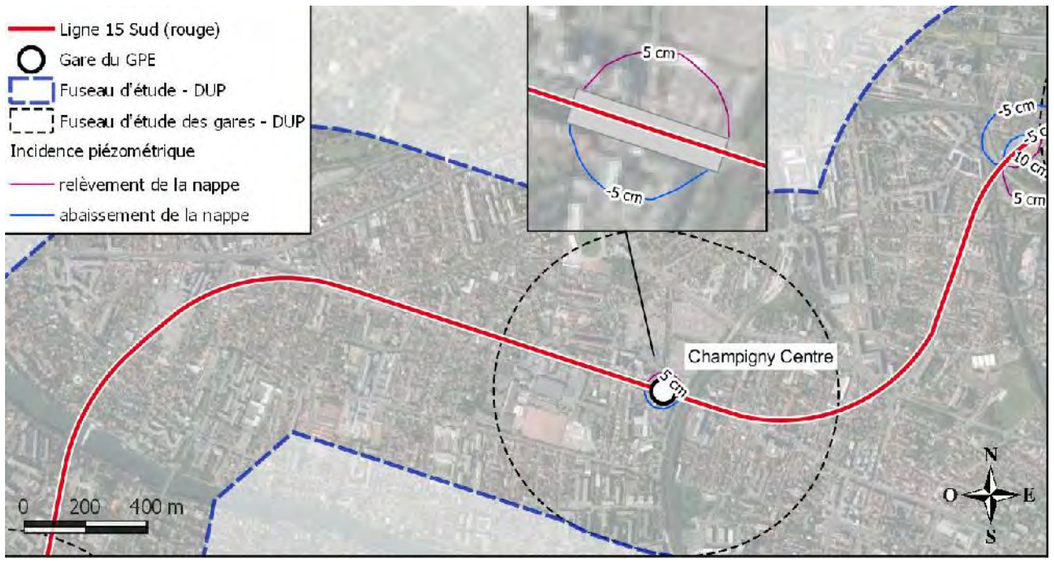


Figure 86 : Impacts de la gare Champigny Centre sur l'écoulement souterrain de la nappe du Lutétien

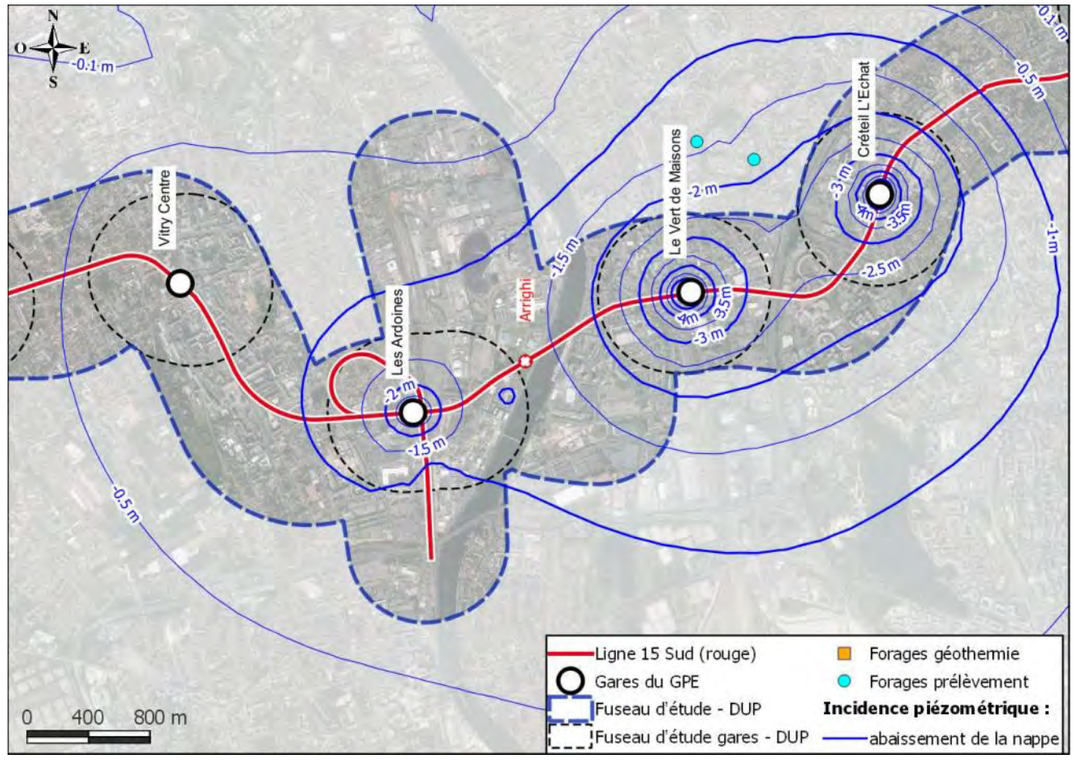


Figure 87 : Effets piézométriques dans le Lutétien (test de sensibilité n°1)

5.6 Conclusions

Le projet de métro du Grand Paris « ligne 15 sud » entre Fort-d'Issy-Vanves-Clamart et Champigny Centre a fait l'objet d'une étude hydrogéologique par modélisation afin de préciser ses impacts potentiels sur les nappes d'eau souterraine. La construction du modèle et les résultats des simulations du projet sont l'objet de ce rapport.

Les résultats du modèle présentés dans ce rapport ont pour objectif de fournir les éléments quantitatifs hydrogéologiques nécessaires pour évaluer l'impact du projet sur les différents enjeux sensibles aux conditions d'écoulement des eaux souterraines.

Sur le plateau entre Fort d'Issy et Arcueil Cachan la principale nappe concernée par les impacts est la nappe du Lutétien. Les impacts attendus dans ce secteur sont principalement liés à l'effet barrage du tunnel et des stations en phase d'exploitation.

Dans la plaine de Vitry jusqu'à Champigny Centre les nappes concernées sont celles des alluvions, du Lutétien et dans une moindre mesure de la craie. Les impacts attendus dans ce secteur sont principalement ceux liés aux pompages d'épuisement prévus à des débits non négligeables dans les gares de la plaine en phase chantier malgré les dispositions constructives prévues pour réduire les débits d'exhaure. Un effet barrage est également attendu en phase définitive dans ce secteur.

Ce modèle représente toutes les unités géologiques comprises entre les alluvions et la craie saine qui forme le fond du modèle. Les formations situées au-delà du Calcaire de Saint Ouen sont amalgamées en une seule couche numérique et ne font pas partie des objectifs du modèle. Ainsi, les gares et le tunnel entre Villejuif IGR et Villejuif Louis Aragon ne pénétreront pas dans les aquifères ciblés par ce modèle et ne font pas partie des simulations.

Le modèle a été calé en régime permanent sur un jeu de hauteurs piézométriques mesurées en Avril 2014 et réparties dans les différentes unités hydrogéologiques traversées par le projet et le modèle. Ces mesures proviennent du réseau de piézomètres de la Société du Grand Paris ; ces piézomètres sont principalement alignés le long du tracé. Afin de consolider le calage en dehors du tracé, des hauteurs piézométriques asynchrones issues d'autres piézomètres ont également été utilisées.

Le modèle a également été calé en régime transitoire sur la base de chroniques piézométriques représentant la propagation d'ondes de crues de la Seine, mesurées en différents sites entre Paris et Vitry. Ces mesures proviennent pour l'essentiel des archives de Burgeap.

Deux types d'effet sur les eaux souterraines ont donc été simulés au moyen du modèle calé :

- l'effet lié à l'abaissement du niveau de nappe en phase chantier dans la plaine de Vitry, potentiellement induit lors de la construction des gares par la mise en œuvre de pompages d'épuisement permettant de pouvoir construire les infrastructures profondes au sec,

- l'effet en phase définitive du tunnel et des gares résultant de la perturbation des écoulements souterrains induit par l'obstacle créé par la présence du tunnel et des gares (« effet de barrage »), sur tout le linéaire du tracé étudié (plaine de Vitry et plateau d'Issy à Arcueil Cachan).

Des dispositions constructives telles que des parois moulées et des injections de sol (fonds et jupes injectées) sont prévues pour limiter les débits d'épuisement en phase chantier. Pour l'étude des effets piézométriques en phase chantier, deux cas de figure ont été envisagés. Le premier cas de figure considéré comme probable permet d'évaluer l'effet piézométrique en phase chantier en considérant des performances usuelles en termes d'efficacité des injections de sol permettant de réduire les débits d'épuisement. Le second cas de figure, considéré comme extrême, permet d'évaluer l'effet piézométrique en phase chantier en considérant de moins bonnes performances des dispositions constructives en raison notamment d'aléas géologiques locaux.

Les résultats des simulations effectuées à partir du modèle calé et pour le cas probable montrent que les impacts de la mise en place du tronçon de la ligne 15 Sud du projet de métro, sur le secteur étudié, seraient les suivants :

- Au niveau de la plaine de Vitry, pour les gares situées entre Vitry Centre et Saint-Maur-Créteil nécessitant des pompages d'épuisement non négligeables, l'effet piézométrique durant la phase travaux, c'est-à-dire l'abaissement du niveau de la nappe, serait :

  - de l'ordre de 5 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 0,5 à 1 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ;

  - compris entre 1,5 et 0,1 mètre dans les alluvions ;

  - de l'ordre d'une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie.

Les résultats des simulations effectuées à partir du modèle calé et pour le cas extrême, c'est-à-dire le plus défavorable, montrent que les impacts de la mise en place du tronçon de la ligne 15 Sud du projet de métro, sur le secteur étudié, seraient les suivants :

- Au niveau de la plaine de Vitry, pour les gares situées entre Vitry Centre et Saint-Maur-Créteil nécessitant des pompages d'épuisement non négligeables, l'effet piézométrique durant la phase travaux, c'est-à-dire l'abaissement du niveau de la nappe, serait :

  - compris entre 10 mètres dans le périmètre immédiat des stations, et 1 à 5 mètres à une distance de 1 km des stations environ, dans les calcaires grossiers ;

  - compris entre 3 et 0,5 mètre dans les alluvions ;

  - compris entre 1 mètre et une dizaine de centimètres dans la nappe de la Craie.

Plus particulièrement, les impacts sur les forages identifiés dans le secteur, et exploitant un ou l'autre des aquifères étudiés, sont compris entre 0,5 et 4 mètres.

Des tests de sensibilité ont montré que les résultats du modèle étaient globalement peu sensibles aux variations de paramètres hydrodynamiques testés dans des gammes raisonnables. De ce fait, une confiance importante peut être accordée aux effets piézométriques calculés par le modèle en réponse aux débits d'épuisement restitués.

En phase définitive, après mise en place des infrastructures : l'impact piézométrique lié à la présence du tunnel et des gares est de l'ordre :

- de la vingtaine à la cinquantaine de centimètres pour la nappe des calcaires grossiers entre les stations de Fort-d'Issy et Arcueil-Cachan, soit un impact équivalent à l'ordre de grandeur du battement moyen observé pour cette nappe dans ce secteur (0,3 à 1 m environ). L'impact serait localisé autour des stations, et serait insignifiant entre les stations,

- de la trentaine à la demi-dizaine de centimètres pour la nappe des calcaires grossiers et/ou la nappe phréatique dans la plaine de Vitry, soit un impact inférieur au battement moyen observé pour ces nappes dans ce secteur (0,5 à 1 m environ).

- l'impact piézométrique est nul dans l'aquifère de la craie,

Il conviendra, au cours des phases d'étude ultérieures, de vérifier et de valider ou au contraire d'infirmer ces hypothèses ainsi que :

- les perméabilités des principales formations géologiques, qui seront déterminées à l'issue des pompages d'essai qui doivent être réalisés au droit de chaque gare. Les perméabilités retenues dans le modèle sont celles issues de revues bibliographiques, de résultats d'essais dans le secteur d'étude et du calage des mesures piézométriques effectuées au droit du tracé pour ce projet et disponibles dans la bibliographie.

- les débits d'épuisement qui seront nécessaires pour la construction des infrastructures. Ces débits dépendent de la perméabilité des terrains en place et de la performance et de la géométrie des dispositions constructives sui seront réalisés pour limiter les venues d'eau (injections de sol notamment) En attente des pompages d'essai, les débits d'épuisement retenus, issus des estimations préliminaires de la Maîtrise d'œuvre, sont sécuritaires.

5.7 Bibliographie

[1] ADES – banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines, http://www.ades.eaufrance.fr

[2] AGENCE DE L'EAU SEINE NORMANDIE (2007) – Listing des prélèvements collectifs, industriels et agricoles pour les départements de Seine (Paris) et du Val de Marne (94)

[3] AGENCE REGIONALE DE SANTE ILE-DE-FRANCE (2011 - 2012) – Carte de localisation des prises d'eau et des captages d'alimentation en eau potable sur les départements de Seine (Paris) et du Val de Marne (94)

[4] ANTEA – inventaire des perméabilités issues de la BSS et des archives d'ANTEA

[5] AQUI' Brie : association de l'aquifère des calcaires de Champigny en Brie. Site internet www.aquibrie.fr

[6] ARCADIS (2013) – Synthèse géologique, géotechnique et hydrogéologique à l'issue des reconnaissances G11

[7] ARCADIS (2013) – Profil en long géologique et hydrogéologique – Synthèse de reconnaissance G11

[8] BRGM (1980) - Carte géologique au 1 / 25 000 de Paris

[9] BRGM (1989) – Carte géologique au 1 / 50 000 de Corbeil

[10] BRGM - Base de données Infoterre, banque du sous-sol (BSS), http://infoterre.brgm.fr/

[11] BRGM (1966) – Etat de la documentation sur les ouvrages souterrains implantés sur la feuille topographique de Paris et synthèse hydrogéologique provisoire

[12] BRGM – Carte hydrogéologique de la feuille de Paris. P. Diffre, 1970

[13] BRGM (2008)- RP56341-FR, Inventaire des installations géothermiques sur eaux souterraines à Paris

[14] BURGEAP (1947 – 2013) – Archives internes de la société

[15] BURGEAP (2013) – RGHCIF00530 Analyse détaillée du contexte hydrogéologique dans le cadre de la modélisation de la ligne 14 sud, Secteur Kremlin Bicêtre

[16] DALKIA 2012 (bureau d'études G2H conseils) – Résidence du Colombier – Créteil – Rapport de fin de travaux des forages F1 et F2.

[17] DHI-WASY GmbH, 2010 – DIERSCH – Logiciel FEFLOW, version 6.2

[18] FUGRO, ERG, FONDOUEST, TECHNOSOL (2013) – Ligne 15 Sud : Rapports de mission de reconnaissances G11

[19] INSPECTION GENERALE DES CARRIERES (1967 – 1990) – Carte géologique au 1 / 5 000 de Paris

[20] Lamé, Aurélie (2014) – Modélisation hydrogéologique des aquifères de Paris et impacts des aménagements du sous-sol sur les écoulements souterrains.

[21] Mégnien (1979) – Hydrogéologie du centre du bassin de Paris. Mémoire du BRGM n°98

[22] Mégnien (1970) – Atlas des nappes aquifères de la région parisienne

[23] METEO FRANCE – Publithèque, données de la pluie brute et de l'évapotranspiration potentielle à Paris Montsouris, période 1982 - 2013

[24] Monnier – Evaluation of the influence of urban development on groundwater recharge north-east of Paris (France). Bull Eng Geol Env (2001 59:329-342 Springer Verlag.

[25] RATP – Listing des volumes rejetés pendant la période 2007-2008 sur la Ville de Paris

[26] RATP (2012 - 2013) – Tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly, Etudes préliminaires, infrastructure. Plans structures gares et rapport de description. Gare de Maison Blanche Paris XIII. Gare de Kremlin-Bicêtre Hôpital / Gabriel Péri. Gare de Villejuif Institut Gustave Roussy

[27] SAGE Marne Confluence. Etat des lieux Partie 4 : l'état des écosystèmes et leur fonctionnement. Site internet : http://www.sage-marne-confluence.fr

[28] SETEC (17/12/2012) – Tronçon Olympiades – Aéroport d'Orly. Etudes préliminaires approfondies. Tracé de la ligne. Vue en plan et profil en long

[29] SIAAP (2010) – Cote du radier des ovoïdes d'assainissement le long de la vallée de la Bièvre

[30] Société du Grand Paris (2014) – Synthèse des reconnaissances G11

[31] Société du Grand Paris (2014) – Tracé vue en plan et profil en long du Tronçon 3

[32] SOYER (1953) – Géologie de Paris.

6 Annexe 6 : Fiches de résultats détaillés des campagnes de mesures des niveaux de bruit réalisées au niveau des secteurs d’aménagement des ouvrages annexes de la Ligne 15 Sud

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 2301P - Ile de Monsieur



RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
2301P_1	Jour	13/11/2014 16:22	59,5	56,4
2301P_2		13/11/2014 16:22	57,9	53,8
2301P_3		13/11/2014 16:18	57,8	55,0

RESULTATS DES MESURES EN dB(A) - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
2301P_1	Nuit	14/11/2014 00:55	51,5	45,5
2301P_2		14/11/2014 00:43	51,2	45,7
2301P_3		14/11/2014 00:43	47,8	44,1


2301P_1


2301P_2


2301P_3

SITES SENSIBLES

Deux sites sensibles sont situés à proximité du secteur d'aménagement de l'OA de l'Ile de Monsieur: le parc de Saint-Cloud et la base nautique de l'Île de Monsieur à 100m environ au nord de l'ouvrage. Le secteur ne présente pas de zone d'habitation située à proximité.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore dans le secteur d'aménagement de l'ouvrage est caractérisée par le bruit du trafic routier du Quai du Maréchal Juin et le Pont de Sèvres (RD910) où le trafic est quasiment permanent en période de jour.

En période de jour, l'environnement sonore est modérée et homogène avec des niveaux LAeq compris entre 57 et 60 dB(A). Les niveaux de bruit de fond LA90 relevés au niveau des 3 points de mesure sont élevés et très proches des LAeq mesurés avec de 54 à 56 dB(A), ce qui montre un impact continu et fort induit par le trafic routier des axes précédemment cités.

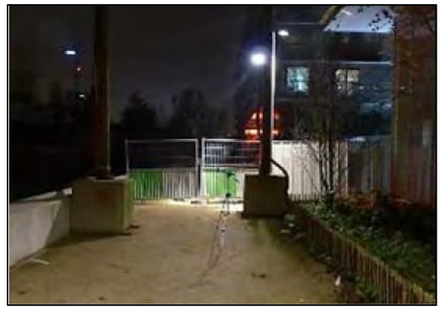
De nuit l'environnement sonore est plus calme et toujours assez homogène avec des niveaux de bruit ambiant LAeq compris entre 48 et 51 dB(A). Le point 2301P_3 est le plus calme du fait de son plus éloignement par rapport aux axes routiers. Ce point est également le seul a être impacté très ponctuellement par le passage du tram T2 à environ 20m de l'ouvrage. Les niveaux de bruit de fond LA90 sont compris entre 44 et 46 dB et caractéristiques d'un environnement sonore encore bien impacté par le trafic routier.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible à modéré lié à un environnement sonore marqué par le bruit routier continu et à l'absence d'habitation à proximité directe.
La proximité du Parc de Saint-Cloud et surtout de la base nautique de l'Ile de Monsieur induit malgré tout des enjeux sonores spécifiques.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 2203P - ZAC SAEM





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dB(A)

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	2203P_1	14/12/2014 20:17	45,1	42,2
Nuit		14/12/2014 22:04	47,0	41,8

SITES SENSIBLES

La zone d'aménagement de l'ouvrage était en chantier lors de la réalisation des mesures de bruit. Les immeubles en construction à proximité de l'ouvrage représentent les sites les plus sensibles mais n'étaient pas accessibles lors des mesures.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est impactée par un bruit routier lointain (les quais de Seine RD1 et RD7 se trouvent respectivement à 50m et 400m au sud-ouest).

De jour comme de nuit, le niveau de bruit LAeq mesuré est compris entre 45 et 47 dB(A). Ce qui représente une zone à ambiance sonore très calme.

Les niveaux de bruit de fond L90 sont proches des niveaux sonores moyens avec de l'ordre de 42 dB(A) en journée et la nuit. L'environnement sonore est principalement impacté par le bruit continu du trafic routier du Quai Georges Gorse (RD1).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à la présence d'un environnement sonore relativement calme mais qui reste aujourd'hui éloigné des habitations.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 2201P - pl de la Résistance





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	2201P_1	13/11/2014 16:35	55,1	49,4
Nuit		13/11/2014 00:53	44,4	39,6

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible ne se trouve à proximité de l'ouvrage. Les riverains les plus proches sont situés à environ 60m au sud-est (derrière le chemin de fer) et au nord-ouest (autre rive).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier des différents boulevards de la zone : D7 à 40m au sud, D2 à 140m à l'est, D1 à 300m au nord-ouest et boulevard périphérique intérieur à 1700m au nord-est. Le survol des avions n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit citées ci-dessus.

De jour, les niveaux sonores LAeq mesurés sont de l'ordre de 55 dB(A).

La nuit, le niveau de bruit de fond L90 est inférieur à 40 dB(A) ce qui caractérise un environnement sonore peu bruyant et principalement influencé par le bruit routier lointain.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible lié à l'absence de riverains à proximité directe

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 2101P - Parc H. Barbusse





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	2101P_1	13/11/2014 15:19	65,2	51,9
Nuit		14/11/2014 00:12	57,2	39,3

SITES SENSIBLES

L'ouvrage est situé sur le parc Henri Barbusse, zone verte de détente à préserver du bruit. Lles premières habitations sont assez distantes de l'ouvrage : environ 25m au Sud, rue de la Martelle.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier de la rue de l'Egalité qui longe le parc Henri Barbusse, ainsi que par un bruit routier lointain en bruit de fond (boulevard périphérique à environ 1km700 au nord-est).

Le survol des avions n'est pas toujours audible car ils volent en altitude dans cette zone et le bruit qu'ils génèrent est masqué par les autres sources de bruit.

En journée, le niveau sonore LAeq mesuré est de 65 dB(A), soit une zone à ambiance sonore bruyante.

La nuit, l'environnement reste assez bruyant avec un niveau de bruit de fond L90 mesuré de l'ordre de 40 dB(A) généré principalement par le bruit routier du boulevard périphérique et le vent dans la végétation.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible à modéré lié à la la présence du parc Henri Barbusse, zone verte à préserver du bruit. Les premières habitations sont situées à 25m environ du secteur d'aménagement. L'environnement sonore existant est cependant déjà très exposé au bruit.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 2002P - sq Malleret Joinville





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	2002P_1	13/11/2014 14:36	69,4	51,1
Nuit		13/11/2014 23:30	66,6	38,0

SITES SENSIBLES

L'ouvrage se situe dans le square du général Malleret Joinville, à environ 15m de l'école élémentaire Henri Barbusse (à l'est). Les premières habitations sont situées de l'autre côté du boulevard du colonel Fabien à environ 20m.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier du boulevard du colonel Fabien. Le trafic y est rythmé par un feu de signalisation situé à environ 50m au nord-ouest de l'ouvrage. Hormis cela, les bruits naturels sont aussi présents dans l'environnement sonore (vent dans la végétation et chants d'oiseaux).

Les niveaux de bruit LAeq mesurés en période de jour sont de l'ordre de 69 dB(A).

La nuit, les niveaux de bruit ambiants restent très élevés avec plus de 66 dB(A) mais les niveaux de bruit de fond L90 sont inférieurs à 40 dB(A). Cela montre des périodes de calme relatif lorsque le trafic routier du

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fo lié à la proximité des premières habitations et de l'école élémentaire Henri Barbusse et à la présence d'une zone verte à préserver. L'environnement sonore existant reste cependant déjà très exposé au bruit.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 2001P - Fort de Vanves





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	2001P_1	13/11/2014 14:02	50,7	46,0
Nuit		13/11/2014 23:08	45,8	37,8

SITES SENSIBLES

L'ouvrage est situé dans un parc résidentiel à proximité de deux immeubles d'habitation à environ 15m au nord et au sud. Hormis cela, aucun site sensible ne se trouve aux alentours.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage annexe 2001P est impactée par un bruit routier lointain : le périphérique intérieur se trouve à 1500m au nord; ainsi que par des bruits naturels étant donné la localisation : vent dans la végétation, chants d'oiseaux...

En journée, le niveau sonore LAeq mesuré est de l'ordre de 50 dB(A) ce qui représente un environnement calme.

La nuit, la zone présente un niveau de bruit de fond L90 inférieur à 40 dB(A), l'environnement est peu bruyant.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à un environnement sonore existant peu bruyant, à la présence d'une zone de parc et de riverains à proximité du site.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1902P - Cimetière Parisien





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1902P_1	13/11/2014 13:12	73,5	57,0
Nuit		13/11/2014 22:44	65,8	48,2

SITES SENSIBLES

L'ouvrage est localisé au niveau du cimetière Parisien de Bagneux, entouré d'un mur de hauteur supérieure à 2m. Hormis cela, il y a peu d'habitations à proximité (1ère habitation : 20m de l'autre côté de l'avenue Jean Jaurès).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est marquée par le bruit routier de deux axes importants : l'avenue Marx Dormoy et l'avenue Jean Jaurès qui se croisent à environ 40m au nord. Ce trafic est ponctué par un feu de signalisation qui alterne entre le bruit continu des voitures qui attendent au feu rouge et le bruit ponctuel du trafic pulsé au feu vert.

La journée, le niveau de bruit LAeq mesuré est de l'ordre de 73 dB(A), ce qui est très bruyant.

La nuit le trafic routier des deux avenues reste important et la zone bruyante. Les niveaux de bruit de fond L90 sont élevés avec plus de 45

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible à modéré lié à la présence du cimetière Parisien de Bagneux, zone calme. Néanmoins, peu d'habitations sont situées à proximité et l'environnement sonore existant est cependant déjà très exposé au bruit.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1901P - Pierre Plate





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1901P_1	12/11/2014 15:08	53,6	45,2
Nuit		13/11/2014 00:36	45,4	35,5

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible ne se trouve à proximité, hormis les habitations situées à environ 15m à l'est.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est impactée par un bruit routier lointain (le boulevard périphérique est situé à environ 1700m au nord), ainsi que par les passants et usagers du supermarché de quartier (discussions, valise à roulettes...).

Malgré les sources de bruit environnantes, le survol des avions a parfois été audible lors des mesures.

La journée, le niveau de bruit LAeq mesuré est de l'ordre de 54 dB(A). Ceci est plutôt calme.

La nuit, les niveaux de bruit de fond L90 sont de l'ordre de 35 dB(A). Ceci équivaut à un environnement sonore plutôt calme impacté par le bruit continu du trafic routier lointain.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la proximité d'un immeuble d'habitation et à un environnement sonore existant calme.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1702P - Sq Général De Gaulle





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1702P_1	12/11/2014 16:07	67,1	58,7
Nuit		12/11/2014 23:55	57,5	49,4

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles sont les logements de la rue Marx Dormoy, situés à 20m environ et le square du général De Gaulle dans lequel l'ouvrage est implanté. L'hôtel de ville localisé à une vingtaine de mètre au nord de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier de la rue Marx Dormoy et de la rue Camille Desmoulins, ainsi que par le bruit généré par les jets d'eau du Square Général De Gaulle. Le niveau sonore LAeq mesuré en période de jour est de l'ordre de 67 dB(A). Soit un environnement sonore bruyant.
La nuit, les jets d'eau sont plus audibles et en grande partie responsables du niveau de bruit LA90 élevé de l'ordre de 50 dB(A) mesuré à cette période.

Le survol d'avions est rare et n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit observées.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à la présence de riverains et de l'hôtel de ville à proximité du site ainsi que le square du Général de Gaulle.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 1801P - Parc Robespierre



RESULTATS DES MESURES - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
1801P_1	Jour	13/11/2014 12:35	47,9	44,1
1801P_2		13/11/2014 12:35	47,2	44,4
1801P_3		13/11/2014 12:27	48,7	46,3
1801P_4		13/11/2014 12:27	59,7	49,0

RESULTATS DES MESURES - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
1801P_1	Nuit	13/11/2014 22:11	45,2	42,1
1801P_2		13/11/2014 22:11	43,9	42,7
1801P_3		13/11/2014 22:09	46,5	45,1
1801P_4		13/11/2014 21:58	56,6	46,8



1801P_1



1801P_2



1801P_3



1801P_4

SITES SENSIBLES

Le parc Robespierre dans lequel est prévu l'ouvrage est le site le plus sensible. Le parc est bordé par des habitations. Les logements en partie Sud sont plus éloignés du secteur d'aménagement de l'ouvrage (plus de 100m de l'ouvrage concerné).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore est caractérisé par un bruit routier lointain et par les bruits ponctuels des usagers du parc. L'environnement sonore de jour comme de nuit est calme. La rue de Verdun située au Nord du Parc est la seule voie routière qui longe le Parc. Le bruit en provenance de l'avenue Louis Pasteur et de la rue de la Bièvre est stoppé par les immeubles de logements qui font obstacles. Le Sud du Parc est occupé par un parking résidentiel qui génère peu de nuisances sonores en raison de la faible vitesse des véhicules.

Les niveaux sonores moyens LAeq mesurés en période de jour sont compris entre 47 et 49 dB(A) hormis le long de la rue de Verdun où l'impact de la circulation routière est plus fort avec environ 60 dB(A) mesuré en journée au point 1801P_4. Les niveaux de bruit de fond sont plus homogènes avec de 44 à 49 dB(A) constatés pour l'ensemble des points de mesures.

La nuit, l'ambiance sonore est légèrement plus calme avec 2 à 3 dB(A) de moins observé par rapport à la période de jour. De même les niveaux de bruits de fond LA90 diminuent peu avec de 42 à 47 dB(A) mesurés en période de nuit.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'une zone verte calme (parc Robespierre) et à la présence de nombreux riverains à proximité.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 1701P - Jardin Panoramique





Ouvrage
Ligne 15 Sud
Point de mesures
0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1701P_1	12/11/2014 13:31	53,5	49,6
Nuit		12/11/2014 22:31	54,5	52,1

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles sont représentés par le jardin panoramique et les maisons individuelles situées à 10m et plus de l'ouvrage. Le Jardin fait l'objet d'une attention particulière (zone d'intérêt PPBE).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par l'omni-présence du bruit généré par l'A6 située à environ 100m à l'est du point de mesure. Le trafic routier local est quant à lui très faible et influence peu l'environnement sonore.
Le survol des avions est en général masqué par le bruit de l'autoroute.

Le niveau sonore LAeq mesuré en journée est de l'ordre de 54 dB(A).

La nuit, l'environnement sonore est similaire à la période de jour, le niveau de bruit de fond LA90 est même plus élevé que le jour avec plus de 50 dB(A), en raison de la propagation plus fort du bruit à cette période.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à un niveau de bruit de fond existant élevé. Le parc constitue néanmoins une zone à préserver du bruit, identifiée dans le PPBE du Val de Bièvres.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 1601P - rue Jules Joffrin





Ouvrage
Ligne 15 Sud
Point de mesures
0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1601P_1	12/11/2014 14:30	65,4	48,4
Nuit		12/11/2014 23:40	53,9	43,4

SITES SENSIBLES

La zone est résidentielle et les premières habitations sont situées à environ 15m au niveau de la rue Jules Vallès. Un centre médico-psychologique est situé au sud de l'ouvrage à environ 130m. Au nord-ouest, à environ 180m se trouve l'hôpital universitaire Paul Brousse.

ANALYSE DES MESURES

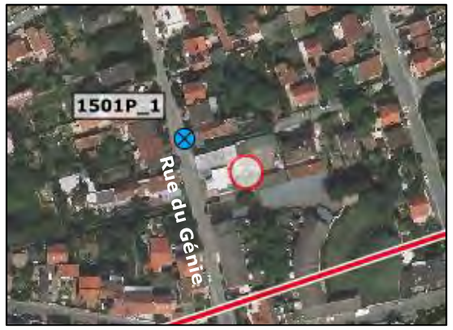
L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier des axes à proximité : rue Jules Joffrin, rue Edouard Vaillant (20m au nord) et rue Griffuelhes (50m au nord-ouest). Le bruit de fond L90 est de 48 dB(A) et caractéristique d'un bruit routier lointain provenant de l'autoroute A6 située à 1km à l'ouest de l'ouvrage.

La nuit, le niveau de bruit de fond L90 est supérieur à 40 dB(A) ce qui est assez bruyant. Ceci est dû au fait que le trafic des rues avoisinantes diminue mais laisse place au bruit continu de l'autoroute A6. Le survol des avions marque également la période nocturne.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible à modéré lié à la présence d'une habitation à proximité.
Le site est néanmoins déjà impacté par le bruit routier continu.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de l'OA 1501P - rue du Génie





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1501P_1	12/11/2014 14:31	58,1	40,4
Nuit		12/11/2014 23:35	48,0	38,1

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible ne se trouve à proximité de l'ouvrage, hormis les habitations situées autour, à environ 10m pour les plus proches.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par un bruit routier lointain (D7 située à 500m à l'ouest, D5 située à 750m à l'est...) ainsi que par le trafic routier de la rue du Génie (peu important).

Le niveau de bruit LAeq mesuré en journée est d'environ 58 dB(A).

Avec un niveau de bruit de fond nocturne L90 de 38 dB(A), la zone pavillonaire est peu bruyante et impactée par le bruit continu du trafic routier des grands axes alentours.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la proximité des habitations et à un environnement sonore préexistant peu bruyant la nuit.

L15 SUD | Secteur d'aménagement de l'OA 1404P - rue Gabriel Péri





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1404P_1	12/11/2014 13:17	59,1	44,0
Nuit		12/11/2014 22:36	50,0	43,7

SITES SENSIBLES

Les habitations situées situées à proximité de l'ouvrage constituent les sites les plus sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'environnement sonore autour de l'ouvrage est caractérisé par un bruit routier lointain provenant de D274 situé à environ 120m à l'est ainsi que par le passage régulier de trains sur la ligne du RER C à 210m à l'est.

Le survol des avions n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées.

Le jour le niveau sonore LAeq mesuré est de l'ordre de 59 dB(A).

La nuit l'environnement sonore est légèrement plus calme, mais le bruit routier lointain reste très présent avec un niveau de bruit de fond L90 de 44 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à la présence de nombreuses habitations à proximité du site

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1402P - rue L. Marchandise





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1402P_1	29/10/2014 16:19	52,9	48,0
Nuit		29/10/2014 23:32	45,2	38,8

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles identifiés sont le parc et les immeubles de logement, nombreux mais plus éloignés de l'ouvrage (plus de 15m).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est calme, malgré le bruit routier de la RD5 et les bruits générés par les usagers du parc (enfants, piétons).

De jour le niveau sonore LAeq mesuré est de l'ordre de 53 dB(A).

La nuit l'environnement sonore est encore plus calme avec un niveau moyen LAEq de 45 dB(a) mais le niveau de bruit de routier de la RD5 reste assez soutenu avec un niveau de bruit de fond LA90 de l'ordre de 40 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la situation du site, localisé dans un parc, et à la forte densité de population autour du site, caractérisé par un environnement sonore aujourd'hui peu impacté.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1401P - rue Bel Air





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1401P_1	12/11/2014 13:15	67,3	53,9
Nuit		12/11/2014 22:38	57,3	44,3

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible ne se trouve à proximité de l'ouvrage. Les habitations les plus proches sont situées à environ 75m au nord (rue Victor Ruiz) et au sud (rue du Bel Air).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est impactée par un bruit routier lointain en bruit de fond de la rue Léon Geffroy à environ 250m à l'Est et de la rue de Choisy à 100m à l'Ouest. Le bruit des activités industrielles de la zone est aussi une source non négligeable.

Le niveau sonore LAeq mesuré en période de jour est de 67 dB(A), ce qui correspond à une ambiance préexistante bruyante mais le niveau de bruit de fond est sensiblement plus bas avec un LA90 d'environ 54 dB(A).

La nuit, l'ambiance sonore est plus calme mais reste élevée (LAeq de 57 dB(A)) avec en bruit de fond un bruit routier lointain et les équipements techniques des usines de la zone. Le niveau de bruit de fond LA90 est d'environ 44 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible lié à un environnement sonore préexistant déjà bruyant et à l'absence de riverain à proximité directe du site.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'OA 1302P - Friche Arrighi



Ouvrage

Point de mesures

Ligne 15 Sud

RESULTATS DES MESURES EN dBA - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
1302P_1	Jour	29/10/2014 14:09	59,8	54,0
1302P_2		29/10/2014 12:50	73,5	57,8
1302P_3		29/10/2014 12:50	60,3	51,7
1302P_4		29/10/2014 13:33	62,3	50,3

RESULTATS DES MESURES EN dBA - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
1302P_1	Nuit	30/10/2014 01:07	52,3	41,8
1302P_2		29/10/2014 22:03	70,7	56,5
1302P_3		29/10/2014 22:03	58,5	53,3
1302P_4		29/10/2014 22:41	56,9	49,8


1302P_1


1302P_2


1302P_3


1302P_4

SITES SENSIBLES

Il n'y a pas de sites sensibles à toute proximité de l'ouvrage qui est implanté en pleine zone industrielle. Les premiers logements sont observés à environ 150m à l'ouest du site et 220m à l'est.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore est modérée à très bruyante. Elle est caractérisée par un bruit routier continu et élevé en provenance du quai Jules Guesde à Vitry-sur Seine et du quai de la Révolution à Alfortville. En bruit de fond, l'autoroute A86 située à environ 900m du site est perceptible la nuit mais masqué par le bruit routier des routes les plus proches en journée. En journée les niveaux LAeq mesurés sont compris entre 60 dB(A) et 73,5 dB(A). Les niveaux de bruit de fond LA90 quant à eux sont compris entre 50 et 58 dB(A).

Les bruits industriels sont importants sur la zone. Au point 1302P_1, la société Holcim (cimenterie) impacte l'environnement sonore mais celle-ci ne fonctionne pas la nuit, ce qui abaisse significativement le niveau de bruit de fond LA90 à cette période avec près de 42 dB(A).
Les points de la rue Léon Mauvais sont tous deux fortements impactés par le bruit de l'usine Sanofi et, dans une moindre mesure, par la centrale électrique. Cet impact est particulièrement identifiable la nuit avec un bruit très stable et des niveaux de bruit de fond LA90 élevés (équivalent ou supérieurs à 50 dB(A)).

Le point situé le long du quai Jules Guesde est beaucoup moins impacté par le bruit industriel car masqué par le trafic routier important, même en période de nuit, ce qui explique le niveau de bruit de fond qui reste élevé à cette période avec plus de 56 dB(A). Un bruit sourd d'origine industrielle est cependant parfois perceptible entre deux passages de véhicule.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible lié au caractère industriel du secteur d'aménagement de l'ouvrage et à l'absence de riverains à proximité.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1301P - Rue de Rome





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1301P_1	28/10/2014 17:30	58,2	43,6
Nuit		29/10/2014 01:28	39,1	34,1

SITES SENSIBLES

Les premiers riverains sont situés à 15m à l'Ouest de l'ouvrage.
Deux autres sites sensibles se trouvent à proximité de l'ouvrage: le collège Paul Langevin situé à 50m au Sud ainsi que l'école Montaigne située à environ 110m au Sud de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

En période de jour l'environnement sonore est modérée et principalement caractérisé par le trafic routier au niveau de la rue de Rome et de la rue de Madrid. Le niveau sonore LAeq mesuré est de 58 dB(A).

De nuit le trafic routier des 2 axes précedemment cités devient négligeable et c'est donc le bruit en provenance de l'autoroute A86 située à environ 880m à l'Est de l'ouvrage qui devient prédominant. L'environnement sonore est calme avec un niveau de bruit ambiant de 39 dB(A). Les niveaux de bruit de fond LA90 relevés sont quant à eux de l'ordre de 34 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la proximité des riverains et à un environnement sonore préexistant assez calme, en particulier la nuit. La proximité de 2 écoles et la présence de nombreux piétons au niveau de la rue de Rome renforcent également les enjeux sur ce secteur.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1201P - Université de Créteil





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1201P_1	29/10/2014 12:59	55,2	48,3
Nuit		30/10/2014 02:20	43,7	40,6

SITES SENSIBLES

Les sites sensibles sont représentés par les bâtiments universitaires de l'université de Paris Est Créteil Val de Marne à environ 10m pour le plus proche. Les riverains les plus proches sont situés à environ 35m au Nord.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est calme et principalement caractérisée par le bruit routier de la rue pasteur Vallery Radot (longeant l'ouvrage au nord) qui présente un trafic important, ainsi que par le bruit routier en bruit de fond de l'autoroute A86 (environ 200m à l'ouest). Le niveau sonore LAeq mesuré en journée est de 55 dB(A).

A noter que l'université comporte des équipements techniques qui sont audibles au point de mesure (en particulier la nuit).

La nuit les niveaux de bruits diminuent significativement (LAeq de 44 dB(A) environ). La principale source de bruit est l'autoroute A86 (lointain), ce qui explique le niveau de bruit de fond LA90 soutenu avec de l'ordre de 40 dB(A) mesuré à cette période.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence de bâtiments universitaires à proximité directe du secteur d'aménagement de l'ouvrage, localisé dans un environnement peu impacté par le bruit

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1103P - Stade F Desmond





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1103P_1	28/10/2014 15:11	68,6	53,6
Nuit		28/10/2014 23:58	61,0	39,1

SITES SENSIBLES

Le collège Plaisance est situé à environ 75m au Nord-Est l'ouvrage et les premiers riverains se trouvent à 130m au Sud-Est.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier de l'avenue Laferrière, de la RD19 (à environ 115m au Sud-Ouest) et de l'autoroute A86 en bruit de fond à environ 550m à l'Ouest/Nord-Ouest.

Le niveau de bruit LAeq mesuré en journée est de 68,5 dB(A). Ce qui représente un environnement sonore très bruyant (limite PNB Bruit routier).

La nuit, les niveaux sonores LAeq diminuent pour atteindre 61 dB(A) mais l'environnement sonore reste bruyant. Le niveau de bruit de fond LA90 est de 39 dB(A) et induit par le bruit lointain de l'autoroue A86.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu faible à modéré lié à la présence d'un gymnase et du collège Plaisance à proximité. Néanmoins, peu de bâtiments sont identifiés à proximité directe du site, qui est par ailleurs déjà très impacté par le bruit routier.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1102P - avenue de Ceinture





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1102P_1	28/10/2014 15:10	50,5	38,6
Nuit		28/10/2014 23:55	39,6	28,1

SITES SENSIBLES

L'ouvrage se situe dans un quartier résidentiel type pavillonnaire. L'habitation la plus proche est située à environ 10m au nord-ouest et l'école maternelle des Buttes se trouve à envrion 50m au Sud-Est de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est calme avec un niveau sonore LAeq de 50 dB(A) mesuré en journée. Elle est caractérisée par un bruit routier lointain (A86 à environ 800m au nord-ouest) ainsi que des bruits naturels (chants d'oiseaux, vent dans la végétation).

Lors de la mesure, aucun avion n'a survolé la zone.

La nuit l'environnement sonore est très calme avec un niveau de bruit ambiant LAEq de l'ordre de 40 dB(A) et un niveau de bruit de fond LA90 inférieur à 30 dB(A), le quartier est peu traversé par les voitures et seul le bruit routier lointain est audible.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, particulièrement la nuit, et à la présence de riverains à proximité.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1101P - rue du Port





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1101P_1	29/10/2014 12:46	54,8	42,5
Nuit		30/10/2014 02:13	39,7	36,0

SITES SENSIBLES

Les habitations situées à environ 8m à l'Ouest de l'ouvrage sont les plus sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage estcaractérisée par le bruit routier de la Rue du Port (à environ 5m de l'ouvrage) ainsi que par l'activité de l'usine CEMEX située de l'autre côté de la Marne à environ 125m de l'ouvrage.

Le jour avec un niveau de bruit LAeq d'environ 55 dB(A), la zone est plutôt calme. Le niveau de bruit de fond LA90 est très bas à cette période avec 42 dB(A).

De nuit l'environnement sonore est également calme et principalement impacté par un bruit routier lointain en provenance de la rue du Port de Créteil. Avec un niveau de bruit de fond LA90 de 36 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme et à la présence de riverains à proximité.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1003P - Imp. De l'Abbaye





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1003P_1	23/10/2014 18:03	58,1	50,5
Nuit		24/10/2014 01:13	50,5	44,8

SITES SENSIBLES

Présence d'un jardin à environ 15m d'un immeuble d'habitation. Le parc de L'Abbaye constitue aussi un site sensible mais situé à plus de 160m de l'ouvrage. Il est à noter que face au point de mesures, des bâtiments sont en construction.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier des quais (Nord de l'ouvrage à +/- 30m) et de la rue de l'Abbaye, ainsi que par une chute d'eau sur la Marne en bruit de fond (+/- 70m au Nord-Est).

Le jour, les niveaux sonores LAeq mesurés sont caractéristiques d'une zone d'ambiance sonore modérée avec environ 58 dB(A).

La nuit, le trafic routier diminuant, l'environnement sonore devient plus calme (LAeq de 50 Db(A) environ). C'est le bruit de la chute d'eau qui domine la zone d'étude et qui est responsable du niveau de bruit de fond LA90 assez élevé de 45 dB(A) observé à cette période.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence de logements à proximité directe du site et à un environnement sonore préexistant relativement calme malgré des niveaux de bruit de fond assez élevés.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 1001P - av Roger Salengro





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	1001P_1	23/10/2014 14:48	65,7	56,5
Nuit		24/10/2014 00:54	59,6	39,2

SITES SENSIBLES

Les habitations de l'avenue Roger Salengro dont certaines sont situées à moins de 10m de l'ouvrage sont les sites plus sensibles observés autour de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

Avec des niveaux de bruits LAeq mesurés supérieurs à 65 dB(A) le jour et proches de 60 dB(A) la nuit, l'ambiance sonore autour de l'ouvrage annexe 1001P est bruyante et caractérisé par le bruit généré par le trafic routier de l'avenue Salengro mais aussi du boulevard Aristide Briand et de la rue Pirolley.

La présence de feux de circulation au carrefour induit la présence quasi en continu de véhicules à l'arrêt (moteur en marche) en journée, ce qui explique les niveaux de bruit de fond LA90 assez élevés à cette période avec environ 56 dB(A). A noter que le Garage Speedy génère ponctuellement du bruit (à-coups) mais celui-ci est en général masqué par le trafic routier.

La nuit, du fait d'une circulation moins dense, les niveaux de bruits de fonds L90 sont beaucoup moins élevés mais le niveau de bruit routier LAeq reste soutenu.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à un environnement sonore impacté par le bruit routier continu. Les premières habitations restent néanmoins proches du secteur d'aménagement.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0902P - RP du colonel Grancey





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0902P_1	23/10/2014 15:47	63,6	59,6
Nuit		23/10/2014 23:48	58,9	48,1

SITES SENSIBLES

Les riverains les plus proches se trouvent à environ 10m au Nord de du site. Aucun autre site sensible ne se trouve à proximité de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

L'environnement sonore autour de l'ouvrage est très impacté par le bruit routier de l'ensemble des axes qui arrivent au rond point du colonel Grancey comme la RD145, RD130 et la rue Guy Moquet.

Avec un niveau de bruit LAeq de 64 dB(A) de jour et 59 dB(A) la nuit, l'ambiance sonore existante est assez bruyante mais reste modérée.

Les niveaux de bruit de fond LA90 sont en revanche élevés avec près de 60 dB(A) en journée et 48 dB(A) la nuit. En effet le trafic routier reste soutenu sur le rond point même en période de nuit.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré lié à un environnement sonore existant déjà très impacté par bruit routier. Les premiers riverains restent cependant proche du site.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0901P - Clos du Pré de l'Etang





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0901P_1	23/10/2014 18:23	60,2	41,8
Nuit		23/10/2014 23:13	63,1	32,3

SITES SENSIBLES

Les premières habitations qui se trouvent à 15m de l'ouvrage au niveau du clos du Pré de l'Etang sont les plus sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est avant tout caractérisée par le bruit ponctuel engendré par le trafic ferroviaire. En effet deux voies ferrées passent à proximité de l'ouvrage : voies du réseau Ferré de France à environ 40m à l'Ouest de l'ouvrage et RER E à +/- 220m au Nord de l'ouvrage.

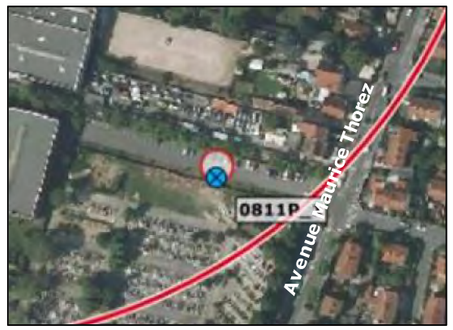
En période de jour, le niveau sonore LAeq mesuré représente une zone d'ambiance sonore modérée avec environ 60 dB(A).

La nuit, les niveaux de bruit ambiant LAeq restent élevés avec environ 63 dB(A) à cause du trafic ferroviaire mais le niveau de bruit de fond LA90 est très calme avec 32 dB(A). Cela est caractéristique d'un environnement sonore calme et principalement impacté par le passage des trains.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la proximité des riverains, situés dans un environnement sonore calme (hors du passage des trains), en particulier la nuit.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0811P - Av M. Thorez





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0811P_1	28/10/2014 13:22	54,0	44,1
Nuit		28/10/2014 22:05	51,8	34,3

SITES SENSIBLES

Les habitations les plus proches sont situées à 15 m au Sud-Est et à 30m au Nord de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier de l'avenue Maurice Thorez (à environ 55m à l'Est de l'ouvrage), ainsi que par le trafic des allées et venues des voitures au niveau du parking du cimetière.

Avec un niveau sonore LAeq mesuré de 54 dB(A) en période de jour, la zone est plutôt calme.

La nuit les niveaux sonores mesurés sont caractéristiques d'un environnement sonore assez calme avec un niveau de bruit ambiant LAeq de 52 dB(A) environ mais le niveau de bruit de fond LA90 est bas avec 34 dB(A). Le trafic routier de l'avenue Maurice Thorez reste prédominant.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la proximité des riverains et la présence d'une zone de passage (usagers du cimetière). Par ailleurs, l'environnement sonore préexistant est calme.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0810P - rue du G. Leclerc





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0810P_1	22/10/2014 17:05	62,0	52,2
Nuit		23/10/2014 01:30	54,3	35,4

SITES SENSIBLES

Les riverains sont très proches du site avec une habitation observée à moins de 10m.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de est avant tout caractérisée par le bruit routier de la rue du Général Leclerc (20m à l'Est). Les passages régulier des RER de la ligne E située à environ 200m au Nord du point de mesure sont souvent masqués par le bruit routier.
Le survol des avions n'est pas non plus toujours audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées.

En journée, l'environnement sonore est modéré avec un niveau sonore LAeq mesuré de 62 dB(A).

La nuit, avec des niveaux de bruit LAeq de l'ordre de 54 dB(A), l'environnement sonore reste modérée mais le niveau de bruit de fond mesuré L90 diminue fortement avec près de 35 dB(A) mesuré. Ceci montre qu'entre deux passages de voiture l'ambiance sonore est calme.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant modéré et à la présence de riverains à proximité directe.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0808P - av H. Dunant





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0808P_1	22/10/2014 17:06	66,0	41,2
Nuit		23/10/2014 01:32	34,6	30,2

SITES SENSIBLES

L'immeuble d'habitation le plus proche se situe à environ 10m à l'Ouest du site d'aménagement de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le passage régulier de RER sur la ligne E (au Sud à 20m). Le bruit routier (autoroute A4 au nord-ouest à environ 950m et l'avenue Henri Dunant au nord à 7m) est également audible et a un léger impact sur le bruit de fond.
Le survol des avions n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées.

La journée, l'environnement sonore est bruyant avec un niveau de bruit LAeq mesuré de 66 dB(A). Celui-ci est néanmoins uniquement engendré par le passage ponctuel des RER E. En effet le niveau de bruit de fond LA90 est beaucoup plus calme avec 41 dB(A).

La nuit, en l'absence de passage de RER, l'environnement sonore est très calme avec un niveau de bruit ambiant LAeq de moins de 35 dB(A) et un niveau de bruit de fond LA90 de 30 dB(A) où seul le bruit routier de l'autoroute A4 reste perceptible.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme (en dehors du passage des RER), en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.

L15 SUD	Secteur d'aménagement de l'ouvrage 0807P - Sentier des Marins



Ouvrage — Ligne 15 Sud — Point de mesures

0 50 m — N O E S

RESULTATS DES MESURES EN dBA - JOUR

Point	Période	Début	LAeq	L90
0807P_1	Jour	22/10/2014 17:22	59,8	39,8
0807P_2		22/10/2014 16:39	53,7	43,5
0807P_3		22/10/2014 16:39	65,5	42,8
0807P_4		22/10/2014 17:22	63,4	42,6

RESULTATS DES MESURES EN dBA - NUIT

Point	Période	Début	LAeq	L90
0807P_1	Nuit	23/10/2014 01:12	42,1	29,5
0807P_2		23/10/2014 00:32	39,4	31,6
0807P_3		23/10/2014 00:35	35,9	32,5
0807P_4		23/10/2014 01:12	36,4	32,6


0807P_1


0807P_2


0807P_3


0807P_4

SITES SENSIBLES

L'ouvrage est localisé est dans une zone pavillonnaire avec de nombreux riverains à 15m environ au Nord du site mais aussi au Sud à environ 60m. Le parc du Bois Saint Denis situé à environ 80m à l'Ouest est également un site sensible situé à proximité de l'ouvrage 0807P. Plus au loin dans un fuseau de 500m autour de l'ouvrage deux autres sites sensible sont identifiés: l'école Jean Jaurès à environ 290m au Sud de l'ouvrage ainsi que l'école élémentaire publique Jean Renon à environ 460m à l'Est de l'ouvrage.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est avant tout caractérisée par le bruit du RER E situé à environ 45m au Sud de l'ouvrage. Des annonces de gare sont également audibles au point 0807P_3 du fait de la proximité de la gare de Villiers-sur-Marne - Le Plessis-Trévise. Enfin, le trafic routier de la rue des Chapelles est également déterminant pour l'environnement sonore au point 0807P_1.
Le survol des avions dans cette zone est fréquent mais pas toujours audible car masqué par les autres sources de bruit.

En période de jour les niveaux de bruit ambiants sont compris entre 54 et 65 dB(A), soit un environnement calme à modéré, principalement impacté par le trafic ferroviaire du RER E. En effet les niveaux de bruit de fond LA90 relevés sont beaucoup plus bas et homogènes (40 à 43 dB(A) observé).

La nuit et en l'absence de passage de RER, les niveaux sonores mesurés autour de l'ouvrage sont très calmes, sauf pour le point 0807P_1 qui est en hauteur et plus proche du trafic routier, les niveaux de bruit LAeq sont inférieurs à 40 dB(A) et les niveaux de bruit de fond compris entre 29 et 33 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la proximité des riverains, situés dans un environnement sonore calme (en dehors du passage des RER), particulièrement la nuit.
Le sentier des Marins est par ailleurs, une ruelle empruntée par les usagers du parc du Bois Saint Denis.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0806P - rue Mozart





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0806P_1	22/10/2014 16:00	54,4	45,7
Nuit		23/10/2014 00:40	44,7	30,6

SITES SENSIBLES

Le secteur d'aménagement est situé en plein coeur d'une zone pavillonnaire et est très proche des premières habitations (< 10m).

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est calme de jour comme de nuit et caractérisée par un bruit routier lointain en bruit de fond (autoroute A4 au Nord à environ 850m et RD203 au Nord-Ouest, à environ 80m du site). Les passages réguliers des RER E à 35m au Sud-Est du point de mesure ont également une influence significative sur les niveaux de bruit mesurés.
Le survol des avions est en revanche peu audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées.

En journée, le niveau de bruit LAeq mesuré représente un environnement sonore calme avec environ 54 dB(A). Le niveau de bruit de fond LA90 est également peu élevé, de l'ordre de 46 dB(A).

La nuit, l'environnement sonore est calme avec un niveau de bruit ambiant LAeq mesuré de l'ordre de 45 d(A) et un niveau de bruit de fond L90 qui frôle les 30 dB(A). Seul le bruit routier loitain de l'autoroute A4 est perceptible.

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0805P - av Médéric





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures — 0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0805P_1	22/10/2014 16:07	53,8	51,0
Nuit		23/10/2014 00:41	42,7	33,3

SITES SENSIBLES

Aucun site sensible n'est présent à proximité dus site, hormis les habitations qui sont proches de l'ouvrage, à environ 10m pour la première au Sud-Est et 15m pour l'immeuble au Sud-Ouest.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par le bruit routier de l'avenue Médéric (au nord à 10m) ainsi que par le bruit routier lointain en bruit de fond (autoroute A4 au nord à 600m). Le passage régulier des RER de la ligne E est aussi une source audible sur la zone (située à environ 100m au Sud du point de mesure).
Le survol des avions n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées.

Les niveaux de bruit LAeq mesurés en journée représentent un environnement sonore plutôt calme avec environ 54 dB(A) mais le niveau de bruit de fond LA90 reste assez élevé avec 51 dB(A) mesuré.

La nuit, l'environnement sonore est beaucoup plus calme avec un niveau de bruit de fond LA90 inférieur à 35 dB(A). La principale source de bruit audible à cette période est l'autoroute A4 (bruit de fond continu).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la présence d'un environnement sonore préexistant calme, en particulier la nuit, et à la présence de riverains à proximité.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0804P - place des Yvris





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0804P_1	22/10/2014 15:40	55,6	47,1
Nuit		22/10/2014 23:46	47,6	37,9

SITES SENSIBLES

Le secteur d'aménagment est localisé au centre d'un espace vert. Les habitations de la rue Pléiades, en particulier du n°40 à 48 sont les plus sensibles car situées entre 12 et 20m de l'ouvrage et moins soumis au bruit routier que ceux de la rue de La Chapelle ou du Bd des Astronautes. Du fait de leur densité de population plus forte, les immeubles d'habitations situés à 40m à l'est de l'ouvrage sont également sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage est caractérisée par un bruit routier lointain en bruit de fond (autoroute A4 à environ 450m au nord), par le trafic routier de la rue de la Chapelle et, dans une moindre mesure, celui de la rue des Pléiades.
En journée, le survol des avions (aérodrôme d'Emerainville) n'est pas toujours audible car masqué par les sources de bruit précédemment citées. Il n'a pas d'impact significatif sur le niveau sonore global LAeq mesuré.

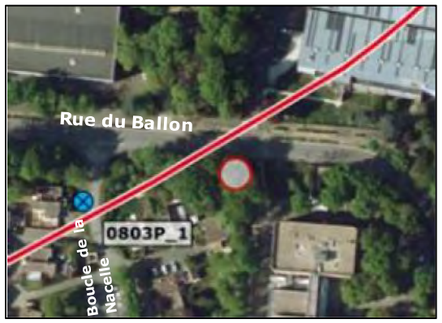
En journée, le niveau de bruit LAeq mesuré est de 55 dB(A), cela représente un environnement sonore plutôt calme.

La nuit l'environnement sonore est plus calme avec un niveau LAeq mesuré de l'ordre de 48 dB(A) mais le bruit routier lointain en provenance de l'A4 reste soutenu avec un niveau de bruit de fond L90 mesuré de 38 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu modéré à fort lié à la présence d'un espace vert et de la proximité des premiers riverains. Le niveau de bruit de fond reste cependant assez soutenu.

L15 SUD — Secteur d'aménagement de l'OA 0803P - rue du Ballon





Ouvrage — Ligne 15 Sud

Point de mesures

0 50 m

RESULTATS DES MESURES EN dBA

	Point	Début	LAeq	L90
Jour	0803P_1	22/10/2014 15:26	55,4	50,6
Nuit		22/10/2014 23:42	46,2	41,5

SITES SENSIBLES

Les premières habitations situées à environ 10m au Sud de l'ouvrage sont les plus sensibles.

ANALYSE DES MESURES

L'ambiance sonore autour de l'ouvrage annexe 0803P est assez calme et caractérisée par le bruit routier continu de l'autouroute A4 (à environ 200m au Nord de l'ouvrage), du trafic routier ponctuel de la rue du Ballon (à environ 10m au Nord de l'ouvrage), ainsi que par le survol très fréquent d'avions de tourisme en provenance de l'aérodrome de Lognes (à +/- 3km au Sud-Est de l'ouvrage).

En journée, le niveau sonore LAeq mesuré est de 55 dB(A). Cela représente une zone d'ambiance sonore calme.

La nuit l'environnement sonore est également calme avec un niveau de bruit ambiant LAeq de l'ordre de 46 dB(A) mais le bruit du trafic routier de l'autoroute A4 au loin reste significatif car le niveau de bruit de fond LA90 reste supérieur à 41 dB(A).

SYNTHESE DES ENJEUX

Enjeu fort lié à la proximité des riverains et à la présence d'un environnement sonore plutôt calme malgré le bruit routier soutenu en provenance de l'A4.

7 Annexe 7 : Charte environnement des chantiers

Société du Grand Paris

DIRECTION DE L'INGENIERIE ENVIRONNEMENTALE

RTPGP

DOCUMENT DE CADRAGE

Charte environnement des chantiers

CONFIDENTIALITE CO

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

Émetteur

DATE	INDICE	SUIVI DES MODIFICATIONS	REDAC.	VERIF.	VALID./APPROB.
11/03/2015	1	Première édition	ECE	ERT	RLM

Contact référent du document : Etienne CUNGE

Références

Code GED : PN1207_02_EXE_CDR_002602_1
Nom du fichier : PN1207_02_EXE_CDR_002602_1_1_charte_env_chantier

RTGP	00000	TTT	QLT	PN1207	02	EXE	CDR	002602	1	1
SECTEUR	OBJET	NIVEAU	SPECIALITE	EMETTEUR	DISCIPLINE	PHASE	TYPE DOC	N° INCREMENTATION GED	IND. GED	IND. INTERNE EMETTEUR

Nombre de pages : 18

SOMMAIRE

1. Objet de la charte 3

2. Engagements, exigences organisationnelles et contrôle 6
   - 2.1. Engagement de la direction des entreprises prestataires 6
   - 2.2. Ressources et moyens 6
   - 2.3. Notice de respect de l'environnement (NRE) 7
   - 2.4. Schéma organisationnel du Plan de Respect de l'Environnement(SOPRE) et Plan de respect de l'Environnement (PRE) 7
   - 2.5. Pilotage de la performance 8
   - 2.6. contrôles, amelioration et devoir d'alerte 9
   - 2.7. Réception 9
   - 2.8. Communication 9

3. Socle des mesures génériques 11
   - 3.1. Conformité réglementaire 11
   - 3.2. Cadre de vie 11
   - 3.2.1. Bruit 11
   - 3.2.2. Vibrations 12
   - 3.2.3. Poussières 12
   - 3.2.4. Propreté des voiries 12
   - 3.2.5. Nuisances visuelles et insertion des chantiers 12
   - 3.3. Gestion des Déblais 13
   - 3.4. Gestion des Déchets (hors déblais) 14
   - 3.4.1. Réduction à la source 14
   - 3.4.2. Tri et élimination des déchets 14
   - 3.4.3. Comptabilité et traçabilité des déchets 15
   - 3.5. Protection des milieux 15
   - 3.5.1. Sols, ressources en eaux et milieux aquatiques 15
   - 3.5.2. Air et Gaz à Effet de Serre (GES) 16
   - 3.5.3. Biodiversité 17
   - 3.6. Gestion et economie des ressources 17
   - 3.6.1. Matériaux 17
   - 3.6.2. Energie 18
   - 3.6.3. Eau 18

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

1. Objet de la charte

La présente charte « Environnement des chantiers » vient préciser l'organisation et les grands axes de management de l'environnement des travaux nécessaires à la réalisation du Grand Paris Express (GPE), en déclinaison de la politique Qualité – Sécurité – Environnement (QSE) de la Société du Grand Paris (SGP).
La maîtrise des nuisances et la protection de l'environnement pendant les travaux constituent des enjeux majeurs du programme.

La présente charte s'adresse plus particulièrement aux maîtres d'œuvre, aux entreprises de travaux et à leurs sous-traitants. Elle se positionne au sein d'un schéma global qui couvre l'ensemble des phases du projet, des premières étapes de conception à la réalisation des travaux sous maîtrise d'ouvrage de la SGP.

Durant les études, les démarches suivantes sont mises en œuvre :

- Une prise en compte des enjeux environnementaux dans la programmation initiale.
- Une **écoconception** portée par les maîtres d'œuvre pour approfondir les éléments de la programmation.
- L'établissement d'un **registre des nuisances comprenant une approche ouvrage par ouvrage** qui met en perspective l'impact prévisible des travaux et la sensibilité de l'environnement proche. Cette démarche permet de prioriser les thèmes à considérer localement pour la phase travaux.
- La réalisation concomitante **des dossiers réglementaires environnementaux** (études d'impact, dossiers loi sur l'Eau, dossiers Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), dossiers sites classés, dossiers espèces protégées,...) qui déboucheront sur des prescriptions complémentaires.

Ces démarches permettent de définir pour la phase travaux :

- Un **socle de mesures génériques applicables** à tous les sites de travaux et concernant les enjeux à considérer systématiquement : c'est **l'objet de la présente charte.**
- Des **mesures spécifiques** complémentaires en fonction de la sensibilité des sites, répertoriées dans **le registre des nuisances.** Ces mesures sont définies par les maîtres d'œuvre et précisées par les entreprises lorsque nécessaire.
- Des **mesures issues des procédures réglementaires** qui peuvent être génériques ou spécifiques.

Lors des appels d'offre puis de la réalisation des travaux, les étapes ou outils suivants sont mis en œuvre successivement :

- La rédaction par les maîtres d'œuvre de la **Notice de Respect de l'Environnement (NRE).** Celle-ci est une pièce constitutive des dossiers de consultation des entreprises (DCE) pour les marchés de travaux.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

La réalisation par les entreprises de travaux, en réponse aux exigences de la NRE de leur marché, d'un **Schéma Organisationnel du Plan de Respect de l'Environnement (SOPRE).** Ce document est remis avec leur offre et contribue à l'évaluation des propositions des entreprises pour le volet environnement.

- La déclinaison opérationnelle, dès le démarrage de leurs missions, de ce SOPRE en **Plan de Respect de l'Environnement (PRE)**, lequel est une pièce particulière de leur Plan Assurance Qualité-Sécurité-Environnement (PAQSE). Le PRE comprend des éléments relatifs à des sujets ciblés (gestion des déchets, bruit, prévention des pollutions,...). Il est le support de leur système de management de l'environnement (SME) de chantier. Les entreprises de travaux mettent en œuvre ces actions sur les chantiers et assurent la traçabilité adéquate.
- Un suivi de la mise en œuvre des engagements du PRE par des entreprises est assuré par les maîtres d'œuvre, notamment par le **Plan de Management de l'Environnement (PME) cadre** qui recense l'ensemble des engagements pris, qu'ils soient génériques ou spécifiques, réglementaires ou volontaires. Les entreprises suivent leurs propres PME, site par site, qui est la déclinaison détaillée du PME cadre du maître d'œuvre.
- Le suivi de la performance environnementale des travaux par un **tableau de bord « environnement des chantiers ».** Il alimente la communication de la SGP dans toutes ses composantes, y compris les rapports de développement durable produits par la SGP.

Le schéma ci-après présente l'articulation de ces différents documents.

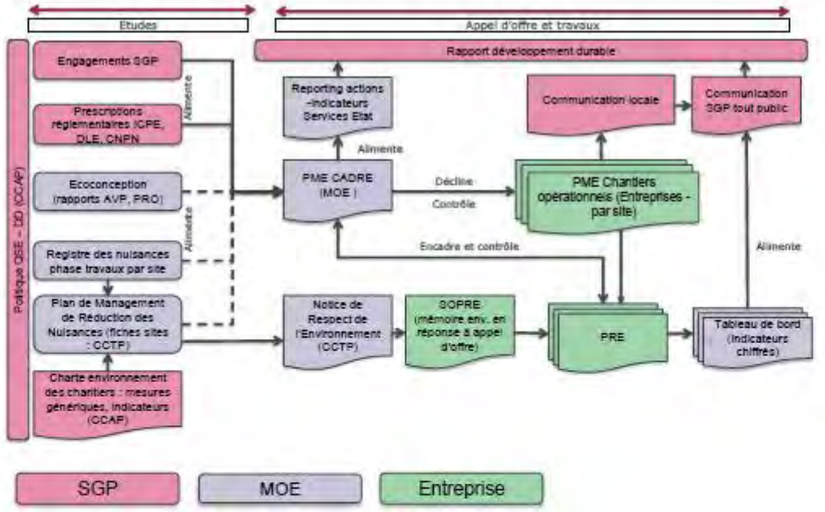


Figure 1 : organisation générale de la démarche environnement

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

La présente « **Charte environnement des chantier** » est donc une pièce clé du dispositif pour les travaux. Elle vient préciser le socle des actions génériques portées par la SGP, en plus des exigences spécifiques découlant des dossiers réglementaires (dossiers loi sur l'eau, dossiers ICPE, ...).
Elle est complétée autant que nécessaire, dans le cadre d'une démarche plus globale de développement durable, par les différents documents cadres relatifs à la communication de chantier (concertation et communication) et aux volets social et sociétal des travaux (accès à l'emploi, ...).
L'ensemble de ces exigences est intégré au système de management du programme qui encadre les enjeux de développement durable, de qualité, de sécurité et d'environnement, mis en place pour le Grand Paris Express.

Les principaux aspects considérés dans la présente charte sont les suivants :

- L'engagement des prestataires.
- Les exigences organisationnelles pour le management de l'environnement.
- Les exigences de contrôle et de pilotage de la démarche environnementale des travaux.
- Les enjeux et mesures thématiques relatives :
  - au cadre de vie :
    - bruit,
    - vibrations,
    - poussières,
    - propreté des voiries,
    - nuisances visuelles et insertion des chantiers,
  - à la gestion des déblais,
  - à la gestion des déchets,
  - à la protection des milieux :
    - sols, ressources en eaux et milieux aquatiques,
    - air et Gaz à Effet de Serre (GES),
    - biodiversité,
  - à la gestion des ressources :
    - matériaux,
    - énergie,
    - eau.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

2. Engagements, exigences organisationnelles et contrôle

2.1. ENGAGEMENT DE LA DIRECTION DES ENTREPRISES PRESTATAIRES

Les maîtres d'œuvre et les entreprises de travaux, sous l'autorité de leur direction et y compris pour leur sous-traitants, s'engagent à :

- respecter et mettre en œuvre à leur niveau la politique QSE de la SGP et les documents afférents, dont la présente charte « environnement des chantiers » ;
- respecter la réglementation environnementale, qu'elle soit générale ou spécifique ;
- mettre en œuvre les moyens requis à cette fin dans une logique d'amélioration continue.

Cet engagement est intégré à leur politique et à leur système QSE.

Plus spécifiquement :

- Les maîtres d'œuvre ont pour mission :
  - D'identifier les sensibilités environnementales particulières pour préconiser des mesures spécifiques à chacun des chantier lorsque cela est nécessaire.
  - d'intégrer de manière claire, suffisante et pertinente, les enjeux environnementaux génériques et spécifiques concernant la phase de chantier dans les DCE, notamment par l'établissement de la NRE,
  - d'assurer le contrôle de la bonne mise en œuvre sur le terrain par les entreprises de travaux des mesures préventives et correctives, dans le cadre du pilotage qu'ils réalisent et par des audits de terrain.
- Les entreprises de travaux ont pour mission :
  - d'établir leur SOPRE, puis de le décliner en PRE,
  - de mettre en œuvre, en temps et en heure, les mesures prévues pour la préservation de l'environnement et la réduction des nuisances,
  - de former et sensibiliser leur personnel à ces sujets,
  - de réaliser leur autocontrôle dans le cadre d'une démarche d'amélioration continue.

2.2. RESSOURCES ET MOYENS

Les maîtres d'œuvre et les entreprises de travaux s'engagent à:

- Désigner **un chargé de l'environnement.** Celui-ci doit être clairement identifié, compétent et disposer de l'autorité nécessaire à ses missions. Il assure notamment l'animation de la démarche et le suivi du respect des engagements environnementaux. Une ressource identifiée sera en charge du contrôle interne dans ce domaine, ce peut être la même personne. Selon le contexte et les besoins, d'autres personnes peuvent être

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

affectées à la protection de l'environnement ou, inversement, cette personne peut avoir d'autres fonctions.

- Doter leurs équipes de la **compétence environnementale** adéquate par une sensibilisation ou une formation systématique de leur personnel ainsi que de leurs sous-traitants et fournisseurs. La sensibilisation devra être adaptée aux différents postes et phases de travaux. De manière régulière et en tant que de besoin, les entreprises organisent des rappels de ces enjeux dans le cadre de moments dédiés intégrant les sous-traitants et fournisseurs concernés. Ces actions sont enregistrées et peuvent être contrôlées, comme l'ensemble des mesures environnementales.
- Mettre à disposition les **moyens nécessaires et suffisants** pour assurer la maîtrise des enjeux environnementaux relevant de leur responsabilité.

2.3. NOTICE DE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT (NRE)

Au moment de l'établissement des Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE), la maîtrise d'œuvre établit une synthèse explicite des enjeux environnementaux et la liste des obligations et engagements.

Ces éléments sont réunis au sein d'une Notice de Respect de l'Environnement (NRE) qui est une pièce constitutive des marchés.

La NRE précise les exigences organisationnelles, réglementaires, techniques nécessaires à la bonne mise en œuvre de la présente charte « environnement des chantiers » ainsi que des engagements environnementaux pris par la SGP, qu'ils soient génériques ou spécifiques.

2.4. SCHEMA ORGANISATIONNEL DU PLAN DE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT(SOPRE) ET PLAN DE RESPECT DE L'ENVIRONNEMENT (PRE)

Les entreprises produisent dans le cadre de leur offre et en réponse à la NRE, un SOPRE. Celui-ci traduit les exigences de la NRE en mesures opérationnelles et présente l'organisation prévue pour la gestion de l'environnement sur le chantier.

Ce SOPRE comprend notamment un focus sur la gestion des déchets et des déblais sous forme de Schéma Organisationnel de la Gestion et d'Elimination des Déchets (SOGED), un focus sur les nuisances sonores préfigurant le dossier bruit, ainsi que des orientations en termes de prévention et maîtrise des pollutions.

A la notification des marchés, les entreprises retenues déclinent leur SOPRE en PRE, lequel détaille ces modalités de mise en œuvre et notamment :

- **l'organisation générale pour le respect de l'environnement, les moyens et responsabilités ;**
- le **rappel des enjeux et objectifs environnementaux** du chantier.
- **les éventuels jalons et points d'arrêts** conditionnés par les obligations et engagements environnementaux ;
- **les mesures à mettre en œuvre, leur localisation et leur temporalité ;**

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

- **les conditions limites induisant des mesures immédiates de protection de l'environnement**, le cas échéant. Celles-ci peuvent aller jusqu'à un arrêt de chantier pour les cas les plus critiques, en fonction des prescriptions réglementaires fixées ;
- les **procédures ou dossiers particuliers** attendus pour les thèmes clés :
  - gestion des déchets et plus particulièrement des déblais en cohérence avec les documents associés,
  - dossier « Bruit de chantiers »,
  - maîtrise des pollutions accidentelles,
  - plans de circulation,
  - tout autre dossier spécifique exigé dans la NRE,
- les modalités de **sensibilisation du personnel et des sous-traitants.**
- les modalités **d'organisation du contrôle et de l'amélioration continue.**
- **les données à suivre**, en particulier les indicateurs et leur modalité de collecte, de suivi et de transmission à la maîtrise d'œuvre (modalités, fréquence,...).
- les éléments de protection de l'environnement **à réceptionner** à l'issue des travaux.

Ce PRE est une pièce particulière de Plan Assurance Qualité-Sécurité-Environnement (PAQSE) du chantier.

2.5. PILOTAGE DE LA PERFORMANCE

Un **tableau de bord « environnement »** est défini pour l'ensemble du projet du GPE, identifiant un certain nombre d'indicateurs clef. De manière systématique :

- les entreprises collectent les données nécessaires au renseignement de ce tableau de bord et les transmettent à leur maître d'œuvre selon les fréquences et modalités prévues au marché.
- Les maîtres d'œuvre en assurent la vérification et la consolidation au niveau de leur périmètre et les transmettent à la SGP en vue de leur synthèse.
- Le suivi du tableau de bord est réalisé régulièrement, à un rythme adapté au besoin.
- L'analyse du tableau de bord à tous les niveaux permet d'identifier des actions d'amélioration en cas de dérives vis-à-vis des objectifs ou de dysfonctionnements. Les entreprises prennent les mesures correctives nécessaires en cas de dérive d'un indicateur.

Ce tableau de bord est suivi régulièrement à leur niveau par chacun des acteurs pour piloter la performance environnementale :

- les entreprises de travaux sur leur périmètre de marché,
- les maîtres d'œuvre pour l'ensemble des entreprises comprises dans leur périmètre,
- la SGP à l'échelle du Grand Paris Express.

L'environnement fait systématiquement l'objet d'un point en réunion de chantier.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

2.6. CONTROLES, AMELIORATION ET DEVOIR D'ALERTE

Un système de vérification du respect des engagements environnementaux est mis en place. Celui-ci repose notamment sur la réalisation d'un auto-contrôle par les entreprises travaux ainsi que sur la mise en œuvre d'audits internes et externes aux différents niveaux d'organisation.

Des audits environnementaux sont réalisés régulièrement sur les chantiers. Ils sont inopinés ou planifiés. La réalisation de ces audits s'appuie notamment sur le Plan de Management de l'Environnement (PME) qui recense l'ensemble des engagements environnementaux. Tout écart significatif à ces engagements fait l'objet de l'ouverture d'une fiche qui est suivie jusqu'à résolution de cet écart dans le cadre du système d'amélioration continue du prestataire concerné.

Au-delà de ces audits formels, l'équipe de maîtrise d'œuvre assure une vigilance permanente sur le respect des engagements environnementaux pris par les entreprises et peut, à tout moment, constater des non-conformités.

Les entreprises prestataires ont un devoir d'alerte vis-à-vis de leur maître d'œuvre et de la SGP s'ils identifient un risque environnemental significatif non maîtrisé.

De plus, toute situation de pollution accidentelle significative fait l'objet d'une fiche d'incident et des procédures de déclaration et d'intervention sont mises en œuvre. De tels incidents, s'ils surviennent, font l'objet :

- de mesures correctives d'urgence ne mettant pas en danger la santé ou la sécurité des intervenants,
- d'une information immédiate du maître d'œuvre et de la SGP,
- d'une information de l'administration concernée le cas échéant,
- d'un retour d'expérience, de manière à faire évoluer les procédures en place pour assurer une protection plus efficace de l'environnement sur l'ensemble du programme par des mesures préventives.

2.7. RECEPTION

Certains engagements environnementaux font l'objet d'une réception en fin des travaux ou postérieurement aux travaux. Ils sont identifiés dans la NRE et le PRE. A titre d'exemple, c'est le cas pour la mise en place de systèmes de suivi de la qualité environnementale des milieux (piézomètres, bilan faune et flore post travaux,...) ou de la mise en œuvre de mesures compensatoires en phase travaux sur l'emprise du chantier.

2.8. COMMUNICATION

La SGP a impliqué les parties prenantes dès l'amont de l'opération dans le cadre de la concertation sur le projet. Sa volonté est de poursuivre cette démarche de concertation et de communication durant tout le déroulement des travaux.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

L'organisation et la démarche présentées ci-dessus permettent le suivi des engagements de la SGP et leur traçabilité afin de permettre une communication locale et globale adaptée sur la gestion environnementale du projet. Les entreprises et les maîtres d'œuvre fournissent les données nécessaires à cette fin. Les documents relatifs aux exigences de communication précisent ces exigences.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

3. Socle des mesures génériques

Les principes et actions suivants sont mis en œuvre de manière générique sur l'ensemble des chantiers sous maîtrise d'ouvrage SGP et sont complétés par des mesures particulières lorsque la sensibilité est forte autour du site de travaux, conformément au registre des nuisances du site considéré.

3.1. CONFORMITE REGLEMENTAIRE

Le respect de la présente charte « environnement des chantiers » inclut la conformité à la réglementation, qu'il s'agisse de la réglementation environnementale générale (Code de l'Environnement,...) ou de réglementations spécifiques (arrêtés prescriptifs).

3.2. CADRE DE VIE

3.2.1. Bruit

De manière générale, l'objectif est de limiter les nuisances sonores à la source autant que possible puis de réduire leurs impacts lorsqu'elles ne peuvent être évitées.

Les mesures suivantes sont à mettre en œuvre systématiquement :

- **La circulation** se fait selon un plan de circulation préétabli qui définit les axes d'approvisionnement et d'évacuation générant le moins de nuisances possible tout en intégrant les contraintes techniques inhérentes au chantier.
- **Les horaires** de travaux réalisés en surface sont déterminés de manière fixe et impérative en prenant en compte les contextes locaux. Les travaux particulièrement bruyants sont, lorsque cela est possible, planifiés en dehors des plages horaires les plus sensibles en fonction des autres enjeux et contraintes.
- **Les études d'exécution** intègrent une réflexion sur la limitation des activités bruyantes (percements, carottages, sciages, etc.). Lorsque cela est possible et économiquement pertinent, le choix de techniques constructives moins bruyantes est privilégié (parois moulées / palplanches, banches équipées d'écrous serrés à la clé dynamométrique au lieu d'écrous à ailettes, mortier sec pour joints de maçonnerie, etc.).
- Lorsque cela est envisageable des matériels insonorisés sont utilisés (marteaux-piqueurs électriques ou hydrauliques plutôt que pneumatiques).
- **Le positionnement des installations les plus bruyantes** est réfléchi en fonction de la localisation des zones les plus sensibles à proximité, de manière à éloigner les sources de bruit de ces secteurs lorsque cela est possible dans l'espace imparti. Le cas échéant, l'environnement et l'organisation du chantier sont mis à profit pour limiter l'impact de ces activités en utilisant les éléments susceptibles de faire écran au bruit (relief, merlons).
- **Les engins de chantier** sont conformes à la législation s'y rapportant en termes d'émissions sonores.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

3.2.2. Vibrations

Pour les sites les plus sensibles, des mesures spécifiques pourront être prises, comme par exemple:

- Le déploiement d'**appareils de mesures** – sismographes – pour contrôler les niveaux de vibrations *in situ*. Leur implantation dépend des objectifs suivis : protection de la structure physique ou surveillance de la gêne induite.
- La mise en œuvre d'**adaptations techniques** pour réduire la gêne ou les risques liés aux vibrations, lorsque cela est possible et pertinent.

3.2.3. Poussières

L'objectif est de limiter à la source les émissions de poussières. Les mesures suivantes sont systématiquement mises en œuvre :

- Le transport des matériaux pulvérulents est réalisé par des **camions bâchés**.
- Les stockages de matériaux fins et pulvérulents ont lieu à l'abri du vent. Ils sont bâchés le cas échéant en fonction des besoins.
- Lorsque des activités susceptibles d'émettre des poussières de manière importante sont réalisées, des mesures spécifiques sont mises en œuvre pour réduire autant que possible ces émissions (arrosage, brumisation des zones de travaux, équipements particuliers d'aspiration, ...).
- Les convoyeurs sont capotés de manière à éviter la production de poussière lors du transit des matériaux dans la galerie du tunnel et en sortie, le cas échéant.

3.2.4. Propreté des voiries

Afin de de maintenir en permanence des voiries propres et sûres aux abords immédiats du chantier, les mesures suivantes sont systématiquement mises en œuvre :

- Des **dispositifs de nettoyage des roues sont mis en place en sortie de chantier.**
- Le cas échéant, en fonction des besoins, ces dispositifs sont complétés par un **nettoyage de voirie** afin que celle-ci reste en permanence propre et sûre pour les usagers.

3.2.5. Nuisances visuelles et insertion des chantiers

L'objectif est d'assurer la meilleure intégration possible des chantiers dans leur environnement. L'organisation du chantier est un critère essentiel de sa perception par les riverains, une grande attention doit y être portée tout au long de la durée des travaux. De plus, une bonne organisation du chantier réduit les risques d'accidents pour les personnes.

Les mesures suivantes sont systématiquement mises en œuvre :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

- Les engagements et prescriptions liés **aux sites et monuments classés** sont mis en œuvre.
- **Le plan des installations** de chantier matérialise clairement les différentes zones : circulation des engins, parkings, bungalows, stockages des matériaux, stockage des déchets, traitement des eaux par décantation, etc.).
- **Le chantier est maintenu dans un état propre et ordonné.**
- Les zones de **stockages de déchets susceptibles de faire l'objet d'envols** (papiers, cartons, plastiques, polystyrène, etc.) sont fermées ou dotées de dispositifs de protection. De même, les camions chargés d'enlever ces déchets sont dotés, lorsque nécessaire, de **dispositifs de protection contre les envols** (bâchage, filet etc.).
- **Les barriérages** entourant le chantier sont homogènes, conformes aux chartes graphiques définies et d'une hauteur suffisante pour limiter les nuisances visuelles. Ils font l'objet d'un nettoyage régulier afin de rester dans un état de propreté satisfaisant.
- Un **balisage de sécurité** est mis en place autour du chantier afin de prévenir tout risque d'accident.
- **le maintien de la circulation routière, des itinéraires piéton et des modes doux** est réalisé selon les règles de l'art et dans le respect de la réglementation.
- Le maintien de l'**accès aux commerces potentiellement concernés est systématiquement considéré et pris en compte** en fonction de l'ensemble des contraintes existantes en cohérence avec les exigences des documents relatifs à la concertation.

3.3. GESTION DES DEBLAIS

L'objectif est à la fois de favoriser la valorisation des déblais inertes mais également d'encourager leur transport par des modes alternatifs à la route, par voies fluviales ou ferroviaires. Il s'agit également de garantir leur qualité et d'en assurer la traçabilité.

Les principes suivants sont systématiquement mis en œuvre en cohérence avec le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED) élaboré par la SGP :

- **Les déblais font l'objet de caractérisations systématiques** selon les prescriptions définies pour valider leur qualité, notamment en termes de caractéristiques physico-chimique et d'absence de pollution. En fonction de la nature de ces matériaux, un tri est réalisé afin de distinguer :
  - les déblais inertes au sens de la réglementation,
  - les déblais non inertes mais non pollués au sens de la réglementation (notamment déblais gypsifères),
  - les déblais pollués qui font l'objet d'un plan de gestion dédié.
- Pour les déblais inertes, en fonction de leurs caractéristiques géotechniques et des possibilités techniques, il est privilégié :

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

  - une réutilisation sur site,
  - une valorisation par réutilisation ou recyclage, y compris en remblaiement de carrières ou dans le cadre d'autres projets d'aménagement,
  - en ultime recours, un enfouissement en installations agréées.
- Les déblais non inertes et non pollués sont gérés selon la même logique en fonction des autorisations réglementaires relatives aux possibilités de valorisation de ces matériaux.
- Les déblais pollués sont traités et éliminés dans des filières agréées dédiées.
- Pour le transport des déblais non pollués, les modes de transport alternatifs à la route (voies fluviales et ferroviaires) sont recherchés prioritairement, dans le respect de l'équilibre économique et des objectifs de délai du projet.
- La traçabilité du devenir des déblais est assurée quelle que soit la catégorie à laquelle ils appartiennent.

3.4. GESTION DES DECHETS (HORS DEBLAIS)

Les objectifs sont de limiter à la source les quantités et la toxicité des déchets produits, puis, pour ceux inévitablement générés, de privilégier leur valorisation au détriment des solutions d'élimination par incinération ou enfouissement.

L'organisation et les mesures envisagées pour atteindre ces objectifs sont détaillés dans le Schéma Organisationnel de Gestion et d'Elimination des Déchets (SOGED) produit par l'entreprise de travaux.

3.4.1. Réduction à la source

La recherche d'une réduction à la source suppose une réflexion en l'amont des travaux. A titre d'exemple, les pistes de solutions suivantes sont étudiées :

- **Réduction des déchets d'emballages** en favorisant la livraison de produits en « vrac », en volume adapté et la reprise des emballages par le fournisseur.
- Choix **de méthodes constructives** limitant le volume ou la toxicité des déchets produits (par exemple par l'utilisation d'éléments préfabriqués).
- **Optimisation des études d'exécution** (limitations des chutes, plan de calepinage évitant les reprises, etc.).

3.4.2. Tri et élimination des déchets

Les mesures suivantes sont systématiquement mises en œuvre :

- Les catégories suivantes de déchets non dangereux (DND) sont triées en vue de leur valorisation matière ou énergétique, en fonction des filières locales :
  - déchets d'emballages, qui sont valorisés conformément à la loi,

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

- métaux (ferreux et non ferreux),
- papiers-cartons,
- plastiques et déchets non dangereux en mélange.

- Les déchets dangereux (DD) sont collectés de manière séparée conformément à la réglementation. En particulier, les déchets faisant l'objet de filières réglementaires spécifiques sont triés individuellement. Les autres déchets dangereux sont collectés et traités en fonction des filières agréées existantes localement.
- Les points de collecte des différents types de déchets sont **matérialisés sur le plan des installations de chantier.** Si nécessaire, en fonction de l'étendue et de la durée du chantier, des **points de collectes secondaires sont mis à disposition** au plus près des zones de productions de déchets afin de faciliter le tri et sa qualité.
- Un **affichage** clair et adapté est mis en place au niveau des points de collecte de déchets pour faciliter le tri. Le **personnel est sensibilisé** à la gestion des déchets mise en place.

Pour les sites et activités amenés à produire de nombreuses catégories distinctes de déchets, notamment pour les travaux Tous Corps d'Etat (TCE) des bâtiments, le niveau de tri doit être adapté et approfondi.
Pour les travaux de démolition, lorsqu'un diagnostic déchet a été produit par la maîtrise d'ouvrage, celui-ci est utilisé pour optimiser le tri et la valorisation par une réflexion amont.
Dans ces deux cas en particulier et en fonction des volumes attendus et des filières existantes, les déchets non dangereux sont triés de manière plus fine pour optimiser leur valorisation (bois, verre, plastiques, etc.).

3.4.3. Comptabilité et traçabilité des déchets

La conformité des filières et la traçabilité des déchets sont assurées pour répondre aussi bien à la réglementation qu'aux objectifs environnementaux des travaux. Ainsi, les actions suivantes sont mises en place de manière systématique :

- Les filières de transports, de tri, de valorisation ou d'élimination des déchets font l'objet d'un **contrôle de leur conformité administrative** (autorisation valide pour l'activité).
- **La traçabilité des déchets est assurée** conformément à la législation en vigueur et aux prescriptions du marché (**registre des déchets, bordereaux de suivi).**

3.5. PROTECTION DES MILIEUX

3.5.1. Sols, ressources en eaux et milieux aquatiques

Les objectifs sont d'assurer la protection des sols et des eaux contre les pollutions de toutes natures, y compris accidentelles. Les mesures systématiques à prévoir sont les suivantes :

- **Les produits dangereux** nécessaires au chantier (gasoil, huiles, peintures, etc.) sont placés sur des rétentions dont la capacité et la nature sont adaptées aux produits considérés et à leur volume.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

- Toutes **les activités** de **manipulation de produits dangereux** et en particulier le **dépotage, le ravitaillement des engins** ou le déchargement des contenants sont réalisés en dehors des zones sensibles, sur une aire étanche et dans des conditions de sécurité adaptées. L'aire étanche est connectée à un système de traitement ou à un réseau autorisé. Lorsque cela n'est pas possible, par exemple dans le tunnel lui-même, des mesures préventives sont mises en place pour éviter toute pollution accidentelle.
- **Une procédure de gestion des pollutions accidentelles** adaptée aux différents contextes de risques (produits présents, proximité de points d'eau, risque d'inondation de la zone de stockage,...) est mise en place pour anticiper tout incident environnemental susceptible de générer une atteinte du sol et des eaux. Les moyens de maîtrise des pollutions accidentelles potentielles sont disponibles sur le chantier ou mobilisables dans un délai compatible avec le risque (produits absorbants, boudins absorbants, barrages flottants, ...). Des exercices de mise en situation sont réalisés régulièrement lorsque cela est possible et font l'objet de retours d'expérience au niveau adapté selon l'importance de l'enjeu (chantier, tronçon, ensemble du programme). Ils sont donc organisés d'abord par l'entreprise et transmis à la maîtrise d'œuvre et à la SGP, qui peuvent étendre à l'ensemble de leur périmètre respectif ce retour d'expérience.
- **Le lavage des engins** ou du matériel sur le chantier est réalisé sur une aire étanche reliée à un séparateur d'hydrocarbures et décanteur, ou à tout autre système de traitement adapté, lequel est régulièrement entretenu. Des contrôles sont effectués au point de rejet pour en vérifier la conformité aux éventuels arrêtés prescriptifs.
- **Les eaux de ruissellement** susceptibles d'être chargées en matières en suspension ou en hydrocarbures font l'objet d'une collecte et d'un traitement adapté avant leur rejet au milieu naturel ou dans les réseaux selon les autorisations accordées. Des contrôles sont effectués aux points de rejet pour en vérifier leur conformité selon les arrêtés prescriptif s'y rapportant. **Les eaux de process chargées en matières en suspension susceptibles d'impacter le milieu récepteur** (eaux de forages, bentonite, etc.) font l'objet d'un traitement adapté avant tout rejet au milieu naturel ou au réseau autorisé. Les eaux de process contaminées par des produits présentant un danger pour l'homme ou l'environnement sont traitées de manière spécifique le cas échéant.
- **Les terres végétales** sont triées en vue de leur réutilisation pour des aménagements paysagers, lorsque leur volume le justifie et que les espaces de stockage le permettent.
- **Les installations sanitaires** sont conçues et entretenues afin d'éviter tout risque d'atteinte à l'environnement, et sont adaptées aux conditions de travail du personnels.

3.5.2. Air et Gaz à Effet de Serre (GES)

L'objectif est de limiter autant que possible les émissions de polluants et de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère. Ces émissions sont issues principalement du transport des matériaux et des déblais, ainsi que du fonctionnement des engins sur le chantier.

L'ensemble des engins à moteur présent sur le chantier est conforme aux normes de rejets atmosphériques en vigueur.

En outre, des mesures complémentaires sont à privilégier telles que:

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

- le recours à des modes de transports alternatifs à la route (fluvial, ferroviaire), notamment pour l'évacuation des déblais vers les sites de valorisation ou d'élimination ;
- l'utilisation de matériaux, produits ou procédés économes en énergie et générant moins d'émissions de GES (matériaux recyclés, enrobés tièdes, bétons présentant des avantage environnementaux démontrés, ...),
- l'optimisation des modes de déplacement des personnels de chantier,...

Le suivi des émissions de GES tout au long du déroulement du chantier est réalisé par l'utilisation de l'outil **carboptimum**, spécialement conçu par la SGP pour réaliser et optimiser le bilan carbone du projet.

Ces mesures contribuant à la réduction des émissions de GES présentent également le plus souvent un intérêt en termes d'économie d'énergie.

3.5.3. Biodiversité

Les mesures suivantes sont mises en œuvre de manière systématique pour les sites concernés afin d'éviter les impacts sur les milieux et espèces protégées :

- L'organisation et le déroulement des chantiers intègrent les enjeux et les prescriptions relatifs aux espèces animales et végétales protégées selon les arrêtés afférents.
- Les espaces présentant des enjeux écologiques à protéger sont clairement balisés ou clôturés et identifiés à l'aide une signalétique claire visant à empêcher toute dégradation, notamment par passage accidentel d'engins.
- En cas de **travaux à proximité immédiate d'arbres**, notamment en zone urbaine, ceux-ci font l'objet d'une protection physique adéquate (mousse, protection métallique).

Dans les secteurs éventuellement concernés, des actions préventives et curatives contre les plantes invasives sont mises en œuvre afin d'éviter leur dissémination et leur prolifération.

3.6. GESTION ET ECONOMIE DES RESSOURCES

3.6.1. Matériaux

Les produits et matériaux utilisés sur le chantier sont choisis dans la mesure du possible en fonction de leurs impacts environnementaux et sanitaires.
Notamment, l'utilisation de matériaux recyclés sera recherchée et privilégiée en cohérence avec une démarche d'économie circulaire.
Le recours à des matières premières issues de filières certifiées sera également favorisé.

Les matériaux privilégiés pourront être notamment les suivants :

- Granulats issus du recyclage.
- Enrobés recyclés ou tièdes.
- Bois et papier issus de filière PEFC ou FSC.
- Autres matériaux bénéficiant d'un label national ou international reconnu (NF Environnement, Ecolabel européen,...).

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

Les Fiches de Données Sécurité (FDS) et les Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES) sont utilisées pour justifier de la qualité environnementale des matériaux proposés.

3.6.2. Energie

Les mesures suivantes sont systématiquement mises en œuvre afin de réduire les consommations énergétiques des travaux :

- Les mesures relatives aux transports et au fonctionnement des engins de chantiers visant à réduire les émissions de GES contribuent également et de manière importante aux économies d'énergie et de ressources. Elles présentent en ce sens un double intérêt et doivent être favorisées.
- **Les installations de chantiers** sont équipées de dispositifs favorisant les économies d'énergie. En particulier, les éclairages économes sont privilégiés. Lorsque cela est pertinent, l'éclairage est maîtrisé par le biais de capteurs de présence ou de minuterie.
- **L'éclairage** est un enjeu fort de sécurité qui doit être prioritaire, il sera toutefois adapté aux besoins des zones d'activités du chantier en tenant compte des objectifs d'économie d'énergie. En dehors des horaires de travaux, il est recherché un éclairage minimal mais suffisant pour satisfaire les enjeux de sécurité.

3.6.3. Eau

L'objectif est de limiter les consommations d'eau, notamment en favorisant le recyclage. Les mesures suivantes sont mises en œuvre :

- **Les eaux industrielles sont recyclées** autant que possible en fonction des possibilités techniques et des emprises disponibles. Ces eaux sont, selon leur qualité et les opportunités techniques, réutilisées pour le process industriel ou encore pour l'aspersion des pistes et stockages.
- Lorsque les **eaux de ruissellements** sont collectées, elles font **l'objet d'un recyclage** après décantation si les activités et l'espace le permettent.
- Les installations de chantiers sont équipées de dispositifs favorisant les économies d'eau pour l'usage quotidien (douches, réfectoire).

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

8 Annexe 8 : Politique Qualité Sécurité Environnement

Société du Grand Paris

ARTEMIS ARTELIA • ARCADIS • BG

DIRECTOIRE

RESEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

DOCUMENT DE CADRAGE

Politique Qualité – Sécurité – Environnement de la Société du Grand Paris

CONFIDENTIALITE C1

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris. Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

Émetteur

DATE	INDICE	SUIVI DES MODIFICATIONS	REDAC.	VERIF.	VALID./APPROB.
05/08/2014			RLM	MD	DB

Contact référent du document : Etienne ROUSSELET

Références

Code GED : USI_02_HPH_CDR_000070_1
Nom du fichier : USI_02_HPH_CDR_000070_1_Politiqu QSE

RTGP	00000	TTT	MQP	USI	02	HPH	NOT	000070	02	01
SECTEUR	OBJET	NIVEAU	SPECIALITE	EMETTEUR	DISCIPLINE	PHASE	TYPE DOC	N° INCREMENTATION GED	IND. GED	IND. INTERNE EMETTEUR

Nombre de pages : 13

SOMMAIRE

1. Objectifs du programme 3

2. Responsabilité sociétale : un état d'esprit pour agir positivement dans tous les domaines 4

3. Qualité : garantir une performance technique et économique durable 5

4. Sécurité : optimiser la fiabilité du service et des installations 7

5. Environnement : contribuer à un service de mobilité collective porté par une démarche d'écoconception 9

5.1. Des impacts environnementaux à optimiser (préservation des ressources et minimisation des pollutions potentielles) 9

5.2. Une insertion dans les territoires à favoriser 11

6. Mise en œuvre 13

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

1. Objectifs du programme

Le Réseau de Transport Public du Grand Paris (RTPGP), partie du Grand Paris Express sous Maîtrise d'Ouvrage de la Société du Grand Paris, est un élément clé du développement durable de Paris, de la métropole du Grand Paris et de la Région Ile-de-France qui s'inscrit dans le réseau de transport francilien, sous l'autorité du STIF, autorité organisatrice des transports. A ce titre, les enjeux techniques, économiques, environnementaux et sociaux sont essentiels dans sa stratégie de programmation et de conception comme dans sa réalisation et son fonctionnement.

La Société du Grand Paris place ces enjeux au cœur de sa politique d'entreprise et les exprime au travers des quatre dimensions structurantes de son système de management :

- **La responsabilité sociétale** vis-à-vis de ses salariés, de ses prestataires, de ses partenaires et des habitants d'Ile-de-France ;
- **La qualité** des ouvrages que la Société du Grand Paris réalise, dans leur conception, leur réalisation et leur intégration, en vue d'atteindre des performances optimales au meilleur coût ;
- **La sécurité** pour les voyageurs, pour les travailleurs des chantiers, de l'exploitation ou de la maintenance du métro, pour les riverains ;
- **L'environnement** en alliant aux objectifs de mobilité durable pour les franciliens des objectifs d'éco-conception et d'intégration optimale des ouvrages et des chantiers et d'aménagement urbain des quartiers de gare.

Ces enjeux se retrouvent dans les objectifs du RTPGP, projet urbain, social et économique basé sur la construction d'un nouveau réseau de transport public :

- **Pour le voyageur** : concevoir et réaliser un système de transport attractif et sûr, régulier, moderne, confortable, rapide, souple d'utilisation, améliorant la complémentarité entre les différents réseaux de transport, facilitant les connexions avec ceux-ci, accessible à tous et respectueux de l'environnement.
- **Pour l'aménagement et le développement durable des territoires :** lutter contre l'étalement urbain en favorisant la construction de logements et les projets urbains portés par les collectivités et en mettant en valeur les espaces publics traversés par une architecture de qualité.
- **Pour les futurs exploitants et gestionnaire des infrastructures** : concevoir et réaliser un système de transport performant dans son exploitation et sa maintenance.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

2. Responsabilité sociétale : un état d'esprit pour agir positivement dans tous les domaines

La Société du Grand Paris est porteuse d'un projet structurant pour l'Ile-de-France, pour la qualité de vie de ses habitants, pour son activité et son développement économique
Elle met en place une gouvernance dont la priorité est la recherche du consensus en associant les élus des territoires au processus de décision sur les fonctionnalités du projet au service des habitants et sur son intégration au service de l'aménagement urbain.

Elle sait combien l'excellence du projet qu'elle porte dépend des femmes et des hommes qui œuvrent à sa réalisation. Elle sait l'enjeu que représente ce projet exceptionnel à tout point de vue dans leur vie professionnelle. Elle met en place des conditions de travail et des services pour les accompagner dans leurs parcours professionnels.

Elle met en place une démarche d'éco-conception exemplaire afin de rendre compte de ses efforts, non seulement pour limiter ou compenser les impacts du projet, mais aussi pour porter des initiatives positives et innovantes de contribution du projet à la qualité de l'environnement.

Elle met en place une organisation de pilotage des contrats et un code de déontologie dans un objectif de respect rigoureux des bonnes pratiques dans les affaires.

Elle sait que l'activité économique que représente le projet est attendue et elle agit pour que les autorités décisionnelles en tiennent compte dans la diligence de leurs prises de décision. Elle fait en sorte que cette activité économique ait des retombées positives pour les entreprises locales et pour l'accès à l'emploi.

Elle met en place des outils de communication et de concertation pour associer le public et tenir compte de ses observations et propositions dans la conception du projet ou dans le déroulement des travaux et pour l'informer sur l'avancement et l'actualité des opérations.

Elle agit dans un esprit partenarial pour élargir le consensus qu'elle recherche avec les élus des territoires aux associations représentants les populations concernées par les travaux ou les futurs voyageurs, notamment en matière d'accessibilité pour tous.

Ces engagements responsables guident la politique de la Société du Grand Paris en matière de qualité, de sécurité et d'environnement

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

3. Qualité : garantir une performance technique et économique durable

La Société du Grand Paris **se donne comme ambition d'être exemplaire en termes de performance technique et économique de ses ouvrages et aménagements** pour répondre aux besoins de transports régionaux tels que définis notamment suite aux étapes de concertation avec les parties prenantes.

La mise en œuvre du RTPGP doit prendre en compte sa complexité particulière, découlant de l'importance, des chantiers à conduire, des dimensions du périmètre concerné du nombre d'acteurs concernés et de la densité urbaine des zones traversées. Ainsi, l'un des objectifs fondamentaux du système qualité est d'assurer **la bonne gouvernance du programme** et **les règles de fonctionnement communes et partagées** pour une bonne coordination. Cet enjeu de gouvernance concerne **l'organisation et le fonctionnement de la SGP et de ses prestataires** mais **également les relations avec les partenaires et parties prenantes** du projet et en particulier avec les collectivités, les concessionnaires et les futurs exploitants et gestionnaires d'infrastructures.

Le RTPGP doit également s'inscrire dans un **objectif de maîtrise des coûts**. Cette notion de coût doit être approchée **sous l'angle du coût global, incluant à la fois** le coût d'investissement, et les coûts d'exploitation et maintenance. La recherche permanente de l'optimisation des coûts se fait dans le respect des exigences de performance technique, environnementale et sociétale.

Le programme porte également **un objectif essentiel de respect des délais** dans un contexte organisationnel pluri-acteurs et réglementaire complexe, associé à des enjeux techniques majeurs. L'organisation opérationnelle pour respecter les délais fait donc partie des fondamentaux à respecter tout en assurant les nécessaires échanges avec les parties prenantes et les partenaires.

Le programme inclut la notion **d'accessibilité**, enjeu fort de développement durable. Le RTPGP se doit d'être **accessible à toutes les personnes**, y compris en situation de handicap. Une réflexion approfondie doit être menée pour **faciliter et fluidifier la circulation des voyageurs, depuis l'extérieur comme à l'intérieur** des espaces bâtis et des systèmes de transport. L'enjeu d'information et d'orientation du voyageur est en ce sens un objectif important qui lui aussi contribue à l'usage optimal des transports en commun.

La technicité et le contexte d'intervention induisent des risques de toute nature liés à l'économie du projet, susceptibles d'impacter les objectifs techniques, de coûts, de délais, voire de sécurité. **La maîtrise transversale des risques impactant la gestion de projet est donc également un objectif fondamental du RTPGP** notamment pour les phases de conception et de travaux. Il est donc essentiel de porter une démarche de gestion des risques anticipée, coordonnée et maîtrisée dont l'objet est d'éviter les risques ou, lorsqu'ils ne peuvent être évités, de réduire au maximum leur probabilité d'occurrence et d'anticiper leurs conséquences pour s'en prémunir au cas où ils viendraient à se produire ; le traitement des risques « accidentels » est intégré de manière plus spécifique dans la politique Sécurité et celui des risques « environnementaux » dans la politique Environnement.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

Enfin, il est important **également que les ouvrages et aménagements conçus intègrent la dimension de leur devenir et notamment de leur évolutivité**. Cette caractéristique est particulièrement clé dans une perspective de développement durable impactant pour le dimensionnement et la souplesse d'aménagement des espaces dans un contexte d'évolution permanente des modes d'exploitations, des technologies employées, des besoins d'utilisation...

Afin de mettre en œuvre ces engagements, **la** Société du Grand Paris **se dote des compétences les plus expertes, aussi bien en son sein que dans le choix de ses prestataires**.

L'atteinte de ces objectifs a déterminé la programmation, la conception et la réalisation du projet. A l'échelle des équipes de conception et de travaux, ces objectifs qualité sont, *a minima*, les suivants :

- Respecter la réglementation et les normes applicables,
- Capitaliser les retours d'expériences dans une logique d'amélioration,
- Mettre à disposition les ressources humaines et matérielles adaptées,
- Susciter et prendre en compte les attentes et expressions de besoin de l'Autorité organisatrice et du futur gestionnaire des infrastructures,
- Maîtriser et respecter les spécifications de performance technique,
- Optimiser la maintenance et l'exploitation des installations, ouvrages et infrastructures,
- Maîtriser et respecter les coûts,
- Maîtriser et respecter le planning,
- Maîtriser les risques de toute nature susceptibles de limiter l'atteinte des objectifs.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

4. Sécurité : optimiser la fiabilité du service et des installations

La sécurité est entendue ici sous trois aspects complémentaires :

- La sécurité des systèmes ferroviaires et des bâtiments, et les préconisations d'exploitation-maintenance en vue de la transmission aux exploitants et mainteneurs
- La sûreté des personnes et des biens face aux actes de malveillance,
- La santé – sécurité des personnes en phase travaux (travailleurs des entreprises, riverains des chantiers), la sécurité des biens à proximité des chantiers, la sécurité des travailleurs lors des opérations de maintenance et d'exploitation.

Toute activité induit un certain nombre de risques potentiels d'accidents. Les transports ferroviaires ne font pas exception à cette règle et **le premier objectif de sécurité pour le RTPGP consiste en un** réseau de transport automatique **sûr pour les personnes transportées et les utilisateurs des espaces publics que sont notamment les gares**. Ainsi concevoir et mettre en œuvre un système de transport sûr pour les voyageurs est un objectif essentiel du RTPGP. De même, les gares comme tout bâtiment, peuvent être exposées à des risques notamment d'incendie. Anticiper les risques pour les éviter et les réduire mais également prévoir les systèmes adéquats pour les contenir et les maîtriser tout en assurant la sécurité des personnes et des biens est prioritaire.

La question **de l'adaptation au changement climatique** est intégrée dans cette perspective, notamment dans l'anticipation des périodes de crues et périodes de forte chaleur.

Assurer la sûreté optimale des personnes et des biens contre la malveillance est également un objectif du RTPGP. La conception des espaces et l'adaptation des mesures de sécurité selon leur agencement et leur fonctionnement fait partie des priorités pour le RTPGP.

La sécurité des personnes au sens de l'hygiène, de la santé et de la sécurité des travailleurs fait partie intégrante des engagements et des objectifs portés par la Société du Grand Paris. Il s'agit d'assurer des conditions de travail sûres et saines pour les personnes intervenant dans le cadre des travaux, mais également des personnes qui interviendront sur les installations du RTPGP en fonctionnement, que ce soit dans les gares, les sites de maintenance ou encore dans les trains. Cela suppose une anticipation des risques accidentels auxquels ces travailleurs peuvent être exposés et la mise en œuvre de mesure d'évitement, de réduction ou de maîtrise de ces risques, y compris leur signalisation réglementaire (ex. risque électrique, de chute, de matériel tournant, etc).

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

Durant les travaux, il convient notamment de prendre toutes les mesures nécessaires pour **assurer la sécurité du personnel intervenant sur les chantiers et des tiers**. Cela recouvre la maîtrise des techniques de chantier utilisées et les interfaces du chantier avec les riverains et les usagers des espaces publics concernés par les travaux. Les travaux souterrains induisent en effet des risques spécifiques qui doivent être parfaitement analysés de façon à être anticipés et maîtrisés.

L'atteinte de ces objectifs repose sur une programmation, une conception et une réalisation du projet orientées en conséquence. A l'échelle des équipes de conception et de travaux, ces objectifs de sécurité sont a minima les suivants :

- Adopter une chaîne organisationnelle (maître d'ouvrage et assistants à maître d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises réalisatrices) garantissant à tous les stades du projet, la maîtrise technique des méthodes constructives employées, notamment en faisant adopter par chaque acteur une démarche systématique de maîtrise des risques techniques,
- Intégrer l'ensemble des exigences réglementaires relatives à la sécurité des personnes, des ouvrages, des infrastructures et des systèmes,
- Avoir une approche dès la conception intégrant systématiquement les enjeux de sécurité des personnes et des biens face aux accidents potentiels,
- Avoir une approche dès la conception intégrant systématiquement les enjeux de sûreté des personnes et des biens face à la malveillance,
- Assurer la sécurité des personnes, travailleurs comme des riverains et usagers, pendant les travaux et les essais,
- Transmettre aux exploitants et aux mainteneurs les recommandations de sécurité et de sûreté préconisées.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

5. Environnement : contribuer à un service de mobilité collective porté par une démarche d'écoconception

Le RTPGP intègre une dimension environnementale forte : il doit favoriser l'usage des transports en commun et participer ainsi **à la limitation des émissions globales de gaz à effet de serre**.

La limitation des émissions de gaz à effet de serre est ainsi un objectif prioritaire du programme du RTPGP, qui intègre et consolide un certain nombre d'actions citées ci-après, notamment : la réduction des consommations d'énergie du programme en phases travaux et exploitation, la mise en œuvre d'une logistique durable en phase travaux et le choix de matériaux peu émissifs lorsque cela est techniquement et économiquement réaliste. A ces éléments s'ajoute la fonction première du RTPGP en termes de transport en commun et l'importance de l'offre multimodale des gares pour la construction d'une chaîne de mobilité durable.

Le RTPGP a également un impact majeur sur le désengorgement des axes majeurs de transport en commun existants en offrant des déplacements transversaux de banlieue à banlieue.

Le RTPGP, par son ampleur, induit des impacts sur l'environnement en phase travaux comme en phase d'exploitation. L'ambition de la Société du Grand Paris dans ce domaine est de s'inscrire dans la logique de la démarche « éviter-réduire-compenser » en prenant en compte dès l'amont les enjeux environnementaux. A ce titre et pour la première fois, une évaluation environnementale stratégique a été conduite très en amont du projet et a servi de support au débat public, dont les conclusions sont prises en compte dans les objectifs stratégiques définis ci-dessous.

5.1. DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX A OPTIMISER (PRESERVATION DES RESSOURCES ET MINIMISATION DES POLLUTIONS POTENTIELLES)

La question des impacts environnementaux potentiels concerne d'une part la phase travaux et d'autre part la phase exploitation - les impacts en phase d'exploitation dépendant de la manière dont ont été conçues les infrastructures et dont ont été définies les modalités de fonctionnement du service.

De manière générale, **la maîtrise des nuisances** induites sur les riverains et les usagers doit être intégrée systématiquement, en particulier en maîtrisant les **déformations du terrain naturel et du bâti** lors des travaux, les **nuisances sonores**, le niveau d'**empoussièrement**, la **propreté** des espaces publics, les **vibrations**, mais aussi en maintenant **les circulations pour tous** afin de ne pénaliser ni les riverains ni les activités économiques voisines.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

La **gestion de l'énergie** est un objectif environnemental fondamental du programme. Elle recouvre deux réalités complémentaires. D'une part, **la performance énergétique** des installations et en particulier du système de transport, des sites de maintenances et des équipements des gares et, d'autre part, le recours à **des énergies renouvelables** et à la récupération d'énergie lorsque cela est pertinent.

La gestion des déchets est également un objectif de protection de l'environnement du programme. En période de travaux, il s'agit de rechercher la **réduction des volumes de déchets** induits, en optimisant le programme lorsque c'est possible, mais aussi en anticipant les besoins **pour réduire les emballages** et **favoriser le tri et le recyclage** notamment pour le second œuvre ; les méthodes constructives peuvent notamment y contribuer ainsi que le choix des matériaux.

Un enjeu majeur de la phase de travaux est **ainsi d'assurer une logistique durable d'approvisionnement en matériaux et d'évacuation des déblais,** aussi optimisée que possible, en recherchant des **solutions modales alternatives** à la route et des cheminements routiers optimisés. En fonctionnement, l'objectif est d'anticiper les besoins des usagers et acteurs économiques des gares et des sites de maintenance pour **concevoir des espaces ayant intégré le besoin de gestion des déchets** et visant à favoriser un tri sélectif et une part de recyclage améliorée.

Les matériaux représentent un enjeu à part entière. Le choix des matériaux a des conséquences environnementales notables dans de nombreux domaines : émissions de gaz à effet de serre, consommation d'énergie, qualité de l'air intérieur, facilité d'entretien, sécurité, insertion paysagère et cadre de vie. A ce titre, le choix des matériaux, leur origine géographique et leur méthode de mise en œuvre sont très importants pour l'impact global du programme. On recherchera donc une économie de matériaux là où elle est possible, puis le choix de matériaux répondra aux exigences techniques, esthétiques, financiers en privilégiant des matériaux de moindre impact (certifiés, à base de produits recyclés, recyclables, de proximité).

Concernant **la qualité de l'air**, les enjeux concernent aussi bien la phase travaux notamment au travers des émissions atmosphériques liées aux flux de véhicules et autres activités de chantiers, que la qualité de l'air intérieur dans les installations en phase d'exploitation, à savoir : la qualité de l'air des espaces intérieurs (gares, matériel roulant, sites de maintenance, etc.) avec des enjeux de renouvellement et d'éventuels traitements de l'air avant rejet et la question des points de rejets si la qualité de l'air rejeté est mauvaise.

L'eau, comme souvent est un enjeu important à considérer. Il s'agit principalement de limiter les impacts sur les eaux souterraines et superficielles. Cela repose sur une recherche **de minimisation des impacts sur les nappes et les eaux de surface** et, lorsque l'évitement n'est pas possible, sur **un traitement adapté** des eaux et lorsque cela est réaliste au plan technique et économique, sur un recyclage des eaux collectées, traitées ou des eaux d'exhaure. Pour la période d'activité du RTPGP, **les économies d'eau** sont également un objectif notamment pour les activités d'entretien des espaces et de maintenance. De même, on cherchera à **favoriser l'infiltration** des eaux pluviales lorsque cela est possible et **la réutilisation** des eaux collectées lorsque cela est pertinent.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

La biodiversité est localement concernée avec des mesures de protection des espaces et des milieux si nécessaires en phase travaux et des mesures de compensation éventuelles liées aux impacts des infrastructures. Pendant les travaux, il s'agit de limiter au maximum les emprises des chantiers et ouvrages sur des espaces verts et des espaces naturels pour éviter les impacts sur les espèces, milieux et continuités, lorsque cela est possible, mais aussi de protéger ces intérêts dans le respect des engagements pris, lorsque l'évitement n'était pas possible, en gérant les périodes et les emprises des travaux. Les aménagements des gares et des sites de maintenance peuvent **se prêter de manière intelligente à une intégration de la biodiversité**, par exemple en concevant à cette fin, entre autre, les espaces verts, qu'il s'agisse de toitures végétalisées, d'aménagements paysagers ou encore de systèmes de gestion des eaux (noues paysagères). La SGP souhaite soutenir les propositions contribuant à améliorer la biodiversité dans les aménagements.

5.2. UNE INSERTION DANS LES TERRITOIRES A FAVORISER

Un moyen de transport en commun comme **le RTPGP est un maillon majeur dans une chaîne de mobilité durable** qui inclut les autres systèmes de transports en commun et les autres modes de transport. **L'enjeu d'intermodalité des gares du RTPGP** avec les systèmes de transports en commun existants et planifiés, mais également avec les modes de transport doux (vélos, piétons), les offres de transport connexes comme les voitures en auto partage mais aussi la gestion des véhicules individuels est un enjeu majeur pour optimiser la performance globale du RTPGP. Le RTPGP doit contribuer à réduire la part de personnes en situation d'exclusion de la mobilité. Cette intermodalité sur le territoire est à optimiser en collaboration avec les acteurs de la mobilité et sera gage d'un usage optimal du RTPGP.

Contribuer à densifier et organiser l'espace urbain, en collaboration avec les acteurs du territoire au premier plan desquels se trouvent les collectivités, par des aménagements urbains pertinents avec les usages attendus au droit des gares et par les offres de services au sein des gares est un objectif important pour la Société du Grand Paris afin de contribuer au besoin de développement durable des territoires d'accueil de ces espaces. En l'occurrence, le RTPGP permettra également d'offrir des services d'accès aux réseaux de télécommunication ; ce qui contribuera à offrir des opportunités de réduction du préjudice numérique entre les territoires traversés. **L'intégration paysagère et urbaine exemplaire des ouvrages de surface** dans un contexte urbain souvent dense et de qualité est également un objectif du programme. Cet aspect du projet interagit avec le cadre de vie de nombreuses populations et se doit d'être du meilleur niveau, tout en intégrant les dimensions de coûts et de facilité de maintenance et d'exploitation.

L'atteinte de ces objectifs repose sur une programmation, une conception et une réalisation du projet orientées selon eux. A l'échelle des équipes de conception et de travaux, ces objectifs environnementaux sont a minima les suivants :

- Intégrer les engagements environnementaux issus des procédures réglementaires et respecter la réglementation,
- Eco-concevoir les différents projets selon les priorités définies en privilégiant une approche en coût global et une logique de cycle de vie,
- Réaliser une gestion environnementale des travaux qui assure la mise en œuvre des engagements environnementaux,

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

- Traiter systématiquement l'intégration paysagère et architecturale des aménagements et des espaces avoisinants,
- Assurer l'intermodalité garante d'une chaîne de mobilité durable,
- Contribuer à la densification des espaces urbanisés et à l'offre de logements et de services au droit des implantations des gares,
- Assurer la communication avec les parties prenantes, notamment les institutionnels et les riverains.

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

6. Mise en œuvre

Placés dans le cadre des engagements de la Société du Grand Paris en matière de responsabilité sociétale, ces objectifs de qualité, de sécurité et d'environnement doivent être systématiquement repris et déclinés par les intervenants du RTPGP intervenant sous l'autorité de la Société du Grand Paris et adaptés à leurs missions particulières pour contribuer à l'atteinte des objectifs globaux.

La présente politique constitue ainsi la clé de voûte du système de management de la Société du Grand Paris. Elle est reprise dans le Schéma Directeur Qualité – Sécurité – Environnement (SDQSE) du RTPGP qui définit le cadre commun et les exigences partagées pour tous les intervenants du projet. Le SDQSE est décliné par les différents intervenants dans leurs Plans Assurance Qualité-Sécurité-Environnement qui précisent les modalités propres à leurs activités. L'ensemble de ces documents s'appuie sur les exigences des référentiels ISO 26000 pour la responsabilité sociétale, ISO9001 pour la qualité, ISO14001 pour l'environnement et OHSAS 18001 pour la sécurité.

Philippe YVIN
Président du Directoire
Le Président du Directoire
de la Société du Grand Paris

Ce document est la propriété de la Société du Grand Paris.
Toute diffusion ou reproduction intégrale ou partielle faite sans l'autorisation préalable et écrite de la Société du Grand Paris est interdite.

9 Annexe 9 : Fiches sondages zones humides

Opérateur : Paul LABRUSSE

Site	Sondage	Coordonnées GPS – WGS84		Coordonnées Lambert 93 CC49	
		Longitude	Latitude	X	Y
Avenue Mederic	S1	E002°33,734'	N48°49,789'	1667861,616	8181168,488
Rue Mozart	S1	E002°33,264'	N48°49,629'	1667284,803	8180875,313
Sentiers Marins	S1	E002°32,799'	N48°49,504'	1666714,434	8180647,024
Entrée Tunnelier	S1	E002°31,755'	N48°49,009'	1665431,23	8179737,44
Avenue Maurice Thorez	S1	E002°32,217'	N48°48,801'	1665994,982	8179348,481
SMR Champigny	S1	E002°31,862'	N48°49,036'	1665562,494	8179786,667
SMR Champigny	S2	E002°31,853'	N48°49,047'	1665551,605	8179807,121
SMR Champigny	S3	E002°31,880'	N48°49,046'	1665584,638	8179805,063
SMR Champigny	S4	E002°31,872'	N48°49,034'	1665574,709	8179782,885
SMR Champigny	S5	E002°31,759'	N48°49,190'	1665438,205	8180072,848
Bry-Villiers-Champigny	S1	E002°31,628'	N48°49,418'	1665280,519	8180496,386

Les fiches descriptives des sondages sont présentés dans l'ordre du tableau ci-dessus.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S1 Avenue Mederic

Couvert végétal : Friche herbacée 2*5m en bord de route

Aspect de surface : Frais/Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,789' E002°33,734'
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Sable argileux	Frais	Brun	0	aucun
20 - 40	Argilo-sableux	Frais	Brun	0	aucun
40 - 60	Argileux	Frais	marron	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S1 Rue Mozart

Couvert végétal : Pelouse de résidence

Aspect de surface : Frais/Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol argileux brun N48°49,629' E002°33,264'
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Sable argileux	Frais-humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argilo-sableux	Frais-humide	Brun->Marron Gris	?	aucun
40 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n°** S1 Sentier des Marins

Couvert végétal : Non (Bord de route/Trottoir le long de l'emprise ferrée)

Aspect de surface : Frais/Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,504' E002°32,799'
Sol légèrement hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Sable argileux et graviers	Frais/Humide	Marron	0	aucun
20 - 40	Argileux	Frais/Humide	Gris Marron	1	Red
40 - 60	Argileux	Frais/Humide	Marron Gris	1	Red
60 - 80	Vide				
80 - 100	Refus				
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S1 Puits entrée tunnelier

Couvert végétal : Pelouse de parc

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,009' E002°31,755'
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
40 - 60	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S1 Avenue Maurie Thorez

Couvert végétal : Herbe sous alignement d'arbres

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol argileux brun N48°48,801' E002°32,217'
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argilo-sableux	Humide/Frais	Marron foncé	0	aucun
40 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S1 SMR Champigny

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol argileux brun N48°49,036' E002°31,862'
Sol hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Frais/Humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argileux	Frais/Humide	Gris blanc	4	RED/OXY
40 - 60	Argileux	Frais/Humide	Gris blanc	4	RED/OXY
60 - 80	Argileux	Frais/Humide	Gris blanc/Gris	4	RED/OXY
80 - 100	Argileux	Frais/Humide	Gris	4	RED/OXY
100 - 120	Refus				

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S2 SMR Champigny

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,047' E002°31,853'
Sol hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argilo-sableux	Humide	Brun/Gris	2-3	RED (OXY)
20 - 40	Argileux	Humide	Brun/Gris	1-2	RED (OXY)
40 - 60	Argileux	Humide	Brun/Gris	1-2	RED (OXY)
60 - 80	Sablo-argileux	Humide	Gris/Rouille	4	(RED)OXY
80 - 100	Refus				
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S3 SMR Champigny

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,046' E002°31,880'
Sol hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Humide	Brun	0	RED (OXY)
20 - 40	Argileux	Humide	Brun/Gris	1-2	RED
40 - 60	Argileux	Humide	Gris/Brun	3-4	RED (OXY)
60 - 80	Argileux	Humide	Gris	4	RED (OXY)
80 - 100	Argileux	Humide	Gris/Brun	3-4	RED (OXY)
100 - 120	Refus				

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S5 SMR Champigny

Couvert végétal : Non (Talus de bord de route)

Aspect de surface : Humide à très humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Remblai argilosableux N48°49,190' E002°31,759'
Sol hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Humide	Brun	0	aucun
20 - 40	Argilo-sableux	Humide	Marron->Gris	1-2 (de 40 à 50cm)	RED
40 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S4 SMR Champigny

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Humide Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,034' E002°31,872'
Sol hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argileux	Frais/Humide	Brun	1	RED
20 - 40	Argileux	Frais/Humide	Gris/Brun	2-3	RED
40 - 60	Argileux	Frais/Humide	Brun/Gris	2-3	RED
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : PLB **Date :** 12/12/2014 **Sondage n° :** S1 - Bry-Villiers-Champigny

Couvert végétal : Humus

Aspect de surface : Terre limoneuse Coordonnées en WGS84

Description générale : Sol limono-argileux brun N48°49,418' E002°31,628'
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Sable argileux	Humide	Brun clair	0	aucun
20 - 40	Argilo-sableux	Humide	Brun	0	aucun
40 - 60	Argilo-sableux	Humide	Brun	0	aucun
60 - 80	Argilo-sableux	Humide	Brun	0	aucun
80 - 100	Argileux	Humide	Brun	1	RED
100 - 120	Argileux	Humide	Brun clair	1	RED

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

Opérateur : Ludovic ARMAND

Site	Sondage	Coordonnées GPS		Coordonnées Lambert 93 CC49	
		Longitude	Latitude	X	Y
Ile de Monsieur	S1	E002°13'30"	N48°49'50"	1643105,34	8181448,401
Ile de Monsieur	S2	E002°13'31"	N48°49'49"	1643125,416	8181417,306
Ile de Monsieur	S3	E002°13'31"	N48°49'48"	1643125,101	8181386,42
Ile de Monsieur	S4	E002°13'30"	N48°49'48"	1643104,709	8181386,628
Ile de Monsieur	S5	E002°13'30,5"	N48°49'48"	1643114,905	8181386,524
Ile de Monsieur	S6	E002°13'29"	N48°49'48"	1643084,317	8181386,836
Ile de Monsieur	S7	E002°13'30,3"	N48°49'48"	1643110,827	8181386,565
Pont de Sèvres	S1	E002°13'48"	N48°49'42"	1643469,883	8181197,573
Villejuif IGR	S1	E002°20'55"	N48°47'35"	1652143,913	8177193,407
Villejuif IGR	S2	E002°20'54"	N48°47'35"	1652123,506	8177193,582
Villejuif IGR	S3	E002°20'56"	N48°47'35"	1652164,32	8177193,232
Villejuif IGR	S4	E002°20'55"	N48°47'34"	1652143,648	8177162,52
Villejuif IGR	S5	E002°20'57"	N48°47'35"	1652184,728	8177193,057
Villejuif IGR	S6	E002°20'56"	N48°47'34"	1652164,056	8177162,345
Noisy Champs Nord	S1	E002°34'49"	N48°50'42"	1669213,367	8182869,431
Noisy Champs Nord	S2	E002°34'49"	N48°50'44"	1669197,209	8182937,827
Noisy Champs Nord	S3	E002°34'48"	N48°50'47"	1669178,737	8183014,871
Noisy Champs Nord	S4	E002°34'47"	N48°50'49"	1669161,767	8183078,559
Noisy Champs Sud	S1	E002°34'57"	N48°50'22"	1669366,568	8182233,377
Noisy Champs Sud	S2	E002°34'56"	N48°50'24"	1669352,067	8182317,475
Noisy Champs Sud	S3	E002°34'56"	N48°50'27"	1669341,431	8182388,202
Noisy Champs Sud	S4	E002°34'55"	N48°50'29"	1669331,557	8182454,213
Vert de Maisons	S1	E002°25'58"	N48°47'22"	1658324,326	8176742,244
Vert de Maisons	S2	E002°25'57"	N48°47'23"	1658304,148	8176773,284
Rue du Port Créteil	S1	E002°28'4"	N48°48'9"	1660906,025	8178175,325
Rue du Port Créteil	S2	E002°28'4"	N48°48'10"	1660906,242	8178206,213

Les fiches descriptives des sondages sont présentés dans l'ordre du tableau ci-dessus.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S1 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-sableux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile sableuse compacte	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile sableuse compacte	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argile très sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80	Argile très sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
80 - 100	Argile très sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
100 - 120	Argile très sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S2 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argileuse
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile compacte	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argile sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80	Argile sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
80 - 100	Argile sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun
100 - 120	Argile sableuse friable	sec	marron clair	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S3 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-sableux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile sableuse	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile sableuse	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Argile sableuse	sec	marron	0	aucun
60 - 80	Argile sableuse	frais	marron	0	aucun
80 - 100	Argile sableuse	frais	marron	0	aucun
100 - 120	Argile sableuse	frais	marron	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S4 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-sableux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile sableuse	frais	marron	0	aucun
20 - 40	Argile sableuse	frais	marron	0	aucun
40 - 60	Argile sableuse	frais	marron clair	0	aucun
60 - 80	Argile sableuse	frais	marron clair	0	aucun
80 - 100	Argile sableuse + inclusions calcaire	frais	marron clair	0	aucun
100 - 120	Argile sableuse + inclusions calcaire	frais	marron clair	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S5 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-sableux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile sableuse	frais	marron	0	aucun
20 - 40	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun
80 - 100	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun
100 - 120	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S6 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-sablo-calcaire
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Sablo-argileux	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Sablo-argileux	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80	Sablo-argileux + inclusions calcaire	sec	marron clair	0	aucun
80 - 100	Refus				
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S7 (ile de monsieur)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	marron	0	aucun
60 - 80	Argile	sec	marron	0	aucun
80 - 100	Argile	frais	marron	0	aucun
100 - 120	Argile	frais	marron	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S1 (villejuif)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre limoneuse

Description générale : Sol limono-argileuse brun
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Limon argileux	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Limon argileux	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Limon argileux	sec	marron	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S1 (pont de sévres)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	marron	0	aucun
20 - 30	Argile	sec	marron clair	0	aucun
30 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S2 (villejuif)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol argilo-calcaire brun clai
Sol non hydromorphe

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argilo calcaire	sec	marron clair	0	aucun
20 - 40	Argilo calcaire	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argilo calcaire	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S3 (villejuif)

Couvert végétal : Ancien verger en friche

Aspect de surface : Terre limoneuse

Description générale : Sol argileux brun
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argileuse	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	marron	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S4 (villejuif)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre limoneuse

Description générale : Sol argileux brun
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argileuse	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S5 (villejuif)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-calcaire
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Bloc calcaire	sec	blanc	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S6 (villejuif)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argilo-calcaire
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	vert	0	aucun
20 - 40	Argilo -limoneux	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Argilo -limoneux	sec	marron	0	aucun
60 - 80	Argilo-calcaire	sec	blanc	0	aucun
80 - 100	Refus				
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S1 (Noisy nord)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argile	sec	marron foncé	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron foncé	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	blanc	0	aucun
60 - 80	Argile	sec	blanc	0	aucun
80 - 100	Argile	sec	blanc	0	aucun
100 - 120	Argile	sec	blanc	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S2 (Noisy nord)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argile	sec	marron foncé	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron foncé	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	marron foncé	0	aucun
60 - 80	Matrice fraible légèrement argileuse	sec	blanc	0	aucun
80 - 100	Matrice fraible légèrement argileuse	sec	blanc	0	aucun
100 - 120	Matrice fraible légèrement argileuse	sec	blanc	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S3 (Noisy nord)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol limono-argilo-marneux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile limoneuse	sec	noir	0	aucun
20 - 40	Argile limoneuse	sec	noir	0	aucun
40 - 60	Argile limoneuse	sec	noir	0	aucun
60 - 80	Argile limoneuse	sec	noir	0	aucun
80 - 100	Marnes argileuse	sec	blanc	0	aucun
100 - 120	Marnes argileuse	sec	blanc	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S4 (Noisy nord)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol limono-argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argile	sec	marron noir	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron noir	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	marron noir	0	aucun
60 - 80	Argile	sec	marron noir	0	aucun
80 - 100	Argile limoneux	sec	beige	0	aucun
100 - 120	Argile limoneux	sec	beige	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S1 (Noisy sud)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol limono-argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S3 (Noisy sud)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol limono-argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argile	sec	marron foncè	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argile	sec	marron clair	0	aucun
60 - 80	Refus				
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S2 (Noisy sud)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol limono-argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 07/11/2014 **Sondage n° :** S4 (Noisy sud)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol limono-argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	sec	marron	0	aucun
20 - 40	Argile	sec	marron	0	aucun
40 - 60	Refus				
60 - 80					
80 - 100					
100 - 120					

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S1 (le vert d emaison)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol argilo-limoneuse
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argile	frais	marron	0	aucun
20 - 40	Argile limoneuse	frais	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argile limoneuse	frais	marron clair	0	aucun
60 - 80	Argile limoneuse	frais	marron clair	0	aucun
80 - 100	Argile limoneuse plus granuleuse	frais	marron clair	0	aucun
100 - 120	Refus				

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S1 (rue du port de Créteil)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol argilo- limoneuse
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile	frais	marron foncé	0	aucun
20 - 40	Argile trés limoneuse	frais	marron clair / beige	0	aucun
40 - 60	Argile trés limoneuse	frais	marron clair / beige	0	aucun
60 - 80	Argile trés limoneuse	frais	marron clair / beige	0	aucun
80 - 100	Argile trés limoneuse	frais	marron clair / beige	0	aucun
100 - 120	Argile trés limoneuse	frais	marron clair / beige	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S2 (le vert d emaison)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre argileuse

Description générale : Sol argilo-limoneuse
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Terre végétale + argile	sec	marron foncé	0	aucun
20 - 40	Argile limoneuse	sec	marron foncé	0	aucun
40 - 60	Argile limoneuse	sec	marron foncé	0	aucun
60 - 80	Argile limoneuse	sec	marron clair	0	aucun
80 - 100	Argile limoneuse plus granuleuse	sec	marron clair	0	aucun
100 - 120	Refus				

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

FICHE D'OBSERVATIONS PEDOLOGIQUES

Opérateur : LAR **Date :** 06/11/2014 **Sondage n° :** S2 (rue du port de Créteil)

Couvert végétal : Friche herbacée

Aspect de surface : Terre sableuse

Description générale : Sol argileux
Sol non hydromorphe.

Description par horizon :

Prof. cm	Texture	Humidité*	Couleur	Hydromorphie**	Type d'hydromorphie***
0 - 20	Argile + inclusions calcaire	frais	marron foncé	0	aucun
20 - 40	Argilo-limoneux	frais	marron clair	0	aucun
40 - 60	Argilo-limoneux	frais	marron clair	0	aucun
60 - 80	Argilo-limoneux	frais	marron clair	0	aucun
80 - 100	Argilo-limoneux	frais	marron clair	0	aucun
100 - 120	Argilo-limoneux	frais	marron clair	0	aucun

* : Sec, frais, humide, très humide, noyé.
** : 0 = nulle, 1 = faible, 2 = modérée, 3 = forte et étendue, 4 = dominante.
*** : OXY = traces d'oxydation, RED = traces de réduction.

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

NOUVEAU GRAND PARIS

GRAND PARIS EXPRESS LE RÉSEAU DE TRANSPORT PUBLIC DU GRAND PARIS

Société du Grand Paris

LIGNE 15 SUD : PONT DE SÈVRES < > NOISY – CHAMPS

DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION

(CODE DE L'ENVIRONNEMENT, CODE FORESTIER, CODE DE L'URBANISME)

Avis délibéré de l'Autorité environnementale
sur la ligne 15 Sud (rouge) et compléments apportés

Propos introductif

L'évaluation environnementale sert à formaliser et à améliorer la prise en compte de l'environnement dans les stratégies publiques et privées, qu'il s'agisse de projets (industrie, zone d'aménagement concerté, …) ou de documents de planification (plan local d'urbanisme, schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, …).

L'évaluation environnementale est une démarche visant à intégrer l'environnement dès le début et tout au long du processus d'élaboration et de décision d'un projet, d'un plan ou d'un programme. Elle consiste à appréhender l'environnement dans sa globalité, à rendre compte des effets prévisibles et à proposer des mesures permettant d'éviter, réduire ou compenser ces impacts potentiels. (source : DRIEE).

En ce qui concerne sur la ligne 15 Sud (rouge) de la gare de Pont de Sèvres à la gare de Noisy-Champs, l'avis de l'Autorité environnementale a été rendu le 23 septembre 2015 (avis n°2015-54 et 2015-67). Il est présenté en première partie du présent document.

La Société du Grand Paris est un établissement public placé sous la tutelle du ministère du Logement et de l'égalité des territoires, ainsi que du ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'énergie et les ministères de l'Economie, du Redressement productif et du Numérique et des Finances et des Comptes publics. En application des dispositions de l'article R.122-6 du code de l'environnement, du fait du statut de la Société du Grand Paris, l'Autorité environnementale est le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD).

En préambule des compléments apportés à la suite de l'avis de l'Autorité environnementale, il convient de rappeler les principes de réalisation des études d'impact du Grand Paris Express.

Un processus itératif de concertation visant à éviter les impacts

La doctrine dite « éviter-réduire-compenser » vise en priorité à éviter les impacts d'un projet, à défaut à les réduire et en dernier recours à compenser ses impacts résiduels. Elle constitue un principe d'action de la réalisation du Grand Paris Express.

Ainsi, une évaluation environnementale a priori des impacts du projet sur l'environnement a été réalisée en 2010 à l'échelle du programme dans son ensemble, sur la base d'un fuseau d'étude d'au moins trois kilomètres de large. Cette évaluation a été soumise au débat public.

Ensuite, les études d'impact successives par tronçon de ligne, réalisées de manière coordonnée avec les études d'insertion technique des infrastructures, permettent de faire évoluer les tracés et les méthodes constructives du projet en fonction des enjeux environnementaux, anthropiques, ainsi que des contraintes technico-économiques.

La réalisation d'une étude d'impact unique globale pour la ligne

La stratégie d'ordonnancement des procédures et donc en particulier des demandes d'autorisations administratives (au titre du code de l'environnement, du code forestier, et du code de l'urbanisme notamment) est déterminée en fonction des objectifs de calendrier de réalisation du Grand Paris Express fixés par le Gouvernement. Des objectifs de mise en service sont ainsi déterminés par tronçon, entre 2019 et 2030.

Ces échéances ont conduit la Société du Grand Paris à proposer une stratégie d'ordonnancement qui permettent la mutualisation des différentes procédures administratives. A ce titre, l'avis rendu par l'Autorité environnementale sur la ligne 15 Sud concerne la procédure au titre du code de l'environnement, au titre du code forestier, et au titre du code de l'urbanisme, pour les projets de construction des gares et du site de maintenance des infrasctructures.

Sommaire

1. Avis de l'Autorité environnementale rendu sur la ligne 15 Sud (rouge) 7

2. Compléments apportés suite à l'avis délibéré de l'Autorité environnementale 23

2.1 Evolutions depuis le dossier de demande de déclaration d'utilité publique 25

2.2 Mise à jour des données 26

2.3 Appréciation des effets cumulés 27

2.4 Analyse des variantes 34

2.5 Aspects relatifs à l'eau 35

2.5.1 L'effet barrage 35

2.5.2 Les éléments relatifs à l'hydrogéologie 36

2.5.3 La prise en compte du risque lié à la présence de gypse 37

2.5.4 Gestion des eaux d'épuisement et compatibilité avec le SDAGE 39

2.5.5 Prise en compte du SAGE Marne Confluence : 42

2.5.6 Prise en compte d'une canalisation existante au niveau de la Bièvre 43

2.5.7 Prise en compte du risque inondation dans les projets connexes 44

2.5.8 Mise en œuvre des mesures compensatoires liées au risque inondation 44

2.5.9 Analyse des effets liés aux crues supérieures à celle de référence 46

2.5.10 Compléments concernant la gestion des eaux pluviales 49

2.5.11 Dispositions spécifiques de chantier en cas de crue 51

2.6 Milieux naturels, faune et flore 51

2.6.1 La mise en œuvre de mesures compensatoires écologiques 51

2.6.2 Opération de défrichement au niveau de la future gare de Noisy-Champs 54

2.7 Nuisances sonores 57

2.8 Gestion de la pollution et des déblais 58

2.8.1 La gestion des terres polluées 58

2.8.2 La gestion des déblais 58

2.9 Aspects paysagers 59

2.10 Energie, climat et qualité de l'air 60

2.10.1 L'évaluation des effets du projet sur l'énergie et la qualité de l'air 60

2.10.2 L'évaluation des effets liés au Grand Paris Express 61

2.10.3 Les consommations énergétiques 63

2.10.4 La pollution atmosphérique 64

2.11 Suivi des mesures 64

1. Avis de l’Autorité environnementale rendu sur la ligne 15 Sud (rouge)

Autorité environnementale
conseil général de l'Environnement et du Développement durable
www.cgedd.developpement-durable.gouv.fr

Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le tronçon Pont de Sèvres – Noisy Champs dit "ligne 15 sud" de la ligne rouge du réseau de transport public Grand Paris Express Actualisation de l'avis Ae n°2013-64

n°Ae : 2015-54
2015-67

Avis délibéré n°Ae 2015-54 et 2015-67 adopté lors de la séance du 23 septembre 2015
Formation d'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

L'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD), s'est réunie le 23 septembre 2015 à Paris. L'ordre du jour comportait, notamment, l'actualisation de l'avis Ae n°2013-64 sur le tronçon Pont de Sèvres – Noisy Champs dit "ligne 15 sud" de la ligne rouge du réseau de transport public du Grand Paris.

Étaient présents et ont délibéré : Mmes Bour-Desprez, Guth, Perrin, Steinfelder, MM. Barthod, Clément, Ledenvic, Lefebvre, Letourneux, Muller, Orizet, Ullmann, Vindimian.

En application du § 2.4.1 du règlement intérieur du CGEDD, chacun des membres délibérants cités ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans l'avis à donner sur le projet qui fait l'objet du présent avis.

Étaient absents ou excusés : Mme Fonquernie, Hubert, M. Galibert

N'ont pas participé à la délibération, en application de l'article 2.4.1 du règlement intérieur de l'Ae : M. Roche

* * *

L'Ae a été saisie pour avis par le préfet du département Val-de-Marne, le dossier relatif à la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau ayant été reçue complet le 2 juillet 2015, la demande de permis de construire de la gare de Vitry-Centre ayant été reçue complète le 31 juillet 2015.

Cette saisine étant conforme à l'article R.122-6 du code de l'environnement relatif à l'autorité administrative compétente en matière d'environnement prévue à l'article L.122-1 du même code, il en a été accusé réception. Conformément à l'article R122-7 II du même code, les avis doivent être fournis dans le délai de 3 mois.

L'Ae a consulté par courriers :

- *le préfet du département de Seine-et-Marne, en date du 8 juillet au sujet de la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, et a pris en compte sa réponse du 27 août ;*
- *le préfet du département des Hauts-de-Seine, en date du 8 juillet au sujet de la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, et a pris en compte sa réponse du 3 août ;*
- *le préfet du département de Seine-Saint-Denis, en date du 8 juillet au sujet de la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau ;*
- *le préfet du département du Val-de-Marne, en dates du 8 juillet au sujet de la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau et du 13 août au sujet du permis de construire de la gare de Vitry-centre ;*
- *la ministre chargée de la santé, en date du 8 juillet au sujet de la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau et du 13 août au sujet du permis de construire de la gare de Vitry-centre ;*
- *la direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Ile de France, en date du 7 juillet au sujet de la demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, et a pris en compte sa réponse en date du 21 août, et du 13 août au sujet du permis de construire de la gare de Vitry-centre ;*

Sur le rapport de Thérèse Perrin et Philippe Ledenvic, après en avoir délibéré, l'Ae rend l'avis qui suit, dans lequel les recommandations sont portées en gras pour en faciliter la lecture.

Il est rappelé ici que pour tous les projets soumis à étude d'impact, une « autorité environnementale » désignée par la réglementation doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public. Cet avis ne porte pas sur l'opportunité du projet mais sur la qualité de l'étude d'impact présentée par le maître d'ouvrage, et sur la prise en compte de l'environnement par le projet. Il n'est donc ni favorable, ni défavorable au projet. Il vise à permettre d'améliorer la conception du projet, et la participation du public à l'élaboration des décisions qui portent sur ce projet. La décision de l'autorité compétente qui autorise le pétitionnaire ou le maître d'ouvrage à réaliser le projet prend en considération cet avis (cf. article L. 122-1 IV du code de l'environnement).

1 Désignée ci-après par Ae.

Synthèse de l'avis

Le projet de tronçon sud de la ligne rouge, dit "ligne 15 sud" du réseau de transport "Grand Paris Express" (GPE), nouvelle ligne de métro automatique enterré, a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique le 24 décembre 2014.

Le présent dossier est présenté pour l'obtention d'une autorisation pour l'ensemble du tronçon au titre de la "loi sur l'eau" et doit faire l'objet d'une nouvelle enquête publique. Le maître d'ouvrage a décidé d'intégrer le document d'incidence requis dans son étude d'impact actualisée, qui fait l'objet de ce nouvel avis de l'Ae[1]. Elle sera présentée dans le cadre d'un ensemble de procédures administratives pour l'obtention de la plupart des autres autorisations requises (notamment les demandes de permis de construire des gares et des sites de maintenance et une demande de défrichement). L'Ae ayant été saisie, en parallèle, d'une demande d'avis sur le projet de gare de Vitry-centre, son avis porte donc également sur cette demande.

Les principaux enjeux environnementaux du projet concernent les domaines suivants :

- la prise en compte des caractéristiques géotechniques du fuseau retenu ;
- l'eau, par les effets du réseau enterré sur les nappes, et l'exposition au risque d'inondation de certaines gares et de leur urbanisation de proximité, les impacts en phase chantier justifiant un examen particulier ;
- le bruit et les vibrations d'une part en phase chantier et d'autre part en phase exploitation ;
- le traitement des déblais ;
- la préservation des quelques rares espaces naturels et espaces verts subsistant sur ce tracé, en zone fortement urbanisée ;
- la prise en compte des sites classés ou inscrits, notamment pour l'implantation des gares.

Au-delà des impacts directs de l'implantation du métro, deux points apparaissent comme sensibles notamment vis-à-vis de leurs rapports avec les projets de développement de l'Île-de-France :

- les effets induits locaux sur l'urbanisation et les transports à proximité des gares, commune par commune et en liaison avec la territorialisation de l'offre de logements et les documents d'urbanisme locaux ;
- à l'échelle de la région, la contribution du projet à l'impact global du réseau sur l'étalement urbain d'une part, et sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'autre part.

La plupart des volets relatifs à l'eau et au sous-sol ont été significativement complétés. D'autres enjeux ont également fait l'objet de développements complémentaires sans être encore totalement conclusifs (déblais et vibrations, par exemple). Enfin, certains d'entre eux (bruit, air, énergie) requièrent d'être complétés, en particulier dans la perspective des demandes de permis de construire des différents ouvrages de la ligne.

Au regard de l'importante dynamique de développement appelée par le projet, l'appréciation d'ensemble du programme est à la fois incomplète et très qualitative. C'est ce qui conduit l'Ae à recommander que l'étude d'impact :

- décrive de façon plus précise les projets connexes des gares et les autres projets connus déjà présentés dans le dossier, les contrats de développement territorial (CDT) signés et les projets qu'ils prévoient, rappelle leurs caractéristiques et leur calendrier, précise leur liens fonctionnels avec les aménagements de la ligne 15 sud et, en conséquence, les contours du programme de travaux ;

- apprécie sur cette base les effets induits du projet et les impacts de l'ensemble du programme

[1] Actualisation de l'avis Ae n°2013-64 du 10 juillet 2013 sur le tronçon Pont de Sèvres - Noisy Champs (ligne rouge sud) du réseau de transport public Grand Paris Express

sur les principaux enjeux qui le justifient (notamment eau, risques naturels et technologiques sur les Grandes Ardoines ; boisements et biodiversité sur le secteur de la Butte verte), afin d'en tirer les conséquences éventuelles sur les mesures à prévoir, y compris leur suivi.

L'Ae recommande en outre principalement :

- de préciser le processus de mise à jour des données nécessaires pour diagnostiquer et prévenir les risques géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, et d'information du public pour les enjeux qui les concernent (réseaux, infrastructures, bâti, carrières) et de poursuivre les investigations pour affiner l'évaluation et la gestion du risque lié à la dissolution du gypse ;
- de réaliser, pour chacun des ouvrages, une analyse spécifique approfondie des trois hypothèses de rejet (injection en nappe, rejet en Seine, réseau d'assainissement) des eaux d'épuisement et des eaux pluviales, notamment afin de démontrer la compatibilité des options retenues avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux du bassin Seine-Normandie, et de compléter l'étude d'impact par une analyse des risques de débordement du réseau d'assainissement ;
- de compléter le volet "inondation" de l'étude d'impact, notamment de démontrer la compatibilité avec les plans de prévention des risques inondation des projets connexes des gares, de s'assurer pour tous les sites de la fonctionnalité des sites de décaissement pour la compensation volumique pour différents niveaux de crue et de préciser les mesures éventuelles en cas de survenance d'une crue pendant le chantier ;
- de compléter la présentation de l'analyse des variantes de la gare de Noisy-Champs en rappelant les projets urbains prévus dans le CDT Cœur Descartes sur le secteur de la Butte verte, ainsi que les effets cumulés des deux projets notamment sur le plan paysager, de préciser l'ampleur des défrichements prévus, de présenter rapidement les mesures compensatoires à mettre en œuvre et les actions nécessaires pour la remise en état du site après travaux ;
- de finaliser et mettre à disposition du public les plans de gestion des sites les plus pollués, ainsi que des milieux faisant l'objet de projets de restauration à titre de mesures compensatoires ;
- de préciser, pour les demandes de permis de construire de tous les sites, les niveaux de bruit atteints en phase de chantier et en phase exploitation, tout particulièrement pour les sites de maintenance, ainsi que les mesures éventuellement nécessaires d'évitement et de réduction de bruit, des consommations d'énergie et de l'exposition à la pollution atmosphérique, tenant compte du cumul des projets.

L'Ae reprend également sa recommandation d'indiquer dans l'étude d'impact les filières et exutoires de ses différents types de déblais, les modalités de travail en commun avec les gestionnaires et exploitants des réseaux de transport ferroviaire et fluvial, et les modalités de tri ainsi que les éventuels sites temporaires de stockage si nécessaires.

Elle recommande de mettre en place dès le début du chantier un dispositif de suivi de l'ensemble des impacts environnementaux du projet, des mesures d'évitement, réduction ou de compensation de ces impacts et de leurs effets, pour l'ensemble du linéaire du projet, décliné pour chacun de ses sites, et de préciser les mesures de correction qui pourraient être engagées en fonction des résultats de ce suivi.

L'Ae fait par ailleurs d'autres recommandations plus ponctuelles, précisées dans l'avis détaillé ci-joint.

Avis détaillé

1 Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

1.1 Contexte et brève présentation du projet

Le projet soumis à l'avis de l'Ae par la société du grand Paris (SGP), maître d'ouvrage, porte sur un tronçon de la ligne 15 "rouge", ligne nouvelle de métro automatique enterré, sur une longueur de 33 km entre le Pont de Sèvres (92) et Noisy-Champs (93), contournant la ville de Paris par le sud. Ce tronçon, dit "ligne 15 sud", constitue le premier du réseau de transport "Grand Paris Express" (GPE), comportant quatre lignes (dites lignes « rouge », "verte", "bleue" et "orange") pour une longueur totale de 205 km. Il a fait l'objet d'une déclaration d'utilité publique le 24 décembre 2014[3].



Figure 1 : Ligne 15 sud - (carte reprise du résumé non technique de la demande de DUP)

Le projet représente ainsi 33 km de lignes souterraines nouvelles, 16 gares dont 11 en relation avec le réseau lourd[4] de transport en commun, un site de maintenance des infrastructures (SMI) à Vitry-sur-Seine, un site de maintenance et de remisage des trains (SMR) et un poste de commandement centralisé (PCC) à Champigny-sur-Marne, ainsi que deux plates-formes fluviales d'évacuation des déblais sur l'île-de-Monsieur à l'extrémité ouest du tronçon et sur le site des Ardoines au centre.

[1] http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029963968.
Pour une présentation plus complète du projet et de son contexte, voir avis Ae n°2013-64.
[4] Le terme "réseau lourd" fait ici référence aux lignes existantes de métro, de RER et aux principales lignes de bus de la région.

La déclaration d'utilité publique ne comporte, à l'exception du décalage vers l'est de la gare de Noisy-Champs, que des modifications mineures par rapport au dossier soumis à l'Ae[5], puis à l'enquête publique : quelques ajustements de tracé du tunnel (notamment des boucles d'accès aux sites de maintenance), quelques ajustements concernant les gares - les variantes proposées ayant été néanmoins validées dans le cadre de la procédure de DUP ; deux ouvrages annexes[6] ont pu être supprimés en optimisant les distances les séparant.

1.2 Procédures relatives au projet

La déclaration d'utilité publique du projet a emporté mise en compatibilité des plans locaux d'urbanisme (PLU) des 22 communes concernées.

Le présent dossier est présenté pour l'obtention d'une autorisation pour l'ensemble du tracé au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement (procédure dite de la "loi sur l'eau") et doit faire l'objet d'une enquête publique.

En application de l'article R.122-2 du code de l'environnement, et notamment de la rubrique 8° "transports guidés de personnes"[7], la réalisation d'une étude d'impact est nécessaire. S'appuyant sur les dispositions de l'article R. 122-8 du code de l'environnement[8], le maître d'ouvrage a décidé d'actualiser son étude d'impact initiale et précise ainsi que l'étude d'impact actualisée faisant l'objet de cet avis, également actualisé, de l'Ae, sera présentée lors de l'enquête publique « loi sur l'eau » et dans le cadre d'un ensemble de procédures administratives pour l'obtention de la plupart des autres autorisations requises (notamment : demandes de permis de construire des gares et des sites de maintenance ; demande de défrichement pour les ouvrages situés en zones boisées au titre du code forestier[9]).

L'Ae a été saisie, en parallèle, d'une demande d'avis sur le projet de gare de Vitry-centre. La gare étant un des aménagements couverts par la même étude d'impact, cet avis porte donc également sur cette demande[10].

Par ailleurs, le site de maintenance et de remisage des trains (SMR) prévu au niveau de la commune de Champigny est soumis, en application des dispositions liées à la réglementation des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)[11], à une procédure d'autorisation d'exploiter. Le maître d'ouvrage prévoit d'engager la procédure correspondante ultérieurement. Par suite, et en application des dispositions de l'article L. 214-1 du code de l'environnement, cet ouvrage n'est pas inclus dans le périmètre du dossier "loi sur l'eau". Le contour de l'étude d'impact actualisée établie conformément à l'article R. 122-5-II du code de l'environnement n'est toutefois pas limité à celui du document d'incidence "loi sur l'eau", et l'existence d'une procédure ICPE ultérieure ne dispense pas le maître d'ouvrage d'étudier avec un degré de détail proportionné, l'intégralité des effets du projet dont le SMR fait partie. Cette considération a globalement été prise en compte par le maître d'ouvrage.

Compte tenu des impacts résiduels prévus, le projet devra faire l'objet d'une demande de dérogation à la réglementation relative aux espèces protégées[12].

[3] Avis Ae n°2013-64 du 10 juillet 2013 sur le tronçon Pont de Sèvres – Noisy Champs (ligne rouge sud) du réseau de transport public Grand Paris Express
[5] Permettant l'accès des services de secours, la ventilation de l'ensemble des ouvrages souterrains, la récupération et l'évacuation des eaux d'infiltration ainsi que l'alimentation en électricité de la ligne et des équipements du tunnel et des gares.
[6] Les rubriques 7° « Ouvrages d'art », et 36° « Travaux ou constructions soumis à permis de construire, sur le territoire d'une commune dotée, à la date du dépôt de la demande, d'un PLU ou d'un document d'urbanisme en tenant lieu ou d'une carte communale n'ayant pas fait l'objet d'une évaluation environnementale » sont également susceptibles d'être mobilisées selon les ouvrages.
[8] Code de l'environnement, article R.122-8 du 2ème alinéa : « quand un pétitionnaire dépose, pour un même projet, plusieurs demandes d'autorisation échelonnées dans le temps et nécessitant chacune la réalisation préalable d'une étude d'impact en application d'une ou plusieurs rubriques du tableau annexé à l'article R.122-2, l'étude d'impact est, si nécessaire, actualisée et accompagnée du ou des avis précédemment délivrés par l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement. Ce ou ces avis sont alors actualisés au regard des évolutions de l'étude d'impact ».
[9] Code forestier, articles L. 341-1 à L. 342-1 et R. 341-1 à R. 341-7.
[10] En application de l'article R.122-7 : « *l'autorité compétente en matière d'environnement] se prononce par un avis unique lorsqu'elle est saisie simultanément de plusieurs projets concourant à la réalisation d'un même programme de travaux* ».
[11] Code de l'environnement, articles L. 511-1 et suivants.
[12] Code de l'environnement, articles L. 411-1 à L. 411-6.

1.3 Principaux enjeux environnementaux relevés par l'Ae

Dans son avis Ae n°2013-64, l'Ae avait considéré que les enjeux du projet devaient s'apprécier :

- d'une part au regard des impacts locaux prévisibles du projet, en fonction de sa consistance précise et de la sensibilité des espaces concernés,
- d'autre part, au regard des objectifs du programme "Grand Paris Express" (version "nouveau grand Paris"[13]), et de la contribution du projet à l'atteinte de ces objectifs, notamment une meilleure desserte incitant au report modal et une meilleure répartition de l'urbanisation.

Ainsi, les principaux enjeux environnementaux du projet concernaient les domaines suivants :

- la prise en compte des caractéristiques géotechniques du fuseau retenu ;
- l'eau, par les effets du réseau enterré sur les nappes, et l'exposition au risque d'inondation de certaines gares et de leur urbanisation de proximité, les impacts en phase chantier justifiant un examen particulier ;
- le bruit et les vibrations d'une part en phase chantier et d'autre part en phase exploitation ;
- le traitement des déblais ;
- la préservation des quelques rares espaces naturels et espaces verts subsistant sur ce tracé, en zone fortement urbanisée ;
- la prise en compte des sites classés ou inscrits, notamment pour l'implantation des gares.

Au-delà de ces impacts directs de l'implantation du métro, deux points apparaissaient comme sensibles notamment vis-à-vis de leurs rapports avec le projet de SDRIF[14] 2013 en cours d'élaboration à l'époque :

- les effets induits locaux sur l'urbanisation et les transports à proximité des gares, commune par commune et en liaison avec la territorialisation de l'offre de logements et les documents d'urbanisme locaux ;
- à l'échelle de la région, la contribution du projet à l'impact global du réseau sur l'étalement urbain d'une part, et sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'autre part.

L'analyse de l'étude d'impact actualisée conduit l'Ae à confirmer cette première appréciation des enjeux du projet.

2 Analyse de l'étude d'impact

Outre les procédures pour lesquelles elle est obligatoire, l'étude d'impact actualisée est conçue par le maître d'ouvrage pour constituer le cadre de cohérence commun à l'ensemble des procédures auxquelles est soumis le projet.

Le maître d'ouvrage a ainsi fait le choix de ne pas dissocier le document d'incidence prévu par la procédure "loi sur l'eau" et l'étude d'impact actualisée, mais de présenter l'intégralité des éléments au sein de cette dernière. Ce choix conforme aux dispositions réglementaires[15], est pertinent en ce qu'il permet une évaluation d'ensemble des différentes questions environnementales et de leurs interactions. Il est clairement exposé dans le dossier "loi sur l'eau" (pièce A), comme dans l'étude d'impact (pièce B1) qui présentent un tableau très précis de « *correspondance entre les exigences d'une notice d'incidences*[16] *Loi sur l'Eau et le contenu de*

[13] A la suite de travaux récents sur le coût et les modalités de réalisation du GPE[1], le premier ministre a présenté le 6 mars 2013 une série d'orientations et de décisions sous l'appellation « le nouveau grand Paris ». Le dossier de presse et les cartes relatives au « nouveau grand Paris » sont téléchargeables sur le site http://www.gouvernement.fr/presse/le-nouveau-grand-paris

[14] Schéma directeur de la région Île-de-France.

[15] Article R.122-5 du code de l'environnement « Pour les travaux, ouvrages ou aménagements soumis à autorisation en application du titre Ier du livre II, l'étude d'impact vaut document d'incidences si elle contient les éléments exigés pour ce document par l'article R. 214-6. »

[16] L'Ae attire l'attention du maître d'ouvrage sur le fait que le code de l'environnement ne retient que le seul terme de

l'étude d'impact de la Ligne 15 Sud (rouge) ».

Par conséquent, le présent avis de l'Ae reprend ce mode de présentation, sous forme d'une actualisation de l'avis n°2013-64, tout en vérifiant que les éléments présentés dans l'étude d'impact pour traiter des enjeux de l'eau et des milieux aquatiques sont bien au niveau de précision requis pour l'instruction d'un dossier "loi sur l'eau".

L'étude d'impact initiale a été intégralement reprise, tant sur le fond que sur la forme, selon le format désormais retenu par la SGP pour tous ses projets. Ainsi, sa structure a été profondément simplifiée, le dossier ne comportant plus que quatre pièces (résumé non technique, état initial, description du projet, la quatrième pièce regroupant tous les autres volets requis) ainsi qu'une compilation d'annexes détaillant, pour la plupart, certains enjeux liés à l'eau et au bruit au voisinage des ouvrages annexes. L'Ae estime que ceci donne à l'ensemble une grande clarté et une accessibilité optimisée pour le public : cette approche répond donc pleinement à l'une des recommandations de l'avis Ae n°2013-64.

En corollaire néanmoins, cette restructuration profonde ne permet pas d'identifier simplement les éventuelles modifications apportées au projet, par la DUP d'une part, puis par la poursuite de la démarche environnementale s'appuyant sur les nombreuses études complémentaires diligentées depuis. Les rapporteurs de l'Ae ont été informés par le maître d'ouvrage qu'il avait prévu d'élaborer à cette fin une plaquette pour l'enquête publique correspondante.

2.1 Appréciation globale des impacts du programme – le cas particulier des gares

Dans son premier avis, l'Ae avait relevé que les aménagements réalisés au niveau des gares, en particulier en surface, qui ne relèvent pas des attributions de la SGP, n'étaient pas intégrés dans l'étude d'impact initiale.

Elle avait alors considéré que :

- l'évaluation environnementale future des aménagements urbains correspondants (les quartiers des gares) devait être menée à l'occasion des modifications des documents d'urbanisme, le cas échéant des dossiers de créations de ZAC, ou des demandes de permis de construire ;

- ces projets devraient être considérés, le moment venu, comme des éléments fonctionnellement liés dans un même programme au tronçon Pont de Sèvres – Noisy Champs et qu'une appréciation globale des impacts du programme dans lequel elles s'insèrent devait alors être fournie ;

- l'extension ou les modifications de l'urbanisation à proximité des gares constituent néanmoins des impacts induits du présent projet, à traiter dans la présente étude d'impact avec le degré de détail nécessaire.

Enfin, la loi relative au Grand Paris dans son article 1 dispose : « *ce réseau (celui du Grand Paris) s'articule autour de contrats de développement territorial définis et réalisés conjointement par l'État, les communes et leurs groupements. Ces contrats participent à l'objectif de construire chaque année 70 000 logements géographiquement et socialement adaptés en Île-de-France et contribuent à la maîtrise de l'étalement urbain* ». Chaque contrat de développement territorial (CDT) a fait l'objet d'une évaluation environnementale qui lui est propre[17]. Celle-ci doit notamment prendre en compte les enjeux relatifs au réseau de transport du Grand Paris et à l'implantation des futures gares à l'échelle de chaque CDT (voir Figure 2 page suivante).

Dans son étude d'impact actualisée, le maître d'ouvrage distingue plusieurs types d'aménagements :

- les surfaces commerciales des gares, généralement de faible ampleur, à l'exception de la gare de Villejuif - Institut Gustave Roussy (IGR) intégrée dans un projet urbain plus ambitieux ;

« document d'incidences ».

[17] Sur le tronçon du projet, 5 CDT ont été signés depuis l'étude d'impact initiale :
"Grand Paris - Seine Ouest (GPSO) - Innovation numérique" (Boulogne-Billancourt, Issy-les-Moulineaux, Sèvres) ;
"Campus Sciences et Santé" (Bagneux, Arcueil-Cachan, Villejuif) ;
"Grandes Ardoines" (Vitry-sur-Seine, Alfortville) ;
"Boucles de la Marne" (Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne, Champigny-sur-Marne) ;
"Coeur Descartes" (Noisy-le-Grand, Champs-sur-Marne).

- des projets connexes aux gares de la ligne 15 sud, portés par des maîtres d'ouvrage différents, en surplomb ou mitoyens des gares ;
- d'autres projets urbains (et notamment des projets de zones d'activité concertée (ZAC)), au titre des « *autres projets connus* »[18].

Pour ce qui concerne les CDT, seuls leurs objectifs généraux sont rappelés. La description de leurs projets et celle de leur articulation avec la ligne 15 sud font défaut, alors que leur contenu est désormais connu, ce qui ne permet pas de disposer d'une appréciation des impacts de l'ensemble du programme à la hauteur des enjeux.

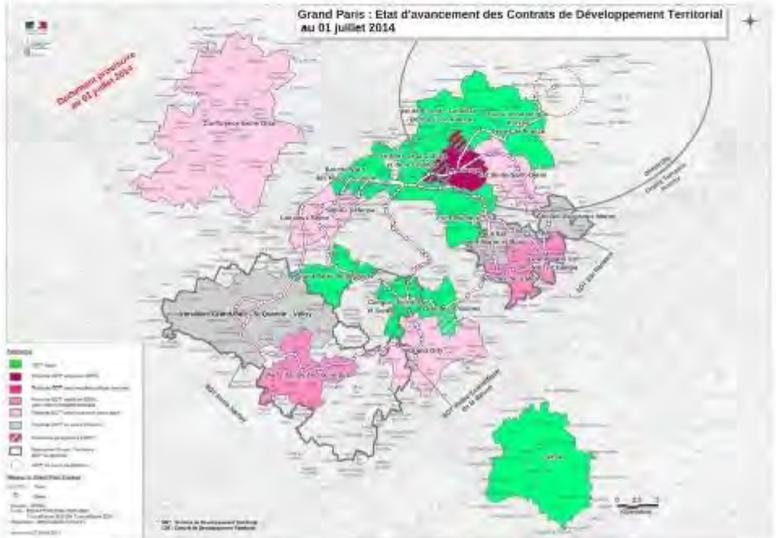


Figure 2 : Carte des CDT (source : site Internet de la DRIEA http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Etat_avancement_CDT_GPE_01juillets2014_cle5572d3.pdf))

Ainsi :

- sur le territoire de la communauté d'agglomération Grand Paris Seine Ouest (GPSO) : l'étude d'impact rappelle l'existence des ZAC Seguin - Rives de Seine (sur Boulogne-Billancourt) et Léon Blum (sur Issy-les-Moulineaux), ainsi que la restructuration de l'échangeur de la manufacture de Sèvres et l'écoquartier de la gare de Clamart ;
- sur le territoire de "Campus Sciences et Santé", plusieurs ZAC sont évoquées, la plus importante étant la ZAC Campus Grand Parc[19] au centre de laquelle sera créée la gare de Villejuif - IGR ;
- sur le territoire des Grandes Ardoines : le CDT comportait de très nombreux projets ; le dossier signale rapidement la ZAC des Grandes Ardoines, en indiquant néanmoins que « *la conception urbaine est en cours* ». La conception et la réalisation de plusieurs projets sont étroitement dépendantes de l'avenir du dépôt pétrolier de la société DELEK[20]. Pour ce qui la

[18] Voir le 4° de l'article R.122-5 II du code de l'environnement.
[19] ZAC créée officiellement le 26 septembre 2011 qui prévoit un pôle d'activités scientifiques et tertiaires (350 000 à 450 000 m² de surface de plancher (sdp)), un pôle d'enseignement et de formation aux métiers de la santé (30 000 à 60 000 m² de sdp), des équipements, commerces et services (20 000 à 40 000 m² de sdp) et des logements diversifiés (200 000 à 250 000 m² de sdp).
[20] Cet établissement fait l'objet d'un plan de prévention des risques technologiques approuvé le 30 mars 2015, qui définit

concerne, la SGP a conçu le projet de gare pour qu'elle soit compatible avec le plan de prévention des risques technologiques du dépôt. C'est l'une des sections de la ligne la plus concernée par les risques d'inondation et les autres enjeux liés à l'eau. Si, comme le prévoit le CDT, le dépôt pétrolier avait vocation à être fermé, l'étude d'impact devrait évoquer les effets cumulés entre la gare et la ZAC, ainsi que les effets induits par la gare en terme de développement de l'urbanisation sur le secteur.

- peu de projets concernent le secteur des boucles de la Marne, à l'exception d'un projet porté par la SNCF de nouvelle gare RER - Transilien en correspondance avec la gare du Grand Paris[21].
- sur le secteur du CDT du Cœur Descartes, le maître d'ouvrage a signalé aux rapporteurs le décalage vers l'ouest du projet de réaménagement du boulevard du ru de Nesles. Par contre, alors que le dossier fournit des inventaires naturalistes précis et propose des mesures s'appliquant sur la zone de la Butte verte sur le territoire de Noisy-Champs, l'absence d'analyse de l'articulation du projet avec ce CDT ne permet pas d'avoir une vision d'ensemble sur le sort qui sera réservé aux forêts et milieux naturels de ce secteur. Le dossier indique qu'au nord et au sud de la gare, le long du boulevard du ru de Nesle est prévu (dans le cadre des travaux de l'infrastructure) un défrichement de parcelles boisées afin d'implanter la zone de chantier ainsi que la création de puits de tunnelier : « *Ces parcelles, situées sur les communes de Noisy-le-Grand et Champs-sur-Marne, sont prévues en zones à urbaniser aux documents d'urbanisme des deux communes* ».

De façon générale, l'appréciation des impacts de l'ensemble du programme qui s'ensuit est à la fois incomplète et uniquement qualitative. Une analyse plus approfondie de l'articulation entre le projet et les autres projets urbains, notamment des CDT, aurait permis d'identifier de façon mieux ciblée et plus pertinente les enjeux, voire les mesures, à prendre en compte dans une telle appréciation (par exemple, les enjeux liés à l'eau et aux risques technologiques pour les Grandes Ardoines, les enjeux forestiers et liés aux milieux naturels pour le secteur de l'avant-gare et la gare de Noisy-Champs).

Par conséquent, l'analyse correspondante et l'appréciation des impacts de l'ensemble du programme ne sont pas d'un niveau de détail suffisant, à l'appui des demandes de permis de construire des gares et sites de maintenance concernées.

L'Ae recommande, en cohérence avec son avis Ae n°2013-64, que l'étude d'impact :

- ***décrive de façon plus précise les projets connexes des gares et les autres projets connus déjà présentés dans le dossier, les CDT signés et les projets qu'ils prévoient, rappelle leurs caractéristiques et leur calendrier, précise leurs liens fonctionnels avec les aménagements de la ligne 15 sud et, en conséquence, les contours du programme de travaux ;***
- ***apprécie sur cette base les effets induits du projet et les impacts de l'ensemble du programme sur les principaux enjeux qui le justifient (notamment eau, risques naturels et technologiques sur les Grandes Ardoines ; boisements et biodiversité sur le secteur de la Butte verte), afin d'en tirer les conséquences éventuelles sur les mesures à prévoir.***

2.2 Analyse de la recherche de variantes et du choix du parti retenu

Le dossier ne reprend pas l'analyse générale des variantes, celle-ci ayant conduit aux options définies dans la déclaration d'utilité publique. Elle analyse néanmoins quelques variantes à une échelle plus fine. C'est notamment le cas de la gare de Pont-de-Sèvres, qui modifie le tracé de la passerelle piétonne au-dessus de la voirie pour limiter l'emprise de la gare dans le lit majeur de la Seine. C'est également le cas de la gare de Vitry-Centre dont les méthodes constructives, la zone d'implantation de la boîte souterraine et l'accès des usagers ont été adaptés, sous et dans la continuité avec le parc du Coteau voisin, pour réduire l'emprise des travaux en surface, éloigner la boîte souterraine des constructions existantes et, surtout, pour préserver l'intégrité du parc en phase exploitation.

La gare de Saint-Maur Créteil connaît une modification plus importante, les sondages géotechniques conduisant à privilégier la réalisation d'une gare profonde (-51,6 mètres par rapport au terrain naturel). Pour assurer l'interconnexion entre les lignes 15 sud et 15 est en gare

des zones *non aedificandi* ou des prescriptions à respecter par toute nouvelle construction.
Selon ce qui a été indiqué aux rapporteurs, la concertation sur ce projet reste à réaliser.

de Champigny-Centre, le projet propose le scénario de juxtaposition des voies, qui nécessite la réalisation de deux ouvrages spécifiques d'entonnement. Les raisons de ces choix, notamment environnementales, sont correctement exposées.

Pour ce qui concerne la gare de Noisy-Champs, la ligne rouge étant orthogonale à la ligne du RER A, le dossier propose de décaler la gare vers l'est, pour réduire les perturbations à la fois vis-à-vis du boulevard du ru de Nesle et pour les riverains. Cette analyse omet de rappeler que ce décalage a pour principal effet environnemental de nécessiter le défrichement du boisement de Noisy-Champs à proximité immédiate de la Butte verte[22] : la mention du volet paysager qui précise qu'« *après les travaux de l'infrastructure seuls deux ouvrages annexes correspondant au puits d'accès seront conservés, le sol des emprises occupées sera reconstitué* » ne prend pas en compte les impacts cumulés avec le CDT Cœur Descartes.

L'Ae recommande de compléter la présentation de l'analyse des variantes de la gare de Noisy-Champs en rappelant les projets urbains prévus dans le CDT Coeur Descartes sur le secteur de la Butte verte, ainsi que les effets cumulés des deux projets et le processus et les raisons qui ont finalement conduit à privilégier cette variante.

Le choix d'implantation du SMI de Vitry-sur-Seine fait l'objet d'une analyse plus développée, qui n'appelle pas de commentaire de l'Ae. Elle conduit à retenir une emprise pour laquelle les enjeux environnementaux défavorables sont correctement présentés et traités dans le reste de l'étude d'impact. L'analyse de trois scénarios de raccordement au SMR de Champigny conduit le maître d'ouvrage à privilégier un raccordement en souterrain, ce qui n'appelle pas non plus de remarque de l'Ae.

2.3 Analyse par thèmes de l'état initial, des impacts du projet et des mesures pour les éviter, les réduire ou les compenser

2.3.1 Enjeux liés au sous-sol et aux nappes

Les enjeux géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, avec la présence d'anciennes carrières, de nappes et d'écoulements souterrains, des risques de dissolution du gypse et de retrait / gonflement des argiles, et les interactions avec les réseaux et le bâti existant imposent des exigences techniques majeures pour la définition du projet.

2.3.1.1 Caractéristiques, sensibilités et vulnérabilité du sous-sol et des nappes

L'étude d'impact initiale a été complétée par un doublement des investigations, qui ont permis d'établir le modèle géologique du projet (coupe au droit des sondages, « *coupe linéaire par corrélation*[23] *entre ces points de sondage* »), un modèle hydrogéologique (présence et niveau des nappes en présence, perméabilités) et de caractériser les couches rencontrées. Leur but est de localiser et caractériser des zones dites "homogènes" et d'identifier des zones singulières qui feront l'objet de reconnaissances spécifiques pour mettre en place les méthodes constructives et les confortements adaptés, ou pour préciser la destination des déblais en fonction de leur qualité.

Ainsi, la présence d'anciennes carrières à ciel ouvert (remblayées par du tout venant de qualité médiocre) et de carrières souterraines (qui peuvent laisser craindre des effondrements de voûte) constitue un facteur de fragilité. L'aléa est qualifié de modéré à fort, avec un risque pour le bâti du fait de la vulnérabilité de l'ensemble du secteur en zone urbaine dense. Le secteur du plateau d'Issy à Cachan est le plus concerné. Des investigations complémentaires sont prévues en phase projet pour lever les derniers doutes concernant l'existence ou la localisation de ces anciennes carrières.

[22] Même si le schéma directeur de la région d'Île-de-France (SDRIF) intègre le tracé de la ligne dans son principe, la question de la compatibilité du projet avec le SDRIF à une échelle plus fine, notamment vis-à-vis des espaces boisés et des continuités écologiques, n'est pas développée dans le dossier, alors que la protection des lisières des espaces boisés est une de ses orientations réglementaires. En particulier, la carte de destination du SDRIF n'est ni reprise à l'échelle de chaque ouvrage, ni discutée.

[23] L'Ae suppose qu'il s'agit d'une coupe reconstituée par interpolation linéaire entre les points de sondage.

Des cartes piézométriques[24] par horizon aquifère, représentant les différents niveau d'eau rencontrés, ont été dressées à partir des données disponibles, complétées par des sondages supplémentaires depuis 2012-2013.

La présence de gypse, roche sensible à des venues d'eau non saturées en sulfate de calcium[25], dont la dissolution peut entraîner une dégradation des caractéristiques mécaniques d'un horizon géologique voire la création de cavités souterraines, constitue un enjeu qualifié de modéré sur les secteurs du plateau d'Issy à Cachan, du plateau de Villejuif, et de la plaine de Vitry.

Malgré l'aléa qui peut être fort sur certains secteurs de l'aire d'étude, la sensibilité au retrait / gonflement des argiles en surface est considérée comme faible sur la totalité du secteur d'étude au regard du type de construction qui sera réalisée. Un niveau d'enjeu modéré est relevé sur les secteurs du plateau d'Issy à Cachan et de la plaine de Vitry pour ce même phénomène en profondeur.

2.3.1.2 Risques associés aux enjeux

Depuis la DUP, des inventaires ont été menés concernant :

- les usages des eaux souterraines, sur la base essentiellement des usages déclarés à l'agence de l'eau Seine-Normandie ou aux services en charge de l'instruction de dossiers "loi sur l'eau", ce qui n'exclut pas l'existence d'usages non déclarés ;
- l'occupation du sous-sol par les réseaux : tous les réseaux existants ne sont pas recensés et des analyses de détail au niveau de la desserte locale de chaque bâtiment sont prévues en phase projet ;
- l'occupation du sous-sol par les infrastructures enterrées (tunnels routiers et ferroviaires) ;
- le recensement de 3 000 bâtiments sur la zone d'influence géotechnique, et l'établissement d'une typologie basée sur la hauteur des bâtiments et la présence éventuelle de parkings aériens, qui permet « *de supputer leur profondeur, et de déterminer les zones plus ou moins fortement occupées par la présence de fondations* » ;
- la sensibilité et la vulnérabilité aux déformations, vibrations et travaux souterrains de ces 3 000 bâtiments ; une dizaine de fiches sont présentées pour illustrer la diversité des situations.

Les principaux prélèvements d'eau sont destinés à un usage industriel ou géothermique. L'étude signale également l'existence de pompages de rabattement de nappe pour des travaux en cours.

Des risques forts liés à l'occupation du sous-sol sont identifiés principalement sur un secteur entre Vitry centre à Champigny centre ; ils sont qualifiés de modérés sur le secteur entre l'Île-de-Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER.

Concernant les risques liés aux effets "barrage" et rabattements de nappe détaillés plus avant, les secteurs du plateau d'Issy à Cachan et du plateau de Villejuif sont classés en sensibilité modérée, les secteurs de la boutonnière[26] de Boulogne (secteur Île-de-Monsieur – pont de Sèvres) et de la plaine de Vitry étant identifiés en sensibilité forte. Un risque fort de communication entre les nappes est également à gérer sur l'intégralité du parcours à l'exception de la boutonnière de Boulogne.

2.3.1.3 Impacts des travaux sur la stabilité du sous-sol, le bâti, les ouvrages et les réseaux

La géologie et la présence de structures enterrées ont constitué des contraintes déterminantes dès le choix du tracé du tunnel, même si la profondeur limite le risque d'interception des réseaux. A ce stade, les enjeux et les vulnérabilités principaux sont connus, les mesures à mettre en œuvre au

[24] La piézométrie représente la mesure de la profondeur de la surface (ou toit) d'une nappe d'eau souterraine.

[25] Roche composée de sulfate de calcium hydraté. Dans les conditions naturelles, les nappes aquifères qui s'écoulent relativement lentement au contact des horizons gypseux, se chargent progressivement en sulfate de calcium et sont donc peu agressives. Cependant, des arrivées d'eau insaturées (infiltration d'eau de pluie, mise en communication de nappe de qualité chimique différente, réinjection en nappe d'eau non saturée en sulfate de calcium) ou des pompages dans les nappes (induisant des modifications des écoulements et des réalimentations) sont susceptibles de modifier l'équilibre géochimique et réactiver les mécanismes de dissolution. (source : dossier).

[26] Dépression résultant de l'évidement par l'érosion de la partie axiale d'un bombement anticlinal (Source : Larousse).

cas par cas et les enjeux plus locaux seront précisés sur la base d'une actualisation permanente de la connaissance des réseaux.

De manière générale, l'emploi du tunnelier avec parois posées à l'avancement, et la réalisation des ouvrages en parois moulées, qui assurent le soutènement des terres autour de la fouille, limitent le risque de mouvement du sous-sol. Lorsque des zones de carrières ne pourront être évitées par le tunnelier, des techniques constructives dédiées seront mises en œuvre pour réduire l'impact des travaux : adaptation du profil en long pour maintenir une épaisseur de terrain suffisante au-dessus de la voûte du tunnel, le cas échéant traitements adaptés par soutènement, remblaiement, ou injections de béton maigre, mortier, ou coulis de ciment. Le dossier présente un état détaillé des caractéristiques par sous-secteur et des investigations restant à entreprendre pour la réduction des incertitudes. En dépit des nombreux compléments apportés à l'étude d'impact initiale, le dossier ne permet pas encore de connaître le détail des mesures à prendre.

L'Ae recommande de préciser le processus de mise à jour des données nécessaires pour diagnostiquer et prévenir les risques géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, et d'information du public pour les enjeux qui les concernent (réseaux, infrastructures, bâti, carrières), y compris en termes de mesures techniques d'évitement et de réduction des impacts, et des mesures de compensation éventuelles.

Des techniques similaires d'injection sont prévues en présence avérée de gypse décompressé ou altéré (reconnaissance à l'avancement du front du tunnelier). Toutefois, la principale mesure d'évitement consiste à limiter les modifications d'écoulement des nappes. Le creusement au tunnelier avec chambre de confinement ne constitue pas par lui-même un facteur de risque dans la mesure où il ne nécessite pas de rabattement de la nappe (voir plus loin).

2.3.1.4 Effet barrage

Lorsqu'un ouvrage souterrain étanche intercepte tout ou partie d'un aquifère, des modifications des niveaux de la nappe sont possibles, d'importance variable selon l'orientation de l'ouvrage par rapport au sens d'écoulement, la pente du toit de la nappe, et le niveau d'occultation en fonction de la pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère. Les effets attendus sont générateurs de risque principalement lorsque les modifications piézométriques sont susceptibles d'affecter des couches de gypse ou de remblais de mauvaise qualité, ou de provoquer des inondations de carrières ou des impacts directs sur des éléments du bâti en sous-sol. Un niveau de risque fort est attendu pour la gare de Noisy-Champs (effet potentiellement fort sur nappe peu profonde, présence de tours de grande hauteur pouvant présenter des niveaux de sous-sol). Sur les sites de cinq gares (Villejuif IGR, Villejuif Louis Aragon, Vitry-Centre et Brie-Villiers-Champagny), l'installation de piézomètres complémentaires est prévue. Un modèle local sera établi pour Noisy-Champs, pour quantifier plus précisément l'effet barrage, et envisager la mise en place de systèmes de régulation destinés à restituer, « *autant que possible* », une transparence hydraulique dans les écoulements souterrains.

Des mesures de suivi sont prévues autour de chaque gare pour vérifier si l'effet barrage mesuré est conforme aux prévisions, mais les mesures à prendre en cas de non-conformité ne sont pas précisées.

L'Ae recommande :

- ***de préciser les suites qui pourraient être données à des résultats piézométriques non-conformes vis-à-vis de l'effet barrage attendu du fait des ouvrages souterrains ;***
- ***de présenter les résultats de la modélisation annoncée pour quantifier l'effet barrage au niveau de la gare de Noisy-Champs, ainsi que les dispositions prévues pour assurer la transparence hydraulique de l'aménagement.***

2.3.1.5 Impact des rabattements de nappes

En phase d'exploitation, les ouvrages sont prévus pour être étanches à l'eau souterraine. Des pompages ne seront nécessaires que pour le recueil des eaux d'infiltration, dont les débits seront très faibles. En phase travaux, comme l'avancement du tunnelier ne nécessite pas de rabattement de nappe et que les ouvrages annexes ne sont pas à l'origine de débits d'épuisement significatifs, l'enjeu concerne essentiellement la réalisation des gares, qui nécessite l'assèchement des fonds de

fouille le temps de la réalisation des terrassements[27]. Des mesures constructives qui contribuent à réduire le débit d'épuisement[28] (prolongement des parois vers des horizons peu perméables, jupe ou bouchon d'injection) sont présentées pour chaque ouvrage.

Des modélisations hydrogéologiques ont été réalisées pour évaluer aussi précisément que possible les débits d'épuisement et leurs effets piézométriques sur deux secteurs où l'expertise du maître d'œuvre avait prévu des besoins d'épuisement significatifs : la boutonnière de Boulogne (Pont-de-Sèvres 85 m³/h ; Issy-RER 45 m³/h), et la plaine de Vitry (jusqu'à 300 m³/h sur plusieurs sites).

Les modèles ont intégré les effets cumulés d'une part de tous les pompages nécessaires pour la réalisation des gares, d'autre part de pompages/injections existants ou en projet. Ils permettent également de calculer les tassements des sols induits et d'analyser les mouvements de la nappe. En dépit des dispositions constructives qui seront mises en place, les débits d'épuisement prévisibles restent conséquents pour plusieurs gares (notamment de la plaine de Vitry) selon les cinq scénarios envisagés[29], mais les conséquences en termes de rabattement sont très variables selon les secteurs.

En dépit du soin apporté à ce volet, la présentation peut prêter à confusion et les explications fournies ne permettent pas de comprendre pourquoi les débits d'épuisement de pointe[30] présentés dans plusieurs fiches et tableaux ne sont pas utilisés par le modèle[31]. Une note complémentaire fournie aux rapporteurs permet de mieux comprendre le calcul des débits par le modèle, ainsi que la relation entre le débit attendu et le stade d'avancement d'un forage, qui varie selon le rabattement occasionné par les pompages des autres ouvrages.

L'Ae recommande de reprendre de manière plus didactique la présentation des scénarios et la justification des débits d'épuisement issus de la modélisation des rabattements de nappe durant les phases de chantier.

Les principaux effets des rabattements concernent la plaine de Vitry. L'abaissement prévu dans la nappe des calcaires grossiers est, selon les scénarios, de 5 à 15 m à proximité immédiate des gares, et un abaissement supérieur à 1 m est constaté sur une surface variable entre 8 et 40 km². Ces effets sont néanmoins évalués d'impact mineur sur les prélèvements existants (le cas échéant, une régénération des forages permettant de retrouver une qualité de pompage équivalente pourra s'avérer nécessaire, et une éventuelle surconsommation électrique serait financièrement compensée). Dans les alluvions l'abaissement est relativement constant et qualifié de modéré, de l'ordre de 0,5 m à une distance de à 2 km[32]. Le tassement potentiel du sous-sol reste néanmoins selon les calculs toujours limité à 1,35 cm, inférieur au tassement maximal admissible pour le bâti, et le risque de tassement différentiel très inférieur au seuil de risque.

Bien que le secteur soit concerné par l'enjeu lié à la présence de gypse, aucun risque n'est évalué, le maître d'ouvrage s'appuyant sur le retour d'expérience d'un pompage voisin existant depuis des dizaines d'années à un débit comparable à celui évalué pour chaque gare. L'Ae considère que le retour d'expérience fondé sur un pompage unique n'est pas forcément représentatif des conséquences prévisibles du projet du fait de l'étendue du phénomène de rabattement de nappe. La SGP prévoit d'ailleurs que le suivi de la qualité des eaux d'épuisement comporte des analyses sur les éléments majeurs du gypse, pour suivre l'évolution du potentiel "dissolvant" de l'eau extraite, sans toutefois préciser les dispositions qui pourraient être prises en cas de résultats positifs. De surcroît, cette information serait potentiellement importante pour mieux apprécier les possibilités de réinjection en nappe des eaux d'épuisement.

---

[27] Le maître d'ouvrage indique un délai moyen de réalisation des gares de quatre années ; les durées de pompage varient de 25 à 137 semaines.

[28] Débit nécessaire pour évacuer les eaux d'infiltration dans un ouvrage souterrain ; on peut également parler de débit d'exhaure.

[29] Situation probable : performance des dispositions constructives de limitations des débits d'épuisement et perméabilités vraisemblables en phase la plus critique de la concomitance des chantiers. Situation extrême : performances dégradées des dispositions constructives, aléas géologiques en phase la plus critique de la concomitance des chantiers. Scenarios 1, 2 et 3 : performances dégradées des dispositions constructives, aléas géologiques selon trois autres phases d'avancement des chantiers.

[30] Débits maximaux estimés par le maître d'œuvre à partir de calculs numériques locaux.

[31] En dépit de la mention (p. 297 stipulant) « Le cas extrême est celui intégrant les débits d'épuisement retenus par les maîtres d'œuvre ».

[32] L'Ae relève que le tableau de tests de sensibilité annoncé en B3 p.321 est manquant, remplacé par erreur par le tableau de synthèse des effets piézométriques sur les prélèvements.

L'Ae recommande de poursuivre les investigations pour affiner l'évaluation du risque lié à la dissolution du gypse, le cas échéant, de renforcer les dispositions de renforcement prévues au droit des zones de fragilité pressenties, et de préciser les suites qui pourraient être données à des résultats positifs sur les marqueurs de ce phénomène lors du suivi mis en place.

2.3.1.6 Gestion des eaux d'épuisement

Sur le secteur de la boutonnière de Boulogne (au droit de Boulogne-Billancourt), les pompages vont modifier localement les directions d'écoulement des nappes. Concernant la nappe des alluvions, du fait de l'existence de polluants (notamment COHV[13]) dans le cône d'appel des pompages, le dossier prévoit pour les deux gares une possible dégradation progressive de la qualité de l'eau pompée.

Sur le secteur de la plaine de Vitry, les modifications d'écoulement susceptibles d'atteindre des sols potentiellement pollués restent également limitées. Le risque de contamination de la nappe du calcaire grossier par la nappe superficielle n'est pas exclu. Il est néanmoins évalué qu'il n'est pas attendu d'impact significatif du fait des phénomènes de dilution et d'atténuation qui se produisent durant le transfert et de l'absence d'usage sensible recensé dans le secteur. L'analyse s'appuie cependant sur une connaissance encore limitée de la qualité effective des eaux souterraines au droit des sites industriels.

Dans les deux secteurs, sont en conséquence prévus un suivi régulier sur les principaux indices de pollution dont les COHV et les hydrocarbures, et le cas échéant la mise en place d'un traitement de type filtre à charbon actif avant le rejet dans le réseau collectif d'assainissement.

La doctrine applicable en déclinaison du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) Seine-Normandie préconise le rejet des eaux d'épuisement non polluées dans le milieu naturel, prioritairement par réinjection dans la même nappe, et de n'envisager le rejet dans un réseau d'assainissement qu'en cas d'impossibilité physique ou de coûts non acceptables[14].

A ce stade, le maître d'ouvrage ne propose aucune réinjection en nappe et n'envisage éventuellement le rejet en eau de surface, après prétraitement si nécessaire, que pour deux ouvrages : la gare de Pont de Sèvres et le puits tunnelier Arrighi. Dans tous les autres cas, un accord des gestionnaires des réseaux d'assainissement est nécessaire.

Les justifications du maître d'ouvrage à l'appui de ses propositions restent trop générales pour garantir leur compatibilité avec le SDAGE : en facteur commun, il indique les contraintes pour une réinjection dans le même aquifère (aquifère suffisamment productif, contexte géologique favorable, notamment au regard du risque lié au gypse, espace foncier disponible pour l'installation des différents éléments du système de réinjection).

La réinjection est dans l'ensemble exclue par le maître d'ouvrage pour l'une des raisons ci-dessous :

- « *la présence de gypse présente une contrainte forte vis-à-vis d'un éventuel dispositif de réinjection en nappe dans ces secteurs à risque* », affirmation qui ne se fonde que sur les résultats de quelques sondages ;
- « *les débits sont trop faibles pour justifier ou nécessiter la mise en œuvre d'une solution de réinjection en nappe* » ;
- « *en l'absence de cours d'eau proche, un rejet au réseau est justifié pour l'ensemble des ouvrages constituant ce tronçon* ».

Un secteur toutefois est estimé favorable du point de vue de la capacité d'injection potentielle de l'aquifère (boutonnière de Boulogne-Billancourt), mais la réinjection n'est alors pas retenue pour cause de pollution chimique. L'Ae relève par exemple, que l'un des rejets est considéré comme « *non-conforme au niveau qui permet de le positionner par rapport aux exigences de bon état écologique des eaux superficielles* ». Une telle comparaison brute ne peut suffire à conclure quant à un rejet direct au milieu naturel, par défaut d'une analyse complète qui déterminerait le niveau de traitement requis par un rejet en Seine en fonction du facteur de dilution. Les niveaux de

[13] Composés organiques halogénés volatils.
[14] En l'occurrence notamment, concernant la gestion des eaux d'exhaure, la disposition 3 « *Améliorer les réseaux collectifs d'assainissement* ».

traitement nécessaires pour chacune des trois alternatives ne sont par ailleurs pas précisés, non plus que les coûts, ce qui ne permet pas de comparer les efforts à consentir.

L'Ae recommande de :

- ***réaliser, ouvrage par ouvrage, une analyse spécifique approfondie des trois hypothèses de rejet des eaux d'épuisement, tant sur le plan technique que du point de vue de leurs coûts ;***
- ***compléter l'analyse de la compatibilité des dispositifs prévus vis-à-vis du SDAGE sur ce point, en en actualisant les termes au regard du projet 2016-2021 en cours de finalisation.***

2.3.2 Enjeux liés aux eaux superficielles : inondation, eaux pluviales, zones humides

Le fuseau d'étude est traversé par la Seine, la Marne, et la Bièvre, aujourd'hui busée sur son tiers aval soit sur l'intégralité des secteurs concernés par le projet. Même si le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) Marne confluence n'est pas approuvé, le projet ne peut ignorer l'existence des travaux portés par la commission locale de l'eau (CLE), installée en 2010, qui a établi le diagnostic du bassin versant en 2013 et travaille sur ses scénarios. Une présentation des mesures éventuelles prévues par le programme de mesures (PdM) associé au SDAGE et des intentions du SAGE notamment en matière de restauration des milieux aurait été pertinente.

2.3.2.1 Inondation

Trois secteurs (boucle de Boulogne-Billancourt, Vitry-sur-Seine / Alfortville, boucle de Saint-Maur-des-Fossés) sont concernés par une inondation de la Seine ou de la Marne de fréquence centennale[15], qui correspond à la plus forte crue connue en 1910, soit 25 % des gares et ouvrages. Pour ce qui concerne la gare de Pont-de-Sèvres, une présentation plus détaillée de l'estacade en lit mineur de la Seine, nécessaire pour la phase travaux, notamment avec les visuels montrant l'auto-pont la reliant à la berge, aurait permis de mieux s'approprier le fonctionnement de cet ouvrage.

Outre les risques pour les ouvrages de la ligne, pour lesquels la mise en œuvre de dispositions constructives adaptées est prévue, le projet est susceptible de présenter des impacts en termes de réduction du champ d'expansion des crues et de risque pour les ouvrages avoisinants. L'appréciation des impacts cumulés pour cet enjeu reste trop qualitative (Cf. § 2.1).

En outre, des débordements du réseau d'assainissement (dans lequel la Bièvre canalisée est intégrée) sont possibles sur le secteur Arcueil-Cachan. L'Ae relève que la vulnérabilité des ouvrages à ce type d'événement n'est pas analysée.

L'Ae recommande de compléter l'étude d'impact par une analyse des risques de débordement du réseau d'assainissement.

Les niveaux de protection des ouvrages ont été déterminés à une cote de 20 centimètres au-dessus de celle de la crue centennale pour intégrer les incertitudes. Les PPRI restreignent le type d'occupation du sol possible et imposent des dispositions constructives selon les zones, que la SGP analyse précisément pour en respecter les prescriptions. En zones de prescriptions d'un PPRI, les possibilités pour une infrastructure de transport de prévoir des aménagements associés peuvent être limitées, selon les formulations, aux constructions et à leurs « *extensions* » ou aux équipements « *nécessaires à son fonctionnement* ». Les projets connexes sont parfois mentionnés dans le dossier comme étant nécessaires à la compensation hydraulique (parkings souterrains à Vert-de-Maisons et de Créteil-l'Echat). Ils ne font qu'incomplètement l'objet d'une analyse au regard des prescriptions des PPRI.

L'Ae recommande de présenter, pour chaque gare située en zone inondable, les impacts de l'ensemble des projets connexes et autres fonctionnellement liés, et de démontrer, pour les projets connexes, leur compatibilité avec les prescriptions des PPRI correspondants, ainsi que les modalités de mise en œuvre de leurs prescriptions.

Basés sur la crue centennale, les PPRI prescrivent que les remblais en lit majeur ou la réduction de

[15] Crue dont la probabilité de survenue est d'1 % chaque année, de même une crue millénale est une crue de probabilité 1/1 000 chaque année

la capacité de stockage de la crue soient compensés par un volume de déblai équivalent, sans distinction entre les phases d'exploitation et de chantier de longue durée. En revanche, des mesures d'évitement ou de réduction adaptées peuvent être mises en œuvre (positionnement des bases chantier, évacuation des stockages tampon de déblais en cas d'alerte crue...).

Cinq sites nécessitent des volumes de compensations significatifs : le puits d'entrée du tunnelier de l'Île-de-Monsieur, les gares des Ardoines, de Vert-de-Maison, et de Créteil-l'Échat, et le SMI de Vitry[36] pour des volumes respectifs de 1 640 m³, 10 615 m³, 7 445 m³, 1 930 m³ et 7 985 m³. Le maître d'ouvrage s'engage à la réalisation de ces compensations qui peuvent être : la suppression de bâtiments existants[37], l'inondation contrôlée de parking souterrains d'opérations immobilières connexes au projet d'infrastructures, le décaissement du terrain naturel à proximité de l'ouvrage, ou la création d'un bassin de stockage. Concernant cette dernière disposition, la localisation des sites de déblais n'est pas précisément fournie.

De manière générale, l'analyse reste statique ; les cheminements de la montée des eaux ne sont pas présentés. Les modèles intègrent bien les dynamiques d'écoulement, ce qui permet notamment de garantir que le volume soustrait à l'expansion des crues est bien limité au volume noyé des ouvrages. Il convient également de garantir que les sites retenus pour les compensations volumiques auront bien toute capacité à être investis lors de la montée des eaux y compris pour des crues plus faibles, de manière concomitante à la réduction de la capacité de stockage par les ouvrages.

L'Ae recommande de préciser la localisation et les caractéristiques des sites de compensation volumique prévue et de s'assurer de leur fonctionnalité pour différents niveaux de crue.

Une modélisation spécifique a été réalisée pour les crues "centennale x 1,15" et millénale sur la boucle de Boulogne-Billancourt où se trouve la gare de Pont-de-Sèvres. Il y est constaté une augmentation des niveaux d'eau conséquente de l'ordre de 50 cm et 1,4 m du fait des ouvrages projetés. Toutefois, il n'est rien dit des conséquences à tirer de ces résultats.

L'Ae recommande de préciser si des dispositions spécifiques sont prévues pour les ouvrages de la boucle de Boulogne-Billancourt, en conséquence de la modélisation réalisée pour la crue millénale.

2.3.2.2 Gestion des eaux pluviales

Le SDAGE fixe des orientations précises en matière de gestion des eaux pluviales[38], qui privilégient la réduction à la parcelle (non imperméabilisation, recyclage), et incitent à la recherche des solutions de rejet au milieu naturel, prioritairement par infiltration, avant d'envisager le recours aux réseaux collectifs d'assainissement. Le dossier ne présente pas d'analyse concernant la faisabilité de la limitation des imperméabilisations et du recyclage.

La question des alternatives au rejet dans le réseau collectif, solution présentée par la SGP, renvoie à des considérations d'analyse trop générales déjà critiquées en 2.3.1.6 du présent avis pour les eaux d'épuisement, même si des différences existent en termes de qualité des eaux et de niveau quantitatif.

L'Ae recommande de présenter si des mesures de rétention à la source des eaux pluviales ont été envisagées, et de réaliser un examen comparé plus poussé, pour chacun des ouvrages, des trois hypothèses de rejet, tant sur le plan technique que du point de vue des coûts.

L'Ae relève que le maître d'ouvrage ne prévoit de réduire les débits avant rejet au réseau que sur la part supplémentaire d'imperméabilisation apportée par rapport à la situation actuelle. Le choix d'un rejet au réseau entraîne, pour l'Ae, la nécessité de conduire une démarche d'évitement et de réduction de l'intégralité des impacts pressentis au niveau de chaque site, et de prévoir des dispositifs adaptés à la totalité des débits susceptibles de rejoindre un dispositif collectif d'assainissement pluvial fortement sollicité. Les dispositifs et modes de calculs retenus (pluie de référence, débit de fuite, abattement de la charge polluante...) n'appellent pas d'autres observations, sous réserve qu'ils soient conformes aux exigences des gestionnaires des réseaux.

[36] Le dossier comporte en fascicule B3 p.95, sans doute par erreur, la référence à la démolition de bâtiments existants sur le site du SMR à titre compensatoire, alors que ce site ne figure pas en zone inondable.
[37] Sous réserve qu'ils fassent réellement obstacle à l'écoulement ou à l'expansion des eaux.
[38] Notamment au travers de ses orientations 2 « *maîtriser les rejets par temps de pluie en milieu urbain par des voies préventives et palliatives* » et 33 « Limiter le ruissellement pour réduire les risques d'inondation ».

Les impacts du SMR en matière de gestion des eaux pluviales sont traités par l'étude d'impact. Toutefois, le dossier indique que le conseil départemental du Val-de-Marne prévoit de réaliser d'importants travaux sur le réseau dans le secteur sans préciser leur calendrier et la question de savoir si la création du SMR sera compatible avec l'existant, en phase chantier et en régime permanent.

2.3.3 Enjeux "milieux naturels", "faune", "flore", "boisements"

Le dossier présente un état initial de qualité de l'ensemble des milieux naturels, trois thèmes étant particulièrement développés sur la base d'éléments de connaissance approfondis sur les sites de travaux : les zones humides, les frayères et les boisements.

Les risques d'impact sur des sites Natura 2000[39], dont le plus proche, soit la zone de protection spéciale « Sites de Seine Saint-Denis » (n° FR1112013), se trouve à environ 1 km du fuseau d'étude, ont été appréciés, y compris les risques liés aux interactions hydrauliques potentielles. Les conclusions du dossier sur l'absence d'effet significatif n'appellent pas d'observations de l'Ae.

Huit secteurs à enjeux modéré à fort ont été identifiés, en particulier le parc départemental des Hautes Bruyères (gare de Villejuif, Institut Gustave Roussy et ouvrage annexe), la friche Arrighi (ouvrage annexe des Ardoines), une friche au niveau du SMR de Champigny, un boisement et le parc de la butte verte (gare de Noisy Champs et ouvrage annexe). Les impacts sur les compartiments de nature commune et les sites à enjeu limité, sont néanmoins analysés de façon précise pour chaque ouvrage

Des mesures d'évitement, de réduction, et d'accompagnement sont systématiquement présentées, tant pour la phase de chantier que pour la phase d'exploitation, dont certaines présentent un caractère expérimental, en lien notamment avec la destruction d'habitats et d'individus d'espèces protégées[40].

Ces mesures permettent de ramener les impacts résiduels à des niveaux qualifiés de faibles à modérés et de proposer des mesures de compensation :

- destruction de 0,57 ha de zones humides (hors mares) qui génère un besoin de compensation que le dossier évalue à 0,86 ha ;
- destruction ou dégradation d'habitats (4,1 ha de friches thermophiles[41], 3,2 ha d'habitats terrestres amphibiens[42], 0,08 ha d'habitats de reproduction du Faucon hobereau) en particulier d'une mare, dont la compensation est prévue par : la création d'une toiture végétalisée en liaison avec le sol sur le SMR de Champigny ; la création d'une mosaïque de friches thermophiles pour 8,67 ha au sein de la forêt d'Étrechy, propriété du conseil régional d'Île de France ; la création et la restauration de milieux humides en réseau sur le site du SMR de Champigny ; la création et restauration de 6 mares et d'habitats en faveur du Faucon hobereau dans le Bois de Célie en forêt régionale ;
- destruction de 410 m² de frayères (plate-forme fluviale) à compenser par la création de 170 ml de frayères artificielles et de 700 m² de plages et radeaux d'hélophytes[43] ;
- des défrichements concernant quatre boisements pour une superficie de 6,9 ha.

Concernant les compensations de 0,57 ha de zones humides détruites, le dossier souligne que le projet de restauration est prévu en forêt domaniale sur un site de 80 ha. Il s'intègre dans un projet plus vaste de l'Office national des forêts (ONF), qui vise le retour du pâturage par de grands herbivores, auquel il est précisé que la SGP apportera une plus-value écologique. Le projet ne

[39] Code de l'environnement, articles L. 414-4 et R. 414-19 à 26. Les sites Natura 2000 constituent un réseau européen en application de la directive 79/409/CEE « Oiseaux » (codifiée en 2009) et de la directive 92/43/CEE « Habitats faune flore », garantissant l'état de conservation favorable des habitats et espèces d'intérêt communautaire. Les sites inventoriés au titre de la directive « habitats » sont des sites d'intérêt communautaire (SIC) ou des zones spéciales de conservation (ZSC), ceux qui le sont au titre de la directive « oiseaux » sont des zones de protection spéciale (ZPS). En France, le réseau Natura 2000 comprend plus de 1 750 sites.
[40] Des impacts résiduels sont notamment attendus sur les populations des espèces suivantes : Chardon à petites capitules, Conocéphale gracieux, Azurée des cytises, Oedipode turquoise, Caloptène italien, Faucon hobereau, Linotte mélodieuse, Triton ponctué, Triton alpestre, Triton crêté, Grenouille agile.
[41] Qualifie les êtres vivants qui végètent et croissent dans un milieu chaud (source : wikipédia).
[42] Certains amphibiens seront en outre déplacés au voisinage des surfaces défrichées.
[43] Une plante est dite « hélophyte » quand elle est toujours enracinée sous l'eau ou en grande partie sous l'eau, mais dont les tiges, les fleurs et feuilles sont aériennes (source : wikipédia).

considère pas ce site comme "réserve de compensation" pour des besoins ultérieurs, et précise « *Au total ce sont plus de 80 ha de zones humides qui vont être recréées et restaurées afin de compenser moins d'un hectare de zones humides relictuelles détruites en secteur urbain.* »

Les mesures compensatoires *in situ* et *ex situ* annoncées témoignent d'un niveau d'ambition correct, et leur localisation est connue. Certaines néanmoins manquent encore de précision, que ce soit sur leurs caractéristiques détaillées ou sur les modalités de gestion convenues avec le gestionnaire du site, de nature à confirmer l'engagement du maître d'ouvrage, annoncé sur 30 ans.

L'Ae recommande de finaliser et de mettre à disposition du public les projets de restauration de milieux prévus à titre de mesures compensatoires, ainsi que les plans de gestion contractés avec les gestionnaires pressentis.

Les défrichements appellent en outre des observations complémentaires. Celui qui est prévu pour la gare de Noisy Champs, d'une superficie de 5,7 ha, représentera un taux de déboisement très élevé de l'ordre de 70 % du boisement actuel de 8,1 ha, de forme allongée. Le boisement est bordé à l'ouest par un espace fortement urbanisé, et à l'est par la Butte verte, d'intérêt écologique remarquable (ZNIEFF de type I[46] des mares de la Butte Verte), prévue pour accueillir les populations d'amphibiens déplacées. L'Ae relève que ni l'emprise de la base chantier justifiant ce déboisement, ni le périmètre du déboisement ne sont cartographiés. La qualification de « *modéré* » de l'impact de ce défrichement sur les continuités écologiques n'est pas précisément démontrée alors qu'il est relevé que « *le défrichement de ce boisement conduira à une réduction de la fonctionnalité du corridor auquel il est rattaché voire à une rupture pour les espèces à faibles capacités de déplacement* », et il n'est pas présenté d'analyse de variantes. L'Ae considère par ailleurs que s'agissant d'une nécessité de la base chantier, l'absence de prévisions de remise en état ne saurait être justifiée, quelles que soit les perspectives pressenties pour l'aménagement futur du site[47]. Elle note que les mesures compensatoires liées aux défrichements sont « *en cours de concertation entre les différents organismes concernés* ». Seules sont évoquées des opérations d'enrichissement par plantation « *pour un montant équivalent calculé sur la base d'une superficie d'hectare objectif* ».

L'Ae recommande de justifier l'ampleur des défrichements prévus pour la gare de Noisy Champs, de présenter les mesures compensatoires à mettre en œuvre et les critères retenus pour leur définition, ainsi que les actions nécessaires pour la remise en état du site après travaux.

2.3.4 Risques technologiques

La problématique des travaux à proximité des réseaux (notamment les canalisations de transport de gaz et de d'hydrocarbures liquides) est bien traitée. De façon générale, les demandes de permis de construire des établissements recevant du public de plus de 100 personnes devront comporter une analyse de compatibilité notamment avec ces réseaux.

Le secteur des Ardoines, sur la commune de Vitry-sur-Seine, accueillera une gare de la ligne 15 sud, le site de maintenance des infrastructures ainsi qu'un puits de tunnelier. Des établissements SEVESO[48] « seuil bas » (EDF CPT et SANOFIE-CHIMIE) et « seuil haut » (DELEK France) se situent dans le fuseau d'étude de 500 m à proximité de ces installations.

Conformément aux précédentes recommandations de l'Ae, l'implantation de la gare des Ardoines prend en compte le risque technologique identifié sur ce site, l'étude d'impact démontrant la compatibilité du projet avec le PPRT récemment arrêté. L'étude d'impact procède également à une analyse complète concernant l'ouvrage annexe de la friche Arrighi. Toutefois, bien que la ZAC des Ardoines ait été créée en juin 2012, l'analyse des impacts cumulés entre les deux projets n'est pas

[46] Lancé en 1982 sur l'initiative du ministère chargé de l'environnement, l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. On distingue deux types de ZNIEFF : les ZNIEFF de type I : secteurs de grand intérêt biologique ou écologique ; les ZNIEFF de type II : grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

[47] Document B3 p. 549 « Toutefois, les emprises chantier liées à la construction de la gare ne seront pas réaménagées après travaux en raison de l'existence d'un programme d'aménagement plus vaste et piloté par un autre opérateur. »

[48] La directive dite Seveso ou directive 96/82/CE est une directive européenne qui impose aux Etats membres de l'Union européenne d'identifier les sites industriels présentant des risques d'accidents majeurs.

présentée, alors que l'avis Ae n°2013-64 recommandait d'attacher une attention particulière aux effets cumulés du projet avec le projet de création de ZAC qui lui est rattaché[49]. Cette remarque renvoie à la notion de programme et à la recommandation exprimée en 2.1.

Concernant les sites de maintenance (SMR et SMI) l'Ae prend note de ce que leurs impacts en matière de risque technologique devraient figurer dans les dossiers au titre des installations classées, sans disposer à ce stade, des éléments nécessaires pour s'exprimer sur ces volets.

2.3.5 Bruit et vibrations

Le dossier a été significativement complété pour ce qui concerne les vibrations.

Des analyses de sensibilité et de vulnérabilité aux déformations, vibrations et travaux souterrains ont été menées sur 3 000 bâtiments sur la zone d'influence géotechnique ; les fiches d'une dizaine de bâtiments sont présentées pour illustrer la diversité des situations. L'analyse de la sensibilité des couches géologiques aux vibrations ne permet pas d'identifier de zones de fonctionnement homogène et renvoie à des analyses au cas par cas, de même pour ce qui concerne les carrières, les réseaux enterrés, et les ouvrages d'art. Des enjeux forts ou modérés sont identifiés sur l'ensemble du parcours. En termes de sensibilité du bâti, des enjeux forts sont identifiés principalement sur le secteur de Vitry centre à Champigny centre, ils sont qualifiés de modérés sur le secteur de l'Île-de-Monsieur / Pont de Sèvres à Issy RER.

Le dossier signale une vingtaine de monuments ou établissements sensibles. En particulier, il comporte des modélisations confiées à deux bureaux d'études différents pour les bâtiments présentés comme les plus sensibles[50] (phases chantier et exploitation).

Ces analyses conduisent le maître d'ouvrage à s'assurer du respect, le plus souvent, des valeurs cibles et à proposer un système de pose des voies optimisé pour les sites supérieurs aux valeurs cibles. Les sites correspondants sont utilement repris en synthèse dans un tableau. Il prévoit enfin des modélisations complémentaires pour d'autres bâtiments et une campagne de mesure supplémentaire avant pose des voies, ainsi qu'un suivi permanent par un organisme tiers.

L'étude d'impact produit, pour chaque aménagement du projet, des fiches résumées en une page reprenant les principales informations concernant le traitement du bruit[51]. Aucune carte de modélisation du bruit n'étant fournie, y compris dans les situations pourtant à enjeu fort, il n'est pas possible de connaître l'exposition initiale des différents bâtis, ni si les seuils règlementaires pourront être respectés, et comment. L'Ae notait dans son premier avis que le maître d'ouvrage devait s'assurer, en phase chantier comme en phase exploitation, du strict respect des niveaux sonores réglementaires en vigueur.

Dans le cas particulier du SMI de Vitry, l'étude d'impact précise que « *l'impact cumulé potentiel est lié au projet de régénération urbaine prévoyant la création de nouveaux boulevard urbains et la construction d'îlots d'habitations et de bureaux. Ces projets sont susceptibles d'augmenter les impacts sonores du projet car les riverains seront plus nombreux et rapprochés du SMI. Cependant l'impact cumulé restera faible en raison du bruit routier qui est important sur la zone et qui masquera en partie le bruit généré par le SMI* ». Indépendamment de l'articulation des calendriers entre ces différents projets, l'étude d'impact devrait *a fortiori* produire une modélisation plus fine permettant d'appréhender leurs impacts cumulés et proposer les mesures d'évitement et de réduction éventuellement nécessaires.

L'Ae recommande d'identifier désormais plus précisément, sur l'ensemble du fuseau d'étude, les niveaux de bruit atteints en phase de chantier et en phase exploitation, tout particulièrement autour des sites de maintenance, afin de les comparer aux seuils réglementaires de jour comme de nuit, et de prévoir les mesures d'évitement et de réduction éventuellement nécessaires en liaison avec les différents porteurs de projets.

[49] Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur le projet de création de ZAC de la gare des Ardoines à Vitry-sur-Seine (94) du 9 mai 2012, n°Ae 2012-09 / n° CGEDD 008198-01.

[50] C'est notamment le cas de l'Institut Gustave Roussy, prenant en compte la ligne 14 sud (métro sur pneus) et la ligne 15 sud (métro sur roues métalliques).

[51] Une annexe au dossier (B5) fournit des fiches de campagnes de mesures pour chacun d'entre eux.

2.3.6 Déblais

La question relative aux déblais générés par le chantier est désormais traitée dans la pièce B3 de l'étude d'impact actualisée. Les volumes de déblais sont précisés pour chaque ouvrage, pour un volume total de 6,1 millions de m³. Le dossier comporte un tableau estimant, de façon conservatoire « *dans l'attente des plans de gestion plus précis* », les volumes de déblais inertes, non inertes et pollués, en fonction de la couche géologique de laquelle ils seront extraits, ainsi que leur méthode d'excavation : par exemple, « *les cinq premiers mètres des terrains ont été considérés comme pollués* ». Un ensemble d'analyses a été réalisé et des analyses complémentaires sont prévues pour mieux apprécier leur qualité selon les secteurs, afin de les orienter vers des filières appropriées. L'étude d'impact recense ainsi plusieurs aménagements nécessitant des précautions particulières, compte tenu des pollutions des sols (gares de Pont-de-Sèvres, Issy, Fort-d'Issy-Vanves-Clamart, Bagneux, les Ardoines, Champigny-centre ; SMI et SMR). Néanmoins, les plans de gestion ne sont pas encore tous disponibles, à l'exception de celui de la gare du Fort-d'Issy[30].

Compte tenu de l'exiguïté des zones de dépôts, le maître d'ouvrage ne prévoit pas de tri *in situ*. Il a fait part aux rapporteurs de la poursuite de ses réflexions concernant d'éventuelles plates-formes de stockage temporaires pour les déblais dont les caractéristiques seraient douteuses. Pour les déblais de qualité présumée connue, une vérification sera opérée à la réception.

Dans le cas particulier de la "friche Arrighi" (secteur des Ardoines), le maître d'ouvrage a transmis aux rapporteurs un diagnostic environnemental approfondi d'un site détenu par EDF. Celui-ci confirme une pollution importante par des hydrocarbures lourds, principalement dans les couches superficielles, et en conséquence la nécessité d'un plan de gestion ; le maître d'ouvrage envisage à ce stade l'évacuation des déblais vers des filières et des sites différents.

Indépendamment des précautions à prendre lors des excavations, l'absence des plans de gestion ne permet pas encore de connaître les modalités de tri des déblais selon leur niveau de pollution, non plus que les modalités optimisées de gestion (par exemple, aucune option de traitement ou de confinement *in situ* ne semble envisagée *a priori*), notamment de suivi, et l'articulation entre le maître d'ouvrage et les différents détenteurs de ces sites pour les mettre en oeuvre.

L'Ae recommande de :

- ***fournir les plans de gestion des sites les plus pollués, tout particulièrement pour ce qui concerne la protection des populations riveraines et la prévention des pollutions des eaux souterraines et de la Seine ;***
- ***préciser les modalités de leur mise en œuvre, tout particulièrement les modalités de tri préalable à l'évacuation des déblais.***

Le dossier précise enfin les modalités d'évacuation des déblais, via deux plates-formes fluviales correctement décrites dans le dossier (Île-de-Monsieur et au niveau des Ardoines)[31] ; dans l'ensemble, leurs impacts ont été précisément appréhendés et font l'objet de mesures appropriées[32]. Il évoque également l'hypothèse de plates-formes ferroviaires sur les bases chantier de Fort-d'Issy-Vanves-Clamart et de Bry-Villiers-Champigny, néanmoins « *sous réserve de remplir l'ensemble des conditions requises pour la mise en œuvre de ce mode de transport* ». Ainsi, plusieurs modes de transport sont proposés (ferroviaire, fluvial et routier) en fonction des secteurs et le réemploi des déblais pour le projet ou pour des projets locaux est envisagé. Pour l'instant, le mode ferroviaire n'est pas encore confirmé[33].

Les filières et exutoires pressentis ne sont néanmoins pas mentionnés, ce que traduit d'ailleurs implicitement la conclusion de la page 425 : « *Quelle que soit la nature des matériaux, la Société du Grand Paris a identifié des filières viables et pérennes pour accueillir les déblais et continue sa démarche d'identification dans le but de pouvoir réserver en amont des travaux ces capacités* ». Par exemple, les déblais fortement sulfatés (gypsifères) qui représentent 1,9 Mm3 étant vraisemblablement orientés vers des carrières de gypse, l'analyse du dossier ne permet pas encore

[30] Le maître d'ouvrage précise que les études ultérieures seront conditionnées par les possibilités d'accès aux parcelles pour la réalisation des sondages et la pose des piézomètres.
[31] Pour neuf des seize gares créées, pour quatre puits de tunneliers sur les sept prévus et pour le SMI de Vitry-sur-Seine.
[32] Même si quelques informations font encore défaut : modalités de relogement de deux ou trois péniches amarrées au droit de l'île-de-Monsieur ; dragages d'entretien au droit de la plate-forme des Ardoines, etc.
[33] Si c'était le cas, 1,1 Mm³ seraient évacués par voie fluviale, 1,6 Mm³ par voie ferrée, 3,4 Mm³ par voie routière.

de consolider les modalités de gestion des différents types de déblais.

L'Ae renouvelle sa recommandation d'indiquer dans l'étude d'impact les filières et exutoires des différents types de déblais, les modalités de travail en commun avec les gestionnaires et exploitants des réseaux de transport ferroviaire et fluvial, et les modalités de tri ainsi que les éventuels sites temporaires de stockage si nécessaires.

2.3.7 Sites et paysage

L'analyse des impacts sur le patrimoine protégé n'appelle pas de remarque particulière : le site classé de l'Île-de-Monsieur et plusieurs sites inscrits sont correctement décrits ; des précautions particulières sont prévues en phase travaux dans le site de l'Île-de-Monsieur (évacuation des déblais vers la plate-forme fluviale par un tunnel). Le projet doit faire l'objet d'une présentation en commission départementale de la nature, des paysages et des sites.

L'étude d'impact fournit, pour chaque nouvelle gare et chaque site de maintenance, un plan d'implantation, un projet architectural, ainsi que des perspectives ou des vues indicatives. Deux gares (Villejuif IGR et Noisy-Champs) font en particulier l'objet de projets architecturaux plus originaux. Les modalités d'intégration de ces projets dans leur contexte urbain ou naturel sont bien décrites. Dans certains cas (Bry-Villiers-Champigny, par exemple), ce sont les projets connexes qui sont susceptibles de marquer le paysage. Dans l'état actuel du dossier, cet avis ne peut donc porter que sur les gares seules. Les sites de maintenance prennent place dans un paysage *a priori* industriel ou tertiaire.

Outre ses impacts sur le milieu naturel, les défrichements nécessaires à la réalisation de la ligne au niveau de la gare de Noisy-Champs (y compris l'avant-gare et l'après-gare) compte tenu de son décalage vers l'est devraient en modifier significativement la perspective, *a fortiori* si les projets du CDT Coeur Descartes devaient s'y réaliser.

L'Ae recommande de développer les impacts paysagers au nord et au sud de la gare de Noisy-Champs, cumulés avec ceux du CDT Coeur Descartes.

2.3.8 Énergie – climat et qualité de l'air

L'actualisation de ce volet ne modifie pas fondamentalement les analyses précédentes de l'Ae, dans son précédent avis ou dans ses avis qui portent sur les autres tronçons du Grand Paris.

Ainsi les tendances d'évolution des émissions de GES en l'absence de la réalisation du projet ou du programme ne sont pas présentées.

De la même façon que dans son avis délibéré n° 2015-10 du 6 mai 2015 relatif au projet de ligne 15 ouest, l'Ae rappelle qu'il serait utile de fournir la tendance d'évolution des émissions de gaz à effet de serre, hors réalisation du projet (et donc du programme), sous différentes hypothèses (notamment de progrès technique pour le trafic routier), afin d'apprécier ses effets réels et la place qu'il occupe dans la politique globale de lutte contre le changement climatique.

A l'instar de ses précédents avis relatifs au réseau de transport du grand Paris, l'Ae recommande au maître d'ouvrage de fournir les tendances d'évolutions passée et future des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre, hors réalisation du projet (et donc du programme) et sous différents scénarios qu'il conviendrait d'expliciter, afin d'apprécier les effets réels du projet et sa place dans la politique globale de lutte contre le changement climatique.

Les principales sources d'émission sont liées à la construction de l'infrastructure, et à sa consommation énergétique en phase exploitation (pièce G3-2, Figure 3.9-47). Le dossier évalue à 9 400 tep[34] l'énergie qui serait consommée pour l'évacuation des déblais par voie routière. Il estime ensuite à 10 900 tep l'énergie consommée pour l'ensemble du chantier. On pourrait comprendre, sans explication plus précise dans le dossier, que le maître d'ouvrage s'appuie sur l'hypothèse d'un report modal maximisé[35]. En phase d'exploitation, les consommations sont liées

[34] Tonnes équivalent pétrole.
[35] Par exemple, il est indiqué que "la rationalisation et l'optimisation du transport passera tout d'abord par la réduction des quantités de déblais à évacuer. Pour ce faire, il sera envisagé autant que possible la réutilisation des terres excavées à

d'une part à l'énergie de traction (5 200 tep/an) et au fonctionnement des gares et sites de maintenance (2 350 tep). Le dossier ne prévoit aucune mesure de réduction de ces consommations. Il comporte par contre une analyse détaillée du potentiel de production d'énergie renouvelable pour chaque site, identifiant les solutions potentiellement intéressantes. L'étude d'impact n'en tire, à ce stade, aucune conclusion. Compte tenu de l'ampleur du projet que représente le grand Paris et de sa vocation à modifier durablement les caractéristiques du territoire francilien, des engagements plus ambitieux sur ces enjeux auraient pu être attendus (création de gares à "énergie positive", recherche de matériaux innovants, utilisation de sources d'énergie renouvelables, etc.)[9].

L'Ae recommande, particulièrement pour les permis de construire des gares et des sites de maintenance, que le maître d'ouvrage s'engage sur les mesures de réduction des consommations d'énergie qu'il prévoit.

Comme dans l'étude d'impact initiale, la majeure partie des émissions évitées d'ici 2050 est liée au poste « développement territorial », qui permet d'économiser l'émission de plusieurs dizaines de millions de tonnes équivalent CO_2 d'ici 2050. Alors que le bilan carbone ne s'équilibrait, dans le meilleur des cas, qu'à l'horizon 2030 (avec ce poste) ou en 2040 (sans ce poste), les graphiques de l'étude d'impact actualisée prévoient un tel équilibre entre 2025 et 2027, sa décroissance s'amorçant dès 2020, sans que les raisons en soient explicitées dans le dossier.

De surcroît, une part importante des réductions d'émission du trafic routier (36 %) est attribuée à l'augmentation de la vitesse des véhicules rendue possible par la réalisation du projet (ces réductions étant également prises en compte dans les effets « transport »)[10]. Ce résultat paradoxal ne semble prendre en compte que les effets positifs bruts du projet, sans prendre en compte ses effets induits (par exemple, par l'attractivité d'une circulation redevenue fluide) qu'il semble difficile d'estimer.

L'Ae ne peut donc que réitérer ses précédentes recommandations, et notamment :

- ***de distinguer les possibilités offertes par la réalisation du réseau de transport du GPE, d'une part, et du projet, d'autre part, sur le développement territorial, tout particulièrement au vu de sa recommandation au § 2.1 ;***
- ***d'en déduire les émissions de gaz à effet de serre potentiellement évitées sur ces bases ;***
- ***de les inclure dans un bilan carbone complet du projet et du programme.***
- ***de prendre en compte le développement territorial supposé accompagner le projet pour tous les domaines de l'environnement.***

Le volet air comporte plusieurs analyses complémentaires intéressantes :

- il croise, pour chaque site, l'importance du trafic routier dans la zone d'influence avec celle des flux des voyageurs entrant et sortant de la gare. Il en déduit des impacts forts sur trois sites (Pont-de-Sèvres, Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Villejuif IGR) et compare les expositions, avec et sans le projet. Cette analyse ne prend néanmoins pas en compte les impacts cumulés avec les projets susceptibles d'augmenter significativement la population autour des gares ;
- il développe la question de l'air à l'intérieur des gares, s'appuyant sur l'avis du conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) du 3 mai 2001[11].

Même si le dossier ne précise pas encore les mesures de réduction ou de compensation correspondant à de tels impacts, il évoque, dans des fiches spécifiques à chaque site, plusieurs pistes qui mériteraient d'être approfondies d'ici au dépôt des demandes de permis de construire

---

proximité du chantier", sans qu'on comprenne bien au vu de dossier de quelle façon le maître d'ouvrage y parviendra (voir recommandations du § 2.3.0).

[9] Notamment, l'usage rationnel de l'énergie est un des enjeux visés par l'article L.511-1 du code de l'environnement qui concerne les installations classées pour la protection de l'environnement.

[10] L'argumentaire développé dans l'étude d'impact est le suivant : « *Il faut noter, par ailleurs, que la diminution du nombre de véhicules circulant sur la route permet de réduire la congestion et donc d'accélérer les vitesses moyennes. Or la consommation des véhicules dépend de leur vitesse de circulation. En Île-de-France, la vitesse moyenne de circulation des véhicules étant relativement faible, elle est généralement inférieure à la vitesse correspondant à l'optimum de consommation (environ 60 à 70 km/h). Une accélération globale sur le réseau permet donc un rapprochement de cet optimum, ce qui engendre une baisse de la consommation globale des véhicules (véhicules particuliers et poids lourds) en circulation* » formule identique à celle relevée dans l'avis Ae n°2015-10 du 6 mai 2015.

[11] Il ne pouvait pas encore, au jour du dépôt du dossier, faire référence au récent avis de l'ANSES du 7 septembre 2015 https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2011sa0265Ra.pdf

(par exemple, adaptation des plans de circulation, organisation de la desserte en transports en commun, promotion des modes doux...). Il évoque également une éventuelle adaptation des débits de ventilation des gares, en fonction de mesures à réaliser une fois qu'elles seront construites.

L'Ae recommande de préciser les mesures de réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique, intérieure et extérieure, tenant compte du cumul des projets, lors du dépôt du permis de construire de chaque site.

2.3.9 Dispositions spécifiques de chantier

Outre les questions des risques pour les nappes traitées dans divers chapitres, des dispositions spécifiques de prévention et d'organisation des chantiers pour limiter les risques de pollution du sous-sol et des milieux aquatiques par les engins et au niveau des bases chantier sont prévues, et n'appellent pas d'observations particulières de l'Ae.

En revanche, le chapitre consacré à la gestion du risque d'inondations ne comporte pas d'éléments relatifs à la gestion de la survenance d'une crue pendant les travaux.

L'Ae recommande de préciser les modalités de prévention et de gestion des chantiers qui seront mises en oeuvre en cas de survenance d'une crue, pour assurer la mise en sécurité des personnes et des installations, et prévenir tout risque de pollution.

2.4 Suivi de mesures et de leurs effets

L'avis Ae n°2013-64 rappelait que la réglementation** prescrit d'accompagner la description des mesures d'évitement, réduction ou compensation des impacts d'une présentation des modalités de suivi de ces mesures, et du suivi de leurs effets sur les impacts en question.

L'Ae observe que si le dossier fait bien état de la nécessité d'un suivi des impacts du projet dans de nombreuses thématiques (qualité des eaux souterraines, déformations du sol, pollution des sols et qualité des déblais, milieux naturels, bruit, vibrations, qualité de l'air, consommations énergétiques, etc.), elle n'en précise pas, dans de nombreux cas, les modalités de mise en œuvre (indicateurs, durée du suivi, intervenants, fréquences de recueil des données, publications des données, etc.).

De surcroît ces informations sont dispersées dans l'ensemble du dossier, alors qu'il pourrait être utile, outre les dispositions applicables sur l'ensemble du linéaire, de rappeler les mesures prévues sur chaque site (gares, sites de maintenance, ouvrages annexes, etc...), en particulier celles nécessaires pour "lever le doute" sur certains des impacts pas encore connus dans le dossier.

Pour l'Ae, au stade d'avancement de ce dossier, les problématiques de sols pollués et de qualité des eaux souterraines, des bruits en phase chantier et à proximité des sites de maintenance, ainsi que des vibrations en phase d'exploitation mériteraient des développements plus fournis. Le suivi des milieux naturels et le succès des mesures de compensation proposées sont également un volet important de ce dispositif de suivi.

L'Ae recommande de mettre en place dès le début du chantier un dispositif de suivi de l'ensemble des impacts environnementaux du projet, des mesures d'évitement, réduction ou de compensation de ces impacts et de leurs effets, pour l'ensemble du linéaire du projet, décliné pour chacun de ses sites.

Compte tenu des impacts cumulés prévisibles sur certains sites, ce suivi devrait en outre prévoir des dispositifs coordonnés pour l'ensemble des projets concernés.

L'Ae recommande la mise en place d'un dispositif de suivi coordonné entre l'ensemble des projets, tout particulièrement lorsque sont identifiés des impacts cumulés significatifs (notamment ZAC des Ardoines, environs de la gare de Noisy-Champs).

** Article R.122-5. II 7° du code de l'environnement.

2.5 Résumé non technique

En dépit de ses 294 pages, le résumé non technique est très clair, abondamment illustré et composé de textes courts. Les deux chapitres de présentation des enjeux issus de l'état initial, et des impacts et mesures pour y remédier, sont assortis de tableaux de synthèse récapitulatifs pertinents et de cartographies particulièrement bien conçues. Le volume de papier néanmoins pourrait rebuter le lecteur, et une présentation qui mettrait davantage en avant les documents de synthèse pourrait faciliter l'accès au document.

La structure du résumé non technique est étroitement calée sur celle de l'étude d'impact elle-même. Comme celle-ci de ce fait, il manque d'un chapitre spécifiquement dédié aux dispositions prises pour le suivi.

L'Ae recommande de prendre en compte dans le résumé non technique les conséquences des recommandations du présent avis.

2. Compléments apportés suite à l'avis délibéré de l'Autorité environnementale

La présente rubrique apporte des éléments de réponse aux recommandations formulées par l'Autorité environnementale dans son avis délibéré n°2015-54 et 2015-67 adopté lors de la séance du 23 septembre 2015 sur le tronçon Pont de Sèvres – Noisy Champs dit "ligne 15 sud" de la ligne rouge du réseau de transport public Grand Paris Express - Actualisation de l'avis Ae n°2013-64.

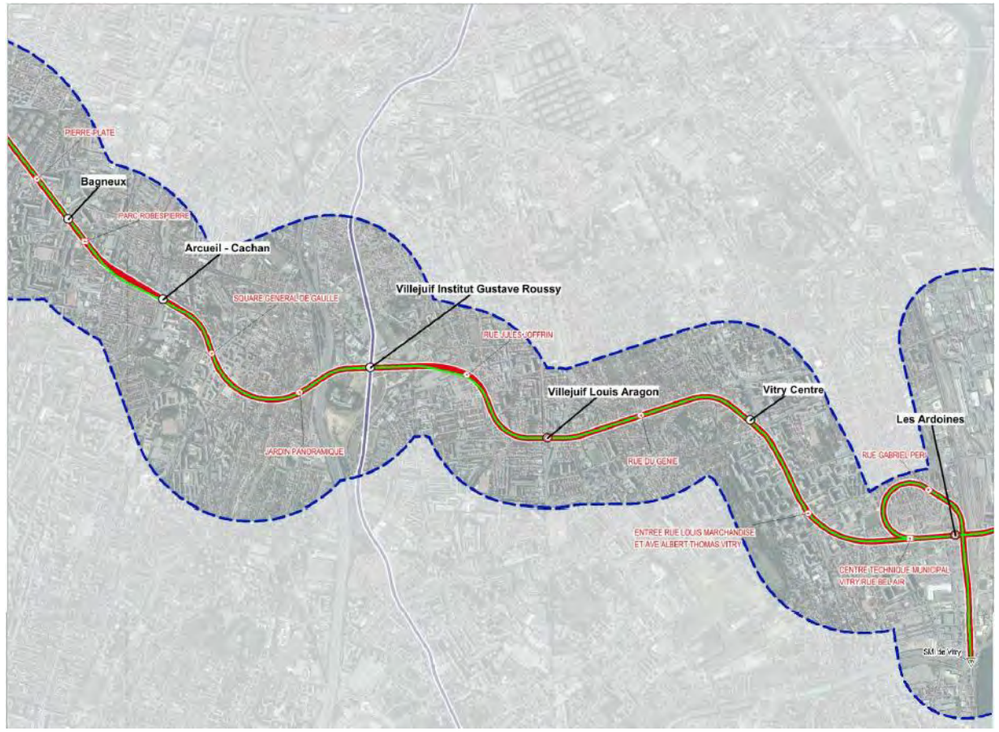
2.1 Evolutions depuis le dossier de demande de déclaration d'utilité publique

(§2 – page 8 de l'avis de l'AE) : « En corollaire néanmoins, cette restructuration profonde ne permet pas d'identifier simplement les éventuelles modifications apportées au projet, par la DUP d'une part, puis par la poursuite de la démarche environnementale s'appuyant sur les nombreuses études complémentaires diligentées depuis. Les rapporteurs de l'Ae ont été informés par le maître d'ouvrage qu'il avait prévu d'élaborer à cette fin une plaquette pour l'enquête publique correspondante. »

L'étude d'impact présentée porte sur la ligne 15 Sud a un stade d'avancement des études techniques bien plus avancées que pour le dossier de demande de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) présenté en enquête publique en 2013. A ce titre, le projet fait notamment l'objet d'une description plus approfondie des caractéristiques des ouvrages (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance, tunnel…), leur localisation, le déroulement de la phase chantier.

De plus, les données environnementales présentées en 2013 ont pu être approfondies grâce à la réalisation depuis 2013, d'études, de diagnostics, de modélisations, d'inventaires sur l'ensemble des enjeux concernés par le territoire. Ces études ont porté notamment sur la biodiversité, la réalisation de mesures de bruit au niveau de chaque ouvrage émergent de la ligne 15 Sud, la réalisation de diagnostics de pollution, la réalisation de modélisations hydrauliques, hydrogéologiques et vibratoires. L'ensemble des résultats sont présentés dans l'étude d'impact jointe au présent dossier.

Les modifications et évolutions apportées au projet et aux ouvrages sont liées à l'avancement des études techniques sur la base des données environnementales, les échanges avec les collectivités locales, et également les observations apportées par le public lors de la précédente enquête publique. Ces modifications sont notamment présentées dans l'étude d'impact, dans la pièce B.2, à partir de la page 195 du document. Suite aux études préliminaires, bases de l'étude d'impact du dossier de DUP, l'étude d'impact du présent dossier s'appuie sur les études dites d'Avant-Projet. Les réflexions sur différentes variantes sont de fait plus limitées, il s'agit d'ajustements de la localisation de la boite, ou de légères évolutions des caractéristiques d'aménagement ou de structures des boites gares. Les évolutions relatives aux gares sont présentées à partir de la page 207 de la pièce B.2 de l'étude d'impact.



Extrait Pièce B.2 page 201 – Variations du tracé de la ligne 15 Sud depuis la procédure de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) en 2013-2014

La structure de la présente étude d'impact a fait l'objet de nombreuses évolutions depuis celle proposée dans le cadre de la procédure de DUP. L'étude d'impact propose une organisation simplifiée, avec l'intégration de l'ensemble des éléments cartographique dans le corps du texte, l'intégration de l'analyse réalisée à l'échelle du Grand Paris Express.

Pour facilier la lecture des éléments, des synthèses cartographiques et sous forme de tableaux simples sont proposées au niveau de chaque rubrique environnementale, et en fin de chaque chapitre (état initial, analyse des impacts…).

La nouvelle étude d'impact de la Ligne 15 Sud est organisée de la manière suivante :

- Pièce B.1 : Etat initial.
- Pièce B.2 : Description du projet.
- Pièce B.3 : Analyse des impacts et présentation des mesures associées.
- Pièce B.4 : Résumé non technique.
- Pièce B.5 : Annexes.

2.2 Mise à jour des données

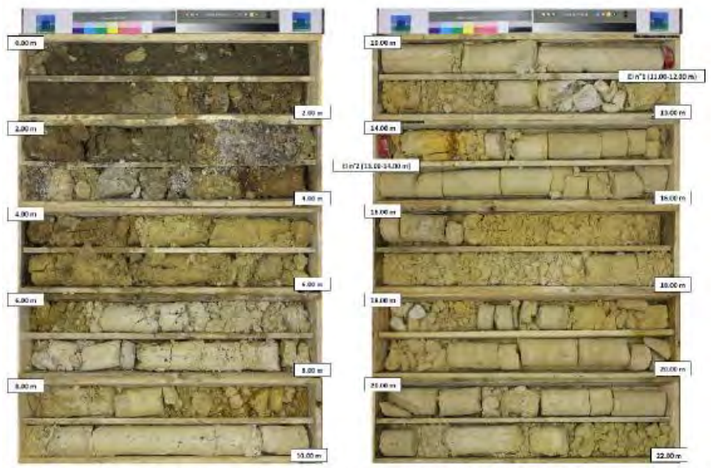
(§2.3.1.3 - page 13 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de préciser le processus de mise à jour des données nécessaires pour diagnostiquer et prévenir les risques géologiques, géotechniques et hydrogéologiques, et d'information du public pour les enjeux qui les concernent (réseaux, infrastructures, bâti, carrières), y compris en termes de mesures techniques d'évitement et de réduction des impacts, et des mesures de compensation éventuelles. »

L'élaboration de l'état initial sur les risques géologiques et géotechniques s'appuie sur la bibliographie disponible, et sur les résultats des campagnes de diagnostics réalisées depuis les premières études techniques du projet. La pièce B.1 de l'étude d'impact rappelle en page 71, les différentes étapes de ces diagnostics :

Phases d'études Loi MOP	Phases d'études géotechniques (NF P 94-500)[27]	Nature de la donnée	Dossier à remettre
Etudes de faisabilité	Mission G1 ES et G1 PGC – Etudes géotechniques préalables (précédemment : mission « G11 »)	Bibliographique	Premier modèle géologique et hydrogéologique
Etudes préliminaires		Reconnaissances sur site	Première identification des risques
Production du dossier d'enquête publique			
Phase d'avant-projet	Mission G2 AVP Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G12 »)	Reconnaissances sur site	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences
Phase projet	Mission G2 PRO et G2 DCE/ACT – Etudes géotechniques de conception (précédemment : mission « G2 » complète)	Reconnaissances sur site	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences

Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique
(Données issues de la norme NF P 94-500)

La localisation des points de sondages est précisée sur la carte de synthèse en page 77 de la pièce B.1. A la fin des études projet, ce seront 1147 sondages qui seront réalisés. Dans le cadre de la présente étude 812 sondages le long du tracé de la ligne 15 Sud ont permis une bonne connaissance des enjeux géologiques et géotechniques. Ces enjeux sont présentés aux pages 92 à 96, 105 à 115 et 123 de la pièce B.1 de l'étude d'impact.



Photographies des premiers mètres du sondage carotté BAG-FAI-SC0200 réalisé au droit de la future gare de Châtillon-Montrouge
(source : campagnes géotechniques réalisées dans l'aire d'étude de la Ligne 15 Sud)

En vue de préparer les phases de travaux, et de définir de manière très précise les modalités opérationnelles de creusement, la démarche mise en œuvre comprend en 2015 la réalisation de sondages complémentaires (niveau « Phase projet ») notamment au niveau des ouvrages structurants du projet, comme les gares. Cette troisième campagne de reconnaissance permettra d'affiner précisément certains aléas avec un maillage de sondages plus fin. Ces données seront alors intégrées dans les dernières études techniques dites « projet », à destination des entreprises sélectionnées. Ces éléments permettent également l'identification des zones d'anciennes carrières.

S'agissant de la thématique hydrogéologique, la même approche est appliquée. Le diagnostic réalisé sur le projet s'appuie sur une large campagne de suivi piézométrique des nappes d'eaux souterraines. Le principe des dispositifs de suivi mis en place est expliqué aux pages 128 et 129 de la pièce B.1.
216 piézomètres ont pu être posés au niveau des nappes souterraines concernées par le projet, et un suivi mensuel est assuré depuis mai 2013. La localisation de ces points de mesure est indiquée de la page 122 à 126 de la pièce B.1.

Ces suivis se poursuivront tout au long du déroulement des phases de travaux. Dans le cas où des piézomètres devaient être retirés pour réaliser certaines opérations de chantier, de nouveaux piézomètres seraient installés afin de maintenir un maillage optimal et suffisant.

S'agissant des réseaux et des infrastructures existants, les diagnostics de territoire et la consultation des gestionnaires existants ont permis d'identifier les enjeux et de les prendre en compte dans le dimensionnement du projet. Ces éléments sont notamment présentés dans l'étude d'impact, à partir de la page 196 de la pièce B.1. Dans ce cadre, des premières opérations de déviation des réseaux sont engagées au niveau de certains ouvrages émergents. Une attention particulière est prévue pendant toute la durée des travaux sur ces enjeux.

S'agissant de l'information auprès du public, la Société du Grand Paris prévoit la mise en place de comités de suivi de chantier où pourront venir des représentants de riverains et où seront exposés les derniers résultats des sondages et les mesures prises pour prévenir les risques. Ces comités se tiendront périodiquement plusieurs fois chaque année tout au long de la phase chantier.

2.3 Appréciation des effets cumulés

(§2.1 – page 10 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande, en cohérence avec son avis Ae n°2013-64, que l'étude d'impact :

- décrive de façon plus précise les projets connexes des gares et les autres projets connus déjà présentés dans le dossier, les CDT signés et les projets qu'ils prévoient, rappelle leurs caractéristiques et leur calendrier, précise leurs liens fonctionnels avec les aménagements de la ligne 15 sud et, en conséquence, les contours du programme de travaux ;
- apprécie sur cette base les effets induits du projet et les impacts de l'ensemble du programme sur les principaux enjeux qui le justifient (notamment eau, risques naturels et technologiques sur les Grandes Ardoines ; boisements et biodiversité sur le secteur de la Butte verte), afin d'en tirer les conséquences éventuelles sur les mesures à prévoir. »

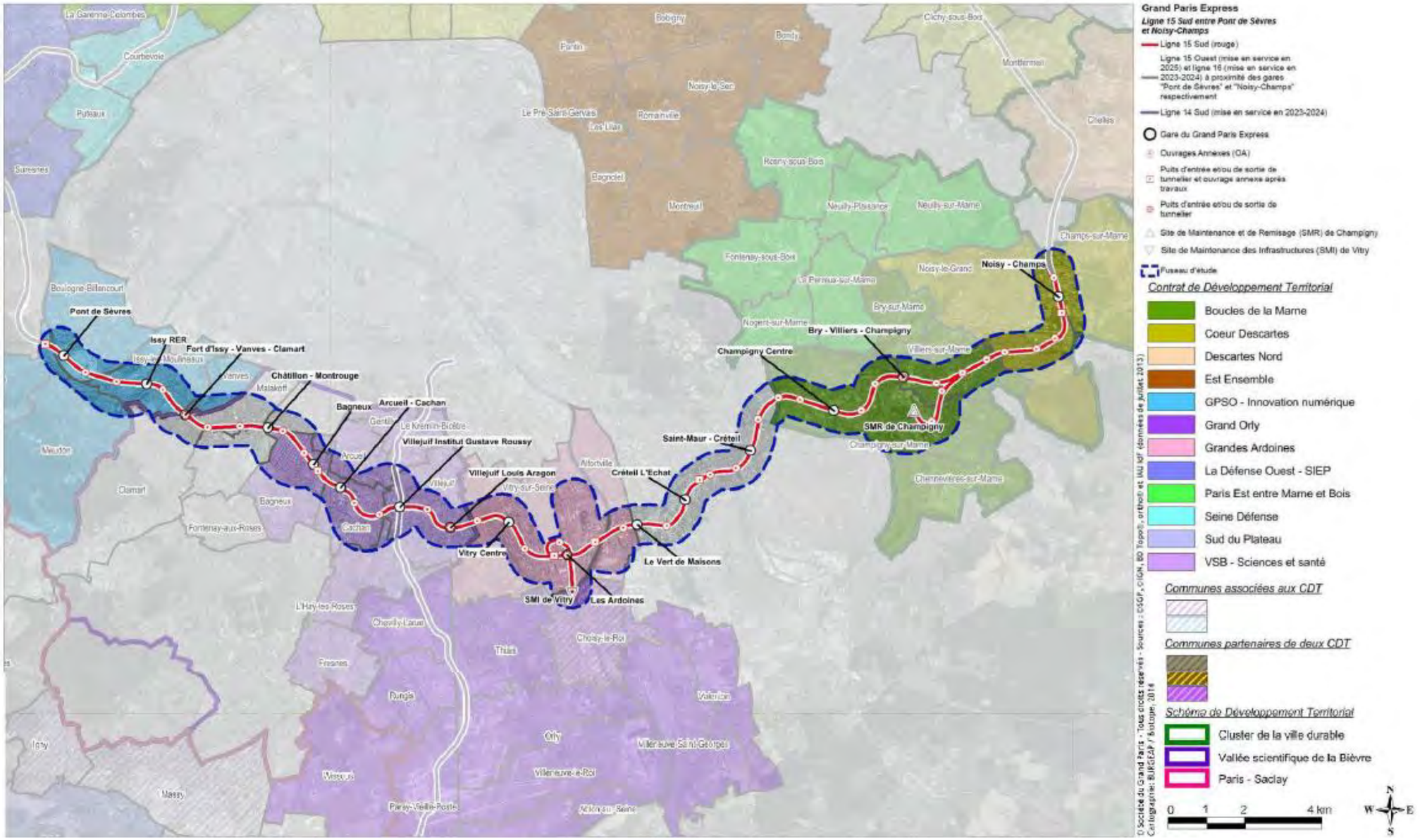
Les éléments relatifs aux projets limitrophes connus et aux Contrats de Développement Territorial (CDT sont présentés dans l'étude d'impact, dans la pièce B.1 à partir de la page 548, et dans la pièce B.3 à partir de la page 826.

Etat d'avancement des contrats et schémas de développement territorial (CDT)
(Source : Préfecture Ile-de-France, juillet 2014)

CDT	Signature de l'accord-cadre	Arrêt du CDT	Enquête publique	Signature du CDT
CDT Grand Paris Seine Ouest (GPSO) – Innovation Numérique	21 mars 2012	13 novembre 2012	5 juin – 5 juillet 2013	13 novembre 2013
CDT Vallée scientifique de la bièvre - Campus Sciences et Santé	9 février 2012	30 novembre 2012	27 mai-29 juin 2013	28 octobre 2013
CDT Grandes Ardoines	31 janvier 2012	22 mai 2013	15 septembre – 15 octobre 2013	20 décembre 2013
CDT Boucles de la Marne	21 mars 2012	17 décembre 2013	29 septembre 2014 – 30 octobre 2014	22 juin 2015
CDT Territoire de la transition énergétique (Cœur Descartes)	--	9 septembre 2013	5 janvier 2015 – 6 février 2015	Non encore signé au 30 septembre 2015

Principaux projets identifiés par les CDT et liens avec le projet de Ligne 15 Sud

CDT	Projets identifiés		Liens avec la ligne 15 sud	Principales caractéristiques
CDT Grand Paris Seine Ouest (GPSO) – Innovation Numérique	Aménagement urbain	Trapèze – Boulogne Billancourt (voir pièce B3 p832 et833) – Travaux en cours	Proximité immédiate de la Gare de Pont de Sèvres et de l'ouvrage annexe ZAC SAEM	Aménagement mixte logements bureaux voiries sur 74 ha
		ZAC Pont d'Issy – Issy les Moulineaux – Travaux en cours	Pas de lien direct	250 000 m² shon
		ZAC Bords de Seine – Issy les Moulineaux – Travaux en cours	Pas de lien direct	48 000 m² shon
		Ile Seguin – Boulogne Billancourt (voir pièce B3 p832 et833) – Travaux en cours	Proximité de la gare de Pont de Sèvres	En lien avec l'aménagement du Trapèze, restructuration complète de l'Ile Seguin – Transformation des Usines Renault en Pôle culturel
	Infrastructures	RD7 - rive gauche de la Seine entre Issy les Moulineaux et Sèvres (voir pièce B3 p834) – Travaux en cours	Pas de lien direct	Réaménagement routier desservant les ZAC Pont d'Issy et Bords de Seine
		Echangeur Manufacture - Pont de Sèvres – Rive gauche – Sèvres Meudon (voir pièce B3 p833) – Travaux en 2016-2020	Proximité immédiate de la Gare de Pont de Sèvres	Restructuration de l'échangeur du Pont de Sèvres connectant la RD7, la RN 118 et le pont



Localisation des CDT traversés par la ligne 15 Sud du Grand Paris Exrpress (extrait page 547 de la pièce B.1 de l’étude d’impact)

CDT	Projets identifiés		Liens avec la ligne 15 sud	Principales caractéristiques
CDT Vallée scientifique de la Bièvre - Campus Sciences et Santé	Infrastructures	Prolongation M4 à Bagneux (voir pièce B3 p837) – Travaux à venir, Ouverture 2019	Gare de Bagneux	Connexion directe avec la ligne 4 du métro prolongée
		Tramway Croix de Berny Clamart – TVM (Trans Val de Marne) – Mise en service prévue 2021	Pas de lien direct	Tramway en projet
	Aménagements	ZAC Campus Grand Parc – Villejuif (voir pièce B3 p838) – Etudes en cours	Gare de Villejuif IGR	Développement d'un pôle santé autour de la gare et de l'IGR – 1500 logements et équipements publics
		Site des Mathurins à Bagneux – Etudes en cours	Gare de Bagneux	Site de 16 ha, libéré en 2016 – Aménagement de quartier mixte logements équipements publics
		ZAC Victor Hugo et quartier Pierre plate à Bagneux (voir pièce B3 p836) – Etudes en cours	Gare de Bagneux	Eco quartier porté par la commune et zone d'habitat social
		ZAC Louis Aragon – Villejuif (voir pièce B3 p839) – Etudes en cours	Gare Villejuif Louis Aragon	Requalification urbaine centrée sur l'ancien site EDF

CDT	Projets identifiés		Liens avec la ligne 15 sud	Principales caractéristiques
CDT Grandes Ardoines	Aménagements	ZAC Gare Ardoines – Vitry sur Seine (voir pièce B3 p839) – ZAC créée Etudes en cours – Selon évolution DELEK	Gare des Ardoines	Sur 49 ha, 670 000 m² d'activités, 4200 logements et le pôle gare. L'évolution de ce secteur dépend fortement du futur du site DELEK : la fermeture est souhaitée mais dépend d'une DUP à conduire par l'Etat.
		ZAC Seine Gare Vitry – Vitry sur Seine – ZAC créée Etudes en cours	Entre la gare Vitry centre de la Ligne 15 sud et la gare RERC Vitry Alfortville	Sur 38 ha, 244 000 m² d'activités en ilots mixtes, 4300 logements.
		ZAC Rouget de l'Ile Vitry RD5 – Vitry sur Seine – ZAC créée Etudes en cours	Pas de lien direct	Requalification d'un secteur en friches, 136 000 m² shon logement et 70 000 m² shon activités
		ZAC Alfortville sud – ZAC créée Etudes en cours	Entre la Seine et la gare de Vert de Maisons de la Ligne	Requalification du quartier et reconquête des berges de Seine – Liaisons avec les Ardoines par pont sur la Seine et avec Créteil par

CDT	Projets identifiés		Liens avec la ligne 15 sud	Principales caractéristiques
			15 sud	passage sous RER D
		ZAC Lugo - Choisy le Roi – ZAC créée Etudes en cours	Pas de lien direct	Sur 11 ha, requalification de la zone entre les Ardoines et le centre ville.

CDT	Projets identifiés		Liens avec la ligne 15 sud	Principales caractéristiques
CDT Boucles de la Marne	Infrastructures	TCSP Altival (voir pièce B3 p840) - Mise en service prévue 2020	Gare de Bry-Villiers-Champigny, SMR Champigny	En lien avec le désenclavement et l'aménagement du quartier
		Requalification urbaine de la RD4	Pas de lien direct	En lien avec les liaisons est-ouest vers et depuis la Seine et Marne
	Aménagements	Site de l'ex Voie de Desserte Orientale 2020	Gare de Bry-Villiers-Champigny, SMR Champigny	Délaissé autoroutier réaménagé : corridor de développement économique, désenclavement.
		Secteur Gare Champigny centre – simultané gare	Gare Champigny centre	Requalification et densification du quartier autour de la gare
		Abords A4 (voir pièce B3 p841-ZAC des Simonettes) – ZAC créée études en cours	Gare de Bry-Villiers-Champigny	Requalification de ces abords et franchissements de l'A4 pour reconnexion aux quartiers au nord de l'A4.

CDT	Projets identifiés		Liens avec la ligne 15 sud	Principales caractéristiques
CDT Territoire de la transition énergétique (Cœur Descartes)	Aménagements	Pole Scientifique et Technique Champs sur Marne	Gare de Noisy Champs	Développement du Pôle existant sur 37000 m² de bâtiments scientifiques Potentiel de 200 000 m² shon
		ZAE des Richardets Noisy le Grand	Gare de Noisy Champs	Forte augmentation du nombre d'emplois présents sur le secteur
		Grand Projet Est Noisy le Grand	Gare de Noisy Champs	400 à 500 logements en voisinage proche de la gare
		Secteur de la gare de Noisy-Champs (voir pièce B3 p842) – Postérieur gare Noisy Champs	Gare de Noisy Champs	ZAC Ru de Nesles Grand projet d'aménagement en lien direct avec les gares de Noisy Champs de la ligne 15 sud et du RER A

Phase exploitation

Les projets d'infrastructures de transports en commun cités dans les tableaux ci-dessus ont une fonction similaire à la ligne 15 Sud : améliorer l'offre de transport pour réduire l'usage de la voiture dans les déplacements.

Accompagnés d'une restructuration du réseau local de bus (non définie à ce stade), qui leur donne leur véritable efficacité, ces projets connectent entre elles des infrastructures existantes et futures et densifient les mailles du réseau de transports publics de la région Ile de France.

Les effets positifs identifiés dans l'étude d'impact de la ligne 15 Sud en termes de mobilité, d'incidence sur l'utilisation de la voiture et, en corollaire, sur la qualité de l'air et la santé, sont complémentaires.

Les modélisations de trafics effectuées pour cette étude d'impact par la Société du Grand Paris, en particulier celles à horizon lointain (au dela de 2020) ont intégré les projets suffisamment connus. Les modélisations exploitant les résultats de ces modélisations de trafic (qualité de l'air, bilan carbone) en tiennent donc compte aussi dans les mêmes conditions. Les analyses exposées dans la pièce B3 sur ces sujets présentent donc les effets cumulés, le scénario présentant les résultats de la modélisation sans le projet de Ligne 15 Sud permettant de prendre en compte les évolutions de trafic liées aux seuls projets connus.

Plus généralement, comme il est indiqué aux chapitres de la pièce B3 relatifs à la mobilité (pages 685 et suivantes), à la consommation énergétique et gaz à effet de serre (pages 722 et suivantes), au bruit (pages 751 et suivantes) et à la santé et à la sécurité (pages 810 et suivantes), les effets positifs cumulés ne peuvent s'apprécier qu'à l'échelle d'un territoire correspondant au moins à celui desservi par la Ligne 15 Sud, voire à l'ensemble du territoire régional. Les modélisations évoquées ci-dessus sont à l'échelle de la région Ile de France et prennent en compte les trafics ferroviaires et routiers. L'analyse gare par gare apporte peu car les évolutions locales de modification du réseau de bus, de voirie, etc, rendues nécessaires par la construction de la gare ne sont pas définies à ce stade.

Effets cumulés Gare de la Ligne 15 Sud – Aménagements urbains - Cas particulier du site DELEK (CDT Grandes Ardoines)

Le départ du site DELEK est exprimé sous forme de vœu dans le CDT Grandes Ardoines, avec un délai pour 2020, et dans d'autres documents, en particulier le rapport du Commissaire Enquêteur sur le PPRT de l'usine DELEK, avec ou sans délai. Il est également précisé que ce départ doit faire l'objet d'une DUP portée par l'Etat. Les informations disponibles ne font état d'aucune procédure officielle à ce sujet. Des études ont été conduites, notamment sur la pollution des sols.

Il faut rappeler ici que ce dépôt pétrolier est raccordé à un pipeline TRAPIL et assure l'approvisionnement en carburant automobile et en produits pétroliers de chauffage d'une zone couvrant la banlieue sud pour l'essentiel.

Un départ du site DELEK suppose donc, soit :

- Une relocalisation permettant un approvisionnement par pipeline : ce genre de site est très difficile à trouver dans la région et suppose des études préalables importantes, notamment réglementaires,
- Une éviction pure et simple, négociée ou non, qui suppose un arrêt de l'autorisation d'exploiter le site, soit par échéance de l'autorisation en cours, soit par un arrêt imposé par un arrêté préfectoral (de DUP ou autre).

Le départ du site DELEK en 2020 est d'ores et déjà compromis par la durée des procédures et études à mettre en œuvre.

L'Autorité Environnementale demande la prise en compte de deux situations, l'une avec DELEK, l'autre sans DELEK.

Il est rappelé ici que la conception de la gare des Ardoines de la Ligne 15 Sud et de l'ouvrage annexe de la Friche Arrighi tient compte des dispositions du PPRT approuvé. Le devenir du site DELEK n'a donc aucune incidence sur la mise en service de la Ligne 15 Sud. Ces deux situations sont comparables pour la zone de la ZAC Gare Ardoines hors périmètre défini dans le PPRT approuvé le 6 mai 2015. Seule la zone du PPRT diffère. Tant que DELEK exercera son activité de dépôt pétrolier, il existera une zone non constructible dans ce périmètre du PPRT. Le projet urbain, porté par la ZAC, sera donc réduit en surface mobilisable, donc en nombre logements ou en nombre de m² d'activités réalisables.
En termes d'effets cumulés, la ZAC étant prépondérante par rapport à la gare sur la quasi-totalité des thématiques, et vu le contexte local de ce secteur de Vitry sur Seine, de lit majeur encore significativement industriel, les deux situations diffèrent peu. La source principale des différences est la surface réellement aménagée. Mais comme le secteur est déjà urbanisé, tous les effets liés à l'urbanisation existent déjà, l'aménagement urbain projeté conduisant à réduire les effets négatifs de l'urbanisation. Pour de nombreuses thématiques la réduction de la surface aménagée n'est pas significative. En plus la surface concernée, est isolée du reste de la ZAC par les voies du RER C.

Gare de Villejuif IGR

L'occupation des lieux va évoluer fortement. Le Parc des Hautes Bruyères, dans lequel est implantée la gare, va voir sa surface réduite et les abords de l'Institut Gustave Roussy (IGR) vont être restructurés.

Il convient de signaler ici que le projet de ZAC, porté par la SADEV 94, existait avant le projet de gare et reposait sur le développement d'un pôle de compétences médicales centré autour de l'IGR. Cette ZAC a un périmètre beaucoup plus large développé vers le nord, comme le montre la figure ci-dessus. Le périmètre incluait déjà une partie du Parc des Hautes Bruyères.

Le projet de gare consiste à aménager l'un des ilots de la ZAC en respectant les prescriptions générales imposées à l'ensemble de la ZAC.

Pour de nombreuses thématiques, les effets de la gare sont donc les effets d'un ilot, comparables aux autres ilots, ce que montre très bien la seconde figure ci-dessus.

La présence de la gare dans le projet de ZAC génère des effets particuliers liés principalement à la nouvelle offre de transport public :

- La gare permet à de nombreuses personnes venant à l'IGR (personnel, patients, visiteurs) de se déplacer en transport public plutôt qu'en voiture,
- Elle facilité la desserte des logements et des locaux d'activité : le quartier est relativement enclavé par rapport au réseau de transport public : l'IGR n'est actuellement desservi que par des bus ramenant les voyageurs sur la station de métro 7 Villejuif Louis Aragon. Les conditions de circulation vers cette station, connectée au tramway T7, sont difficiles aux heures de pointe.
- Elle va engendrer, dans le cadre du projet de ZAC, une restructuration des voiries de la zone concernée sur la figure ci-dessus : l'accès en voiture à l'IGR est nécessaire pour une partie des activités, dont les ambulances.
- Le parti architectural a choisi de montrer la gare et d'en faire une gare emblématique : la gare apporte une diversité architecturale et paysagère à la limite ZAC-Parc des Hautes Bruyères.

Le principal effet cumulé est positif : la gare devrait réduire l'usage de la voiture dans le quartier desservi, ou au moins son augmentation. Elle devrait donc contribuer à réduire les effets négatifs associés à cet usage en termes de qualité de l'air, de bruit et de sécurité.

La figure ci-dessous, également extraite du chapitre de présentation de la gare dans la pièce B2, montre l'implantation de la gare et des espaces proches : le parvis de la gare, exceptionnel par sa taille par rapport aux autres gares de la Ligne 15 Sud, est directement relié à la voirie riveraine requalifiée. Il constitue un espace ouvert entre le Parc des Hautes Bruyères et le bâti futur de la ZAC.



Présentation à titre indicatif de la gare de Villejuif IGR
(Source : Société du Grand Paris)

Cette image montre que de nombreux effets de la gare sont intégrés à ceux de la ZAC et que, donc les effets cumulés correspondant sont nuls.

Gare des Ardoines

La gare des Ardoines est associée à la ZAC Gare Ardoines. Le projet d'intérêt national « Orly Rungis Seine Amont », piloté par l'EPA ORSA, dont fait partie le projet de la ZAC « Gare Ardoines », s'étend sur 49 hectares et vise essentiellement la reconversion d'un territoire marqué par un passé industriel, son désenclavement et le développement des activités (secteur des biotechnologies, cluster eaux-milieux-sol, éco-construction).
Cette reconversion s'effectuera principalement par une restructuration et une densification urbaine. La requalification des espaces industriels permettra d'optimiser l'implantation des activités et de tendre vers une utilisation plus durable du territoire.

La figure ci-dessous, extraite de la pièce B3 (page 839 – chapitre effets cumulés sur le secteur des Ardoines) montre le périmètre de la ZAC et ses principales orientations.



Vitry-sur-Seine – ZAC Gare Ardoines – Plan stratégique (source EPA ORSA 2013)

L'évolution du site DELEK, dépôt pétrolier, conditionne la réalisation de cette ZAC dans les zones concernées par le PPRT, en particulier celles situées à l'est des voies du RER C. (voir observation 24 ci-dessus).

D'importantes transformations auront lieu au cœur du projet de la ZAC Gare Ardoines :

- la réalisation d'un franchissement des voies ferrées par un pont (projet du Conseil départemental 94) intégrant le transport en site propre TZen,
- la valorisation des halles SNCF permettant d'enclencher une dynamique métropolitaine de part et d'autre du faisceau ferré,

- la reconfiguration des activités ferroviaires RFF et SNCF (projet de création d'une 6ème voie et élargissement des quais existants).

Cette dynamique répond aux besoins de développement et de diversification de la ville par la création de logements, d'activités, d'emplois, d'équipements et de services de la ville et de la région.

La future gare s'implante au droit de l'actuelle gare RER C des Ardoines, à Vitry-sur-Seine. Elle occupe une position quasiment centrale dans le périmètre de la ZAC.
Le futur Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) est également situé dans le périmètre de la ZAC, le long des voies du RER C au sud, en limite avec l'A86.

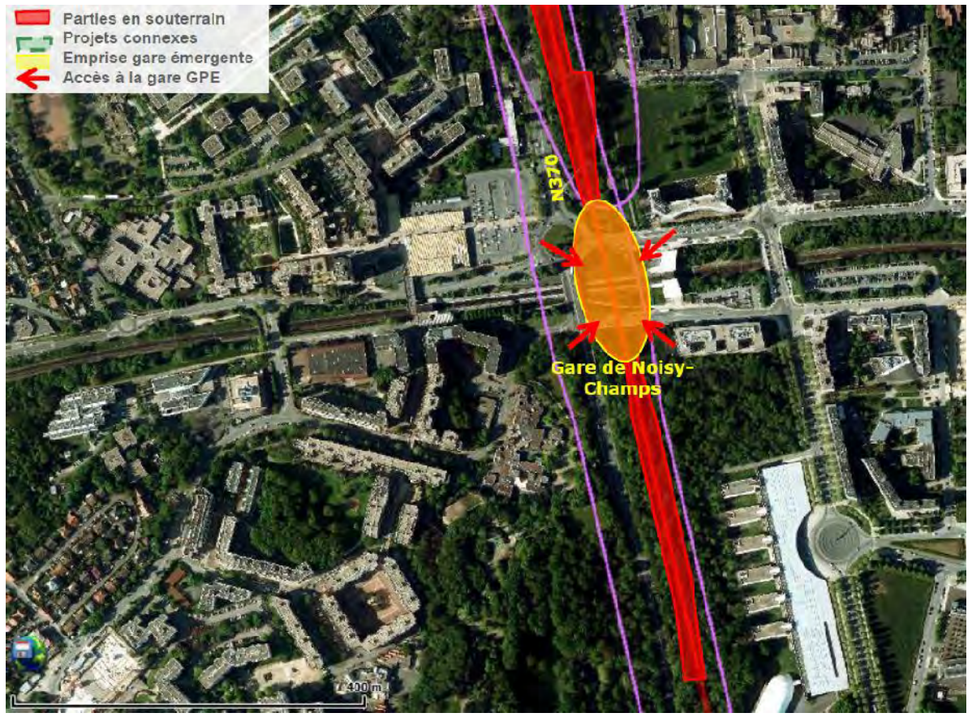
La construction de la gare, du SMI et de la voie d'accès au SMI, nécessite de démolir le bâti existant sur toute la surface comprise entre les voies du RER C, la Rue Léon Geffroy, la gare actuelle et le pont de l'A86. Cette surface représente une surface significative du périmètre de la ZAC, environ 30 %. La présence de ces ouvrages contraint également le futur bâti sur les zones démolies en termes de fondations (une partie des ouvrages est souterraines), et d'organisation (la zone est inondable et le respect de la réglementation est très contraignant).
Le projet de ligne 15 Sud a donc modifié significativement le projet de ZAC Gare Ardoines préexistant, qui reste cependant un projet de requalification et de densification urbaine.
Les impacts à l'échelle de la ZAC restent cependant identiques car les objectifs de transformation urbaine n'ont pas changé. Ils sont cependant conditionnés au devenir du site DELEK.

Comme pour la gare de Villejuif IGR ci-dessus, la gare et le SMI constituent chacun un lot ou ilot de la ZAC et s'inscrivent donc dans les prescriptions générales. Ces ouvrages gèrent donc spécifiquement, comme les autres lots de la ZAC le feront, les eaux pluviales, les terres polluées déblayées, les interfaces avec les espaces publics, etc.
Les principaux effets cumulés portent sur les problématiques associées à la mobilité : la gare renforce l'offre de transport public existante orientée vers Paris (RER C). Elle a donc les mêmes effets cumulés.

Gare de Noisy Champs

La gare de Noisy-Champs est la seconde gare emblématique de la Ligne 15 Sud du point de vue architectural. A ce titre, elle repose sur un parti architectural montrant la gare. Cette gare est aussi exceptionnelle par la nature des ouvrages à construire et son statut de terminus particulier.

La figure ci-dessous est extraite du chapitre de présentation de la gare de la pièce B2. Elle montre de façon schématique l'implantation de la gare, et des parties souterraines exceptionnelles, dans son environnement actuel. Elle permet de constater que cet environnement est déjà urbanisé mais qu'il reste une surface significative d'espaces verts, en particulier au nord et au sud des voies du RER A sous forme de bande boisée.



Insertion de la gare de Noisy-Champs (Source : Société du Grand Paris)

L'existence de ces bandes boisées est clairement à l'origine de la position de la gare à cet endroit et de l'orientation de l'axe principal des avant et arrière gare. Cela permet d'envisager des travaux en réduisant fortement les démolitions de bâti existant, dans une zone où il est plutôt récent.

La figure ci-dessous est extraite des documents d'avant projet de la gare reprenant des esquisses des études du projet urbain. Elles montrent une préfiguration du futur environnement urbain de la gare de Noisy-Champs.



Perspective extraite du dossier des études du projet urbain–Ateliers Lion (10/09/2014)

Cette figure montre que le projet urbain voisin de la gare consiste d'abord à densifier l'urbanisation au détriment des espaces verts existant, qui voient donc leur surface réduite considérablement. Le site de la gare fait l'objet de nombreux projets d'urbanisation associés à la gare existante du RER A et conduisant à l'état futur présenté : la ZAC du Ru de Nesles, le Grand Projet Est et le développement Cœur Descartes.

Ces projets sont préexistants au projet de la ligne 15 Sud dans des formes un peu différentes et moins organisées :

- la volonté de renforcer le pole scientifique Descartes existe depuis avant 2009,
- la ZAC du Ru de Nesles, portée par l'EPAMARNE, est antérieure au projet de la Ligne 15 Sud : elle a d'ailleurs été intégrée à la DUP.
- Le projet Grand Est, porté par la commune de Champs sur Marne, est également antérieur.

La réalisation de tous ces projets conduisait de fait à la quasi disparition des zones boisées où est implantée la gare. Même sans le projet de la Ligne 15 Sud, le secteur aurait donc été fortement urbanisé et la zone boisée actuelle défrichée en grande partie.

Les ouvrages à construire en tranchée couverte (depuis la surface) pour la Ligne 15 Sud étant de grande ampleur, la gare et les ouvrages associés seront construits en premier, les projets d'urbanisation étant mis en œuvre par la suite. L'emprise chantier de la gare sera restituée, hors bâti, sous forme d'un espace vierge reconstitué à la surface du sol, prêt pour les futurs travaux urbains. En particulier, le futur Boulevard du Ru de Nesles sera mis en place au dessus des ouvrages de la gare, en particulier les avant et arrière gare.

Les effets négatifs engendrés par la gare, en particulier ceux affectant le milieu naturel (défrichement, déplacement d'espèces protégées, zones humides), sont aussi des effets des projets urbains concernés par l'occupation des terrains rendus libres pour la gare.

Ces effets sont définis pour la gare car les travaux de la gare sont réalisés en premier. Les effets spécifiques au projet urbain, donc supplémentaires sont liés au défrichement de surfaces non impactées par la gare et à la disparition des zones humides associées. L'aménagement du Boulevard du Ru de Nesles, en particulier la construction des bâtiments riverains explique ce besoin de surface supplémentaire.

Les images ci-dessus montrent que l'imperméabilisation des terrains spécifiquement liés à la gare représente une petite partie de celle des terrains liés aux projets urbains. La gestion des eaux pluviales de la gare sera donc intégrée à celle des projets urbains futurs, de sorte que les effets cumulés sur cette thématique sont nuls. Il en est de même sur les aspects paysagers.

Le projet urbain intégrant la gare, les effets du projet urbain sont largement prédominants par rapport à ceux de la gare qui y sont intégrés. Comme pour les gares précédentes, les effets cumulés principaux sont liés à l'amélioration de l'offre de transport public et aux effets induits associés.

2.4 Analyse des variantes

(§2.2 – page 11) : « L'Autorité environnementale recommande de compléter la présentation de l'analyse des variantes de la gare de Noisy-Champs en rappelant les projets urbains prévus dans le CDT Coeur Descartes sur le secteur de la Butte verte, ainsi que les effets cumulés des deux projets et le processus et les raisons qui ont finalement conduit à privilégier cette variante. »

Dans le cadre de la procédure de déclaration d'utilité publique (DUP), l'étude d'impact présentait l'étude de 3 scénarios d'implantation pour la gare de Noisy-Champs :

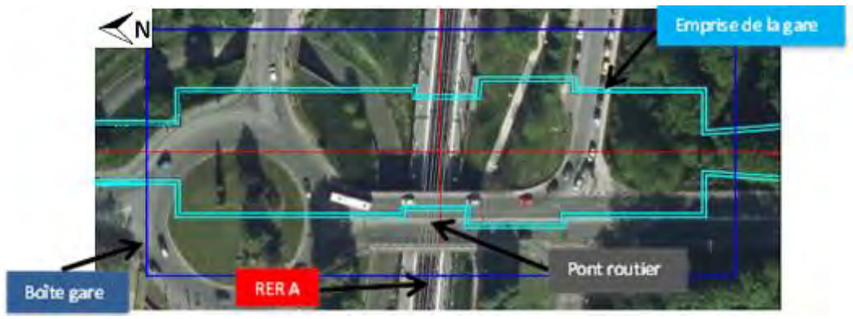
- Un premier scénario (scénario 1) proposant le positionnement de la gare au nord des voies du RER A actuel ;
- Un autre scénario (scénario 2) avec une gare centrée au niveau des voies du RER A ;
- Un dernier scénario (scénario 3) où la gare est positionnée au sud des voies du RER A.

Dans le cadre de l'étude d'impact réalisée au stade de la DUP, le scénario 2 a été retenu afin de favoriser la desserte avec le différent quartier qui entourent la gare, la correspondance avec le RER A ainsi que les échanges intermodaux.

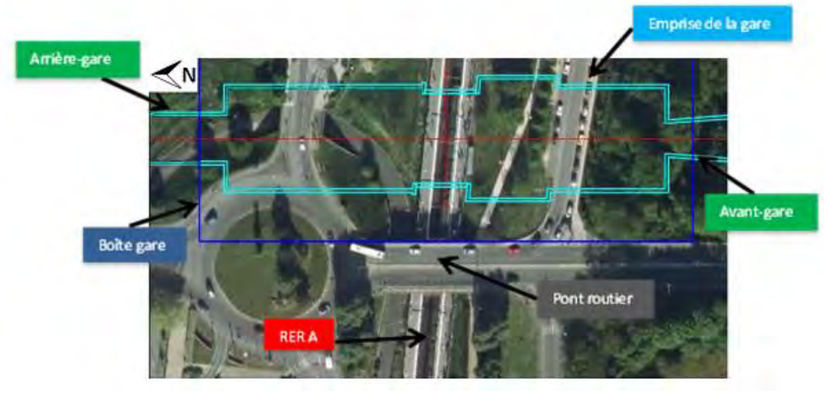


Ce scénario a ainsi été développé lors des études de conception (phase avant-projet) et a abouti à la présentation des deux variantes décrites dans le présent dossier d'étude d'impact (§4.5.16 de la pièce B.2). Ces deux variantes présentent donc la localisation de la gare centrée sur les voies du RER A (plan Nord-Sud), avec :

- Pour la variante 1, une implantation de la gare en partie au niveau du pont routier du ru de Nesle,
- Pour la variante 2, un décalage vers l'est de la gare, qui ne se trouve plus en interaction avec le pont routier du boulevard du ru de Nesle.



Plan d'implantation de la gare de Noisy-Champs : variante 1



Plan d'implantation de la gare de Noisy-Champs : variante 2

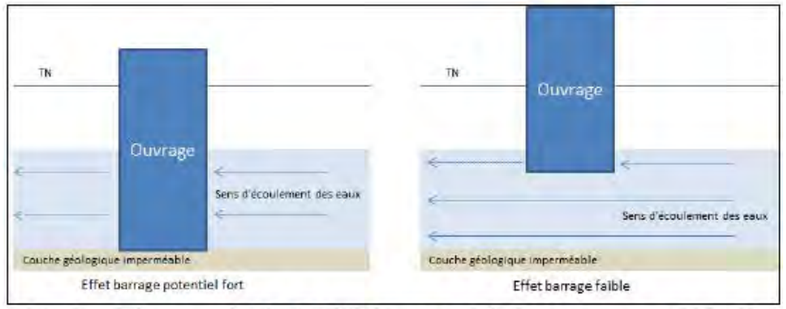
Les différents scénarios étudiés ne sont pas susceptibles d'impacter les projets limitrophes, prévus notamment dans le cadre du Contrat de Développement Territorial (CDT) Coeur Descartes comme le projet de la ZAC Ru de Nesles. Il convient de se reporter à la carte de ce projet présentée à la page précédente.

2.5 Aspects relatifs à l'eau

2.5.1 L'effet barrage

(§2.3.1.4 – page 13 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande :
- De préciser les suites qui pourraient être données à des résultats piézométriques non conformes vis-à-vis de l'effet barrage attendu du fait des ouvrages souterrains ;
- De présenter les résultats de la modélisation annoncée pour quantifier l'effet barrage au niveau de la gare de Noisy-Champs, ainsi que les dispositions prévues pour assurer la transparence hydraulique de l'aménagement. »

Lorsqu'un ouvrage souterrain intercepte tout ou partie d'un aquifère, un relèvement de la nappe est observé en amont et un abaissement à l'aval (cf. figure suivante). Il s'agit d'un phénomène représentatif de l'effet potentiel du projet en phase d'exploitation.



Représentation conceptuelle de l'effet barrage entraîné par un ouvrage pénétrant entièrement ou en partie dans une nappe
(Figure réalisée par BURGEAP)

Pour évaluer cet effet potentiel, des modélisations hydrogéologiques ont été réalisées au niveau des secteurs sensibles. L'effet barrage dépend principalement de trois paramètres :
- De l'orientation de l'ouvrage souterrain par rapport au sens d'écoulement de la nappe ;
- Du gradient hydraulique de la nappe, c'est à dire la pente de la surface piézométrique : plus le gradient hydraulique sera élevé au niveau de l'ouvrage, plus l'effet barrage sera important ;
- De la pénétration de l'ouvrage dans l'aquifère occulté : plus l'épaisseur d'aquifère occultée est importante et plus l'effet barrage pourra être fort.

Les résultats des modélisations sont présentés dans la pièce B.3, dans la rubrique « 1.6.5 Impacts de la construction sur les écoulements souterrains en phase d'exploitation (« effet barrage ») et mesures d'accompagnement » à partir de la page 354. Les modélisations n'identifient pas de secteurs particulièrement sensibles quant à l'effet barrage.

Une légère incertitude a néanmoins été soulevée au niveau de la gare de Noisy-Champs liée à la présence d'une nappe superficielle dont le fonctionnement n'est pas connu précisément (se référer aux pages 382 et 383 de la pièce B.3). Le projet de la gare de Noisy-Champs traversera localement toute l'épaisseur de l'aquifère superficiel du Calcaire de Brie, qui abrite une nappe située à 4 m de profondeur environ. Dans cette configuration il existe un risque potentiel que l'ouvrage constitue un barrage aux écoulements.
Si l'orientation de l'ouvrage est prévue dans le sens de la pente topographique, et apparait comme plutôt favorable en termes de limitation de l'effet barrage, compte tenu de la longueur conséquente de cette gare, il paraît nécessaire de réaliser des études détaillées permettant de quantifier précisément le phénomène d'effet barrage. Ces études comprennent la réalisation d'investigations complémentaires et une modélisation hydrogéologique.

A ce titre, il est prévu d'assurer un suivi de la nappe pendant la phase travaux par la pose de piézomètres supplémentaires. Les données issues de cette campagne à venir seront intégrées dans une modélisation hydrogéologique locale dont la méthodologie est présentée ci-dessous.

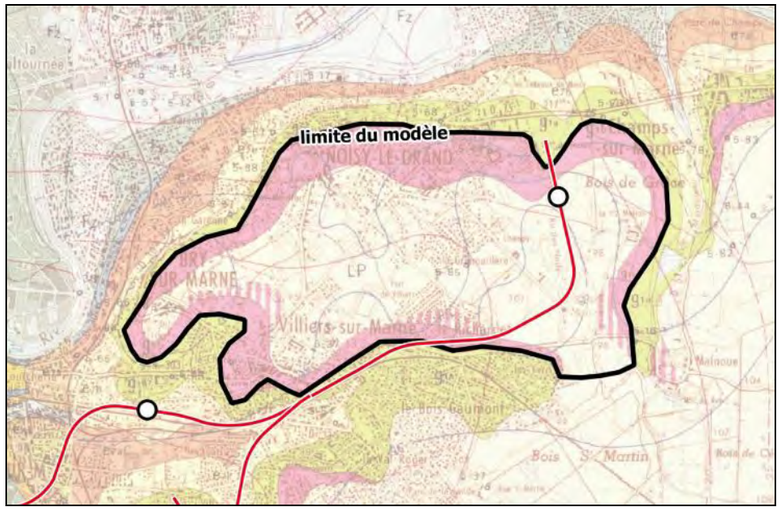
Ces mesures de suivi seront mises en place avant le démarrage de la phase travaux permettant ainsi de valider l'état piézométrique de référence.
L'occultation de la nappe se fera dès le début des travaux lors de la mise en place des parois moulées. Par conséquent, s'il y a une occultation de la nappe et donc effet barrage, le phénomène sera mis en évidence par les mesures de suivi dès le début de la phase travaux avant même le démarrage significatif des terrassements. Ainsi, la détection d'un éventuel effet barrage non conforme aux prévisions pourra donc être appréhendée très rapidement.

Dans le cas où l'effet barrage sera négligeable et conforme aux prévisions, les travaux se poursuivront comme prévu dans le planning général.

Dans le cas contraire, où l'effet barrage ne serait pas conforme aux prévisions, un système de réduction pourra être envisagé.
La détection précoce de l'anomalie permettra très rapidement :
- De réinterpréter le contexte hydrogéologique avec les résultats du suivi mis en place afin de comprendre l'origine de l'anomalie,
- Sur la base de ces résultats, de dimensionner un dispositif de réduction en cours de travaux. Les systèmes de réduction consistent à drainer les eaux en amont afin de rétablir le niveau de nappe à un niveau proche de l'état initial, et à réinjecter ces eaux en aval.
  Ce type de dispositif de régulation, dont le principe général est schématisé page 384 de la pièce B.3 de l'étude d'impact (page 384 par exemple), peut être constitué de dispositifs variés tels que les barbacanes, puits de pompages et réinjection ou ré-infiltration, drains.

Dans le cas où un effet barrage sensible était identifié, les mesures mises en œuvre pendant les travaux seraient de fait maintenues en phase d'exploitation.

<u>Éléments de méthodologie concernant la modélisation à venir :</u>
Le modèle représentera donc un aquifère unique alimenté par la pluviométrie et limité par sa zone d'affleurement avec les argiles qui constituent sa base. Il permettra de reproduire le fonctionnement particulier du Calcaire de Brie aux alentours de Noisy-Champs et d'évaluer les impacts du projet vis-à-vis de la nappe.
Le modèle sera délimité par les argiles vertes (débordement de la nappe des Calcaires de Brie au nord dans la vallée de la Marne, à l'est dans la vallée du Merdereau), et une limite au Sud-Est vers le Bois Saint-Martin, le long de laquelle des apports d'eau seront pris en compte, sur la base de calculs de recharge et de bassins-versants. Cette recharge ainsi que celle prise en compte dans l'emprise du modèle seront calculées au moyen de valeurs de précipitation, d'évapotranspiration et de ruissellement (données Météo-France).



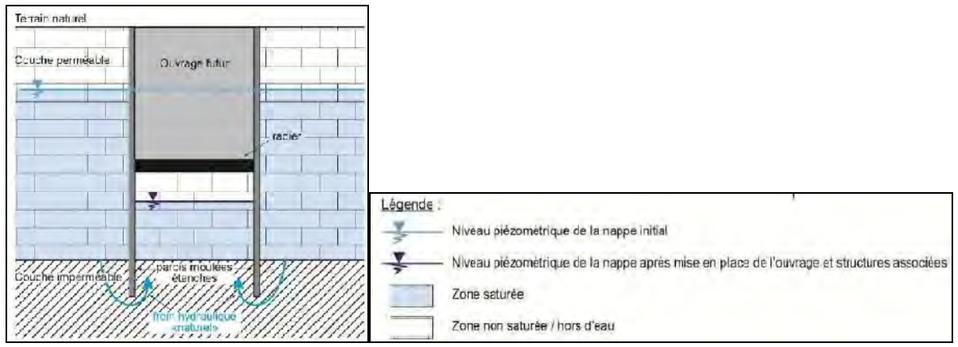
Réflexion sur le périmètre d'étude de la modélisation (source : Burgeap)

Dans un premier temps, le modèle sera utilisé pour reproduire la situation piézométrique de référence qui sera établie grâce aux nouvelles mesures piézométriques. Pour ce faire, les perméabilités de l'aquifère seront ajustées de manière à reconstituer le plus fidèlement possible par le calcul les hauteurs de nappe mesurées. Le calage sera réalisé en régime permanent c'est-à-dire que les caractéristiques de l'écoulement de la nappe sont constantes dans le temps.
Le modèle servira ensuite à évaluer l'impact du projet sur la nappe, définit comme l'écart entre le niveau de nappe après et avant-projet. Des simulations seront réalisées en intégrant dans le modèle calé des mailles de faible perméabilité représentant le projet. La piézométrie restituée par le modèle avec le projet sera comparée à la piézométrie initiale pour calculer un écart se traduisant en relèvement de nappe ou rabattement de nappe. Des mesures pourraient alors être mises en œuvre comme indiquées ci-dessus.

2.5.2 Les éléments relatifs à l'hydrogéologie

(§2.3.1.5 – page 14 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de reprendre de manière plus didactique la présentation des scénarios et la justification des débits d'épuisement issus de la modélisation des rabattements de nappe durant les phases de chantier. »

La construction des ouvrages souterrains comme les gares nécessite d'évacuer l'eau comprise entre les parois moulées. L'estimation des volumes d'eau récupérés pendant les phases de chantier s'appuie sur les caractéristiques des couches géologiques, des nappes d'eaux souterraines, des ouvrages prévus et des méthodes constructives retenues. A ce titre, le recours à la méthode dite des parois moulées permet de réduire de manière très importante ces volumes.



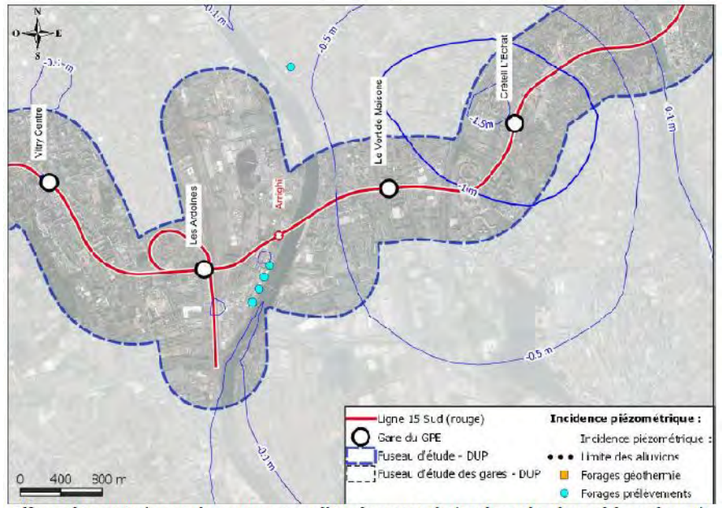
Extrait de l'étude d'impact (pièce B.3 – page 264)

Ces volumes, dits débits d'épuisement sont indiqués à la page 308 de la pièce B.3 de l'étude d'impact, ils correspondent aux débits maximums estimés par les maîtres d'œuvre en charge de l'élaboration de la ligne 15 Sud.
Ces valeurs sont issues d'une estimation prenant en compte un critère de sécurité concernant la performance des dispositions constructives qui seront réalisées et considérant chaque ouvrage de manière isolée. Cette estimation repose sur l'hypothèse que le rabattement provoqué par le pompage au droit de l'ouvrage considéré n'atteint pas les ouvrages voisins. En négligeant l'abaissement piézométrique induit par les pompages voisins, des débits au droit de l'ouvrage considéré sont donc majorés. Cette approche représente le cas le plus pessimiste en termes d'estimation des débits mais pas nécessairement en termes d'impacts.

Les éléments d'explication présentés dans le dossier sur les modélisations hydrogéologiques peuvent être complétés par les explications suivantes.

<u>Deux démarches ont été menées en parallèle :</u>

- La première approche est celle correspondant au cas de figure « probable » : le principe de cette approche consiste à représenter dans le modèle les ouvrages avec les performances normales attendues des dispositions constructives retenues pour chaque ouvrage (paroi moulée et fond injecté). Cette méthodologie n'a pas pour objectif de restituer les débits calculés par les maîtres d'œuvre car ceux-ci intègrent des conditions dégradées de performance par sécurité. Cette approche permet par contre d'évaluer les impacts du projet pour des conditions normales de performances attendues des dispositions constructives. Les débits restitués sont vraisemblables et inférieurs aux débits de pointes calculés par les maitres d'œuvres. Les effets piézométriques résultants sont considérés comme vraisemblables.



Effets piézométriques des pompages d'épuisement de la phase la plus critique (cas de figure probable) dans la nappe alluviale au niveau de la plaine de Vitry
(Figure issue du modèle réalisé par BURGEAP)

- La seconde approche correspond à un cas de figure di «extrême» en termes de concomitance des travaux et de performance des dispositions constructives, cette approche prend en compte un critère de sécurité.
  Pour mener cette approche, chaque débit de pointe maximal est restitué pour chaque gare prise individuellement en restant ainsi cohérent avec la démarche de calcul des maîtres d'œuvre. Cette étape a permis de définir une performance dégradée des dispositions constructives par rapport à la situation « normale » donnée dans la première approche.

Cependant, les périodes les plus critiques du chantier, en termes d'impact, ne correspondent pas aux phases de pompage localisés individuellement gare par gare mais lorsque plusieurs gares sont réalisées en même temps. Pour définir des scénarios de simulation permettant d'évaluer les impacts, une analyse précise du planning de chantier a été réalisée afin de déterminer les périodes les plus défavorables en termes de pompage cumulés.
Quatre scénarios ont été définis qui représentent 4 périodes du chantier où les effets piézométriques attendus seront potentiellement les plus importants.

La valeur de 100 % du « dénoyage maximal dans l'enceinte des parois moulées » signifie qu'à l'instant qui est simulé, une gare atteint sa profondeur maximale de terrassement. A cet instant, l'intensité d'épuisement est maximale. Néanmoins, il ne s'agit pas nécessairement de la période pour laquelle le débit de pompage sera le plus élevé. En effet, la baisse piézométrique engendrée, au droit de la gare considérée, par les pompages simultanés des ouvrages voisins induit une diminution du débit d'épuisement nécessaire pour atteindre la cote de terrassement voulue au droit d'une gare.

Ainsi, pour un dénoyage à 100 % au droit d'une gare, les débits seront supérieurs s'il n'existe aucun pompage simultané dans les gares à proximité

En d'autres termes, le débit de pompage nécessaire pour épuiser la nappe en un point donné et à une cote de terrassement donnée, variera en fonction de l'historique des pompages des gares alentours mais ne dépassera pas le débit du tableau de référence. Ces débits sont ceux présentés en pages 314, 316 et 319 de la pièce B.3 de l'étude d'impact. En tout état de cause, les quatre scénarios retenus reflètent les périodes où les impacts piézométriques seront les plus importants.

Les écarts de valeurs de débits entre les modélisations cas « extrême » et les débits maximaux indiqués en page 308 par les maitres d'œuvre peuvent par ailleurs s'expliquer par de petites incertitudes normales liées aux modèles, ces différences restent acceptables.

Dans le cas particulier de la gare de Saint-Maur-Créteil, le débit d'épuisement n'est pas dépendant de la performance des dispositions constructives.
Ce débit en phase travaux a été évalué par le maitre d'œuvre avec une marge de sécurité importante pour tenir compte notamment de la possible présence de craie fissurée localement (débit de 250 m3/h). L'existence de failles profondes dans la craie n'est pas courante dans ce secteur et peut être considérée comme un phénomène localisé et aléatoire.
Ainsi, le débit d'épuisement annoncé pour cet ouvrage reflète un cas extrême, ponctuel et temporaire, lié à un aléa géologique difficilement mesurable. Cet aléa ne peut être restitué par une modélisation globale qui doit représenter les caractéristiques générales de la craie à grande échelle ; dans le cas présent un aquifère peu productif.

Le modèle représente une situation stabilisée et non pas l'effet possible temporaire d'une éventuelle zone fissurée affectant la craie. Le modèle restitue le schéma régionalement admis pour la craie profonde sous recouvrement tertiaire à savoir une craie globalement peu productive et peu alimentée car bien isolée de la surface par une importante épaisseur de terrains peu perméables. Par conséquent, le débit restitué pour la cote de terrassement la plus profonde (100 %) est nettement inférieur au débit retenu par le maître d'œuvre.

2.5.3 La prise en compte du risque lié à la présence de gypse

(§.2.3.1.5 – page 15 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de poursuivre les investigations pour affiner l'évaluation du risque lié à la dissolution du gypse, le cas échéant, de renforcer les dispositions de renforcement prévues au droit des zones de fragilité pressenties, et de préciser les suites qui pourraient être données à des résultats positifs sur les marqueurs de ce phénomène lors du suivi mis en place. »

Pour une infrastructure souterraine de cette envergure, la prise en compte des risques géologiques représente un des principaux enjeux environnementaux. Les diagnostics ont porté sur les différents aléas des territoires concernés, la présence d'anciennes carrières, de zones de gypse susceptibles de présenter des phénomènes de dissolution du gypse, et d'argiles.

En ce qui concerne le gypse, les sondages de sol ont permis d'identifier la présence de secteurs concernés (se référer à la page 104 de la pièce B.3 de l'étude d'impact), de manière non significative au niveau du plateau de Villejuif, de manière faible entre Bagneux et Créteil, et de manière plus présente dans les formations des Marnes et Caillasses le long du tracé.

Concernant le plateau de Villejuif, une couverture relativement importante (30 à 45 m) et imperméable (présence continue d'argile verte) isole les formations gypsifères (essentiellement Masses et Marnes du Gypse et Marnes Infra Gypseuses) des circulations superficielles à l'origine du phénomène de dissolution.

S'agissant de la section entre Villejuif et la vallée de la Bièvre, où la réduction de couverture sur le versant et l'érosion peut exposer les niveaux concernés à une éventuelle dissolution du gypse, une attention particulière est prévue pour la réalisation des travaux. Il est à ce titre prévu :

- Une surveillance des indicateurs gypse dans les eaux de pompage pour constater une éventuelle évolution des phénomènes de dissolution,
- Un suivi renforcé des tassements et mouvements de terrain,

- L'intégration dans la conception du tunnelier de la possibilité de réaliser de manière localisée des forages de reconnaissance à l'avancement depuis le tunnelier.
- Dans le cas où des vides significatifs seraient détectés lors des travaux, un comblement par coulis pourra être réalisé.

L'identification de terrains décomprimés au niveau de la future gare des Ardoines a conduit à prévoir la réalisation d'injections dans le sous-sol en amont des travaux de creusement.

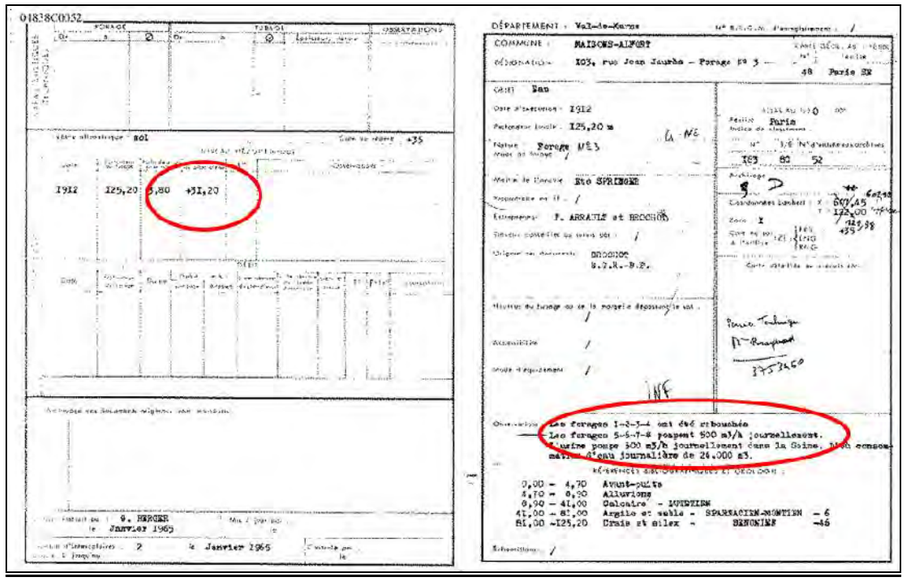
Pendant les travaux, il est prévu d'assurer une surveillance des ouvrages souterrains par des auscultations de surface en temps réel. Cette auscultation couplée à un suivi par interférométrie radar (sur une surface plus importante) permettra de localiser des zones qui bougeraient anormalement symptomatiques d'une réactivation du phénomène, l'objectif affiché étant ainsi d'intervenir immédiatement sur la zone et d'injecter si cela s'avérait nécessaire.

Concernant l'hydrogéologie, et comme indiqué pour l'observation n°1, un suivi piézométrique sera réalisé, également pendant la phase d'exploitation.

S'agissant de la situation à Vitry-sur-Seine, l'Autorité environnementale indique que « le retour d'expérience fondé sur un pompage unique n'est pas forcément représentatif des conséquences prévisibles du projet du fait de l'étendue du phénomène de rabattement de nappe. »

Sur ce point, il peut être précisé que les éléments de l'étude d'impact s'appuient sur une analyse historique des pompages de la plaine de Vitry. En effet, depuis des dizaines d'années, un prélèvement d'eau souterraine très important est pratiqué dans l'aquifère du Lutétien pour des besoins industriels dans un contexte géologique tout à fait comparable au projet et dans le même secteur géographique. Le volume total pompé pour les besoins industriels est estimé à au moins 7 fois le volume qui sera pompé pour les travaux de réalisation des gares, et ce, sans apparition de désordres connus attribuable à des phénomènes de dissolution du gypse anté-Ludien.

En premier lieu, il ne s'agit pas d'un pompage unique mais du prélèvement réalisé sur un groupe de puits dont le débit a pu atteindre 500 m3/h comme l'atteste l'extrait d'une fiche BSS donné ci-dessous. Cette fiche indique que « les forages 5-6-7-8 pompent 500 m³/h quotidiennement ».



Extrait de la fiche BSS des captages au niveau de la plaine de Vitry-sur-Seine (source : BRGM)

Le débit pompé à l'époque est donc très important et tout à fait comparable au débit qui sera pratiqué durant les travaux du projet. Le pompage à ce débit a nécessairement entrainé un phénomène de rabattement étendu intéressant donc une zone géologique suffisamment grande pour être représentative des conditions géologiques intéressant le projet.

Ce pompage historique, de par son ampleur, semble constituer une véritable expérience en grandeur nature, pertinente pour permettre de considérer comme limité le risque de désordre lié au phénomène de dissolution du gypse.

2.5.4 Gestion des eaux d'épuisement et compatibilité avec le SDAGE

(§.2.3.1.6 – page 16 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de :
- Réaliser, ouvrage par ouvrage, une analyse spécifique approfondie des trois hypothèses de rejet des eaux d'épuisement, tant sur le plan technique que du point de vue de leurs coûts ;
- Compléter l'analyse de la compatibilité des dispositifs prévus vis-à-vis du SDAGE sur ce point, en actualisant les termes au regard du projet 2016-2021 en cours de finalisation. »

Sujet des rejets d'eau d'épuisement :

Le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) et la doctrine technique établie par la Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie d'Ile de France (DRIEE) indique en ce qui concerne le rejet des eaux, de privilégier dans un 1er temps la réinjection en nappe afin de limiter l'impact quantitatif sur la ressource d'un dispositif d'épuisement. Dans le cas où cette solution ne s'avère pas faisable, le rejet au réseau hydrographique est ensuite envisagé. Enfin, en cas d'impossibilité physique ou de contrainte technico-économique trop forte pour la réinjection et le rejet en cours d'eau, un rejet au réseau peut être retenu en respectant les conditions de rejet (débit, volume, qualité, taxes) appliquées par le gestionnaire local du réseau.
Ces éléments sont présentés dans l'étude d'impact, au niveau de la pièce B.3 dans le chapitre « 1.6.4.2 Stratégie générale de gestion des rejets des eaux souterraines » (pages 341 et suivantes).

Point sur la réinjection des eaux d'épuisement :
La réinjection des eaux d'épuisement est possible sur le principe au niveau de chaque ouvrage émergent. Extrait de la page 341 de la pièce B.3 : « Pour pouvoir envisager un dispositif de réinjection en nappe, il est nécessaire de satisfaire un certain nombre d'exigences :
- L'aquifère doit être suffisamment productif pour que le dispositif soit efficace […] ;
- Le contexte environnemental et géologique doit être favorable, pour ainsi éviter tout risque de déstabilisation lié à la présence de couches compressibles ou de minéraux sensibles (gypse par exemple). […] La réinjection des eaux résiduelles dans des zones sensibles pourrait créer des cônes de réinjection au niveau des puits et accélérer les vitesses de circulation des eaux ;
- La qualité de l'eau doit être compatible ou « traitable » en tenant compte de l'espace disponible sur le chantier pour respecter les objectifs de gestion qualitative des ressources […] ;
- L'espace foncier doit être suffisant pour l'installation des différents éléments du système de réinjection (puits et dispositifs de traitements éventuels). Concernant les puits de réinjection, ceux-ci doivent être positionnés à l'extérieur des enceintes, à au moins 4 m environ des parois moulées. […]

La prise en compte du critère « coûts » constitue un des éléments décisionnels pour les rejets des eaux d'exhaure vers les réseaux existants.
En effet, bien que les rejets en réseaux soient conditionnés par des conventions de rejets (incluant les taxes appliquées par le gestionnaire concerné), ceux-ci restent d'une manière générale plus avantageux d'un point de vue « technico-économique » que les autres dispositifs (création de puits de réinjections ou nouvelles canalisations à installer).

Les volumes estimés d'eau d'épuisement pour la construction des ouvrages de sécurité restent limités (se référer aux pages 291 et 292 de la pièce B.3), ils sont compris en majorité entre 1 et 30 m3/h. Dans ce contexte, il n'est pas pertinent de proposer une réinjection pour des volumes de cet ordre de grandeur. Ce choix repose notamment sur analyse technico économique par rapport à la solution de rejet au réseau :
- l'essentiel de ces gares sont concernées par les risques liés aux anciennes carrières (les 4 premières de la liste),
- la nappe du Calcaire grossier, nappe concernée par une éventuelle réinjection pour les gares précédentes est profonde, au moins 20 m, ce qui peut représenter un coût trop important au vu des besoins,
- Pour les autres gares, c'est la nappe associée aux marnes du gypse, aux marnes supragypseuses ou au calcaire de Brie qui est concernée. A l'exception de la dernière, ces nappes sont concernées à grande profondeur, plus de 20 m et il faudrait réinjecter à la même profondeur.

Certaines gares présentent également des volumes faibles de débits d'eau d'exhaure en phase travaux pour assurer une réinjection. Il s'agit notamment des gares suivantes :
- Gare de Fort d'Issy Vanves Clamart ;
- Gare de Châtillon Montrouge ;
- Gare de Bagneux ;
- Gare d'Arcueil-Cachan ;
- Gare de Villejuif IGR ;
- Gare de Villejuif Aragon ;
- Gare de Champigny Centre ;
- Gare de Noisy-Champs

Pour la construction des autres gares, il convient d'étudier aussi les aléas géologiques éventuels présents (voir le tableau de synthèse de complément de l'observation n°11, pour les eaux pluviales). Pour les risques liés à la présence de gypse, il convient de se référer aux éléments de la page 251 de la pièce B.3. Pour les risques liés aux anciennes carrières, il convient de se référer aux éléments des pages 233 à 235 de la pièce B.3.
L'aléa « anciennes carrières » concernent notamment :
- Gare des Ardoines ;
- Gare de Créteil L'Echat ;
- Gare de Champigny Centre ;
- Dans une moindre mesure mais présent, Saint Maur – Créteil, et Bry Villiers Champigny.

L'aléa « gypse » concerne des zones plus diffuses, l'enjeu étant néanmoins bien plus fort quant au principe de réinjection, susceptible d'entrainer de nouvelles circulations d'eaux souterraines dans le sous-sol. L'aléa concerne notamment :
- Gare de Vitry Centre ;
- Gare des Ardoines ;
- Friche Arrighi ;
- Gare Le Vert de Maisons ;
- Gare de Créteil L'Echat ;
- Gare de Champigny Centre.

S'agissant de la gare de Pont de Sèvres, les contraintes fortes du site liées à l'exiguïté de l'emprise chantier, la présence de pollutions dans les couches souterraines conduisent à écarter la solution de réinjection pour cette gare.
Point sur le rejet des eaux d'épuisement dans le milieu naturel :
Les possibilités de rejets en phase chantier des eaux d'épuisement dans les cours d'eau ont été étudiées et présentées dans le dossier d'étude d'impact (se référer notamment à la page 349 de la pièce B.3 de l'étude d'impact).
Trois principaux ouvrages sont localisés en bord de cours d'eau :
- La gare de Pont de Sèvres ;
- Le puits de départ de tunnelier au niveau de la friche Arrighi :
- Le puits de départ de tunnelier au niveau de l'Ile de Monsieur.

Pour Pont de Sèvres et la friche Arrighi, cette solution est à ce stade du projet en cours d'étude pour la phase chantier. La présence de pollutions sur le site est une contrainte forte pour assurer un rejet au milieu compatible avec les objectifs de bonne qualité des eaux. Des dispositifs de traitement seraient à ce titre envisagés pour permettre de respecter les valeurs limites. Les dernières études techniques doivent permettre d'évaluer le potentiel des emprises chantier pour intégrer ces dispositifs de traitement, que ce soit en termes de surface et d'organisation des travaux.

En ce qui concerne l'Ile de Monsieur, les enjeux de ce site conduisent à écarter cette solution. La présence de nombreuses frayères existantes, et la mesure compensatoire liée à la ligne 15 Sud qui vise à développer sur un grand linéaire de nouvelles zones de biodiversité au niveau des berges limite cette solution.

Point sur le rejet des eaux d'épuisement dans les réseaux existants :
Au vu des éléments présentés ci-dessus, cette solution est retenue pour la quasi-totalité des ouvrages de la ligne 15 Sud. Cette démarche s'appuie sur l'identification des réseaux existants, les cartes de localisation sont ainsi présentées dans l'étude d'impact, leurs capacités, et les valeurs limites éventuelles à prendre en compte. S'agissant des accords avec les gestionnaires, comme l'indique l'étude d'impact en page 342 de la pièce B.3, « Au stade actuel du projet, et compte tenu du fait que les pompages d'épuisement ne débuteront pas avant 2017, ces procédures administratives ne sont pas finalisées. La société du Grand Paris enverra à la police de l'eau une copie des documents administratifs autorisant les rejets temporaires d'eaux d'épuisement aux réseaux d'assainissement 1 mois avant le démarrage des opérations de pompage. »

La disposition 5 du SDAGE Seine Normandie actuellement en vigueur concerne l'amélioration des réseaux d'assainissement. Pour les rejets d'eau d'épuisement, la compatibilité avec cette disposition peut s'apprécier de la manière suivante :
Une démarche d'optimisation des débits, donc des volumes, à rejeter au réseau est en cours :

- l'amélioration continue de la connaissance doit conduire à rechercher la diminution de ces volumes et débits, dans l'intérêt du Maître d'ouvrage (paiement de redevances),
- la conception des ouvrages, en particulier le dimensionnement fin des ouvrages de type paroi moulée et fond injecté, répond à la même préoccupation,
- le raisonnement à l'échelle d'un tronçon de ligne (et non gare par gare), comme réalisé dans la pièce B3, entre également dans cette démarche.

Enfin, la concertation étroite avec les gestionnaires de réseaux récepteurs est engagée et doit permettre d'optimiser les rejets aux réseaux.

Par ailleurs, les travaux de dévoiement des réseaux existants vont contribuer au renouvellement de sections de réseaux. Ces opérations, copilotées par les gestionnaires, s'inscrivent dans la démarche d'amélioration prévue dans le cadre général.

Cette démarche d'étude et ces éléments s'inscrivent pleinement dans la démarche fixée par le SDAGE en vigueur. L'analyse faite dans l'étude d'impact de la compatibilité du projet avec les orientations du SDAGE est complétée par les éléments ci-dessous.

Sujet de la compatibilité au SDAGE en vigueur :

L'analyse de la compatibilité du projet avec les orientations du Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) est présentée dans l'étude d'impact, au niveau du chapitre « 5.1 Compatibilité avec les documents de planification de la ressource en eau » (pages 885 et suivantes).
S'agissant des rejets d'eaux, l'analyse concerne principalement deux sujets, la gestion des eaux pluviales, et la gestion des eaux d'exhaure.

Le tableau et les éléments ci-dessous complètent les éléments disponibles dans l'étude d'impact.

Défi	Orientation	Disposition	Analyse compatibilité
D1 – Pollutions ponctuelles classiques	O1 – Pollutions ponctuelles classiques	Dispo1 – Adapter les rejets issus des collectivités, des industriels et des exploitations agricoles au milieu récepteur	Pour chaque ouvrage (voir le chapitre 1.4 de la pièce B3, pages 134 à 202), les débits rejetés en phase d'exploitation sont régulés selon les prescriptions des gestionnaires de réseau. Ils sont donc adaptés au milieu récepteur. En phase chantier, les eaux pluviales sont également régulées sur les mêmes bases lorsque des ruissellements sont susceptibles de sortir de l'emprise chantier. Les rejets d'eaux d'exhaure sont rejetés au réseau et font l'objet de concertation avec les gestionnaires de réseau. L'acceptation de ces débits par les gestionnaires vaut adaptation.
		Dispo5 – Améliorer les réseaux d'assainissement	Le projet contribue à cette disposition sous les formes suivantes : - renouvellement lors des travaux de déviation, - amélioration du fonctionnement par régulation des débits apportés (Voir ci-dessous et voir à la fin du chapitre Eaux d'épuisement)
	O2 – Rejets pluviaux en milieu urbain	Dispo6 – Renforcer la prise en compte des EP par les collectivités	Le projet organise une gestion des eaux pluviales par ouvrage en concertation avec les gestionnaires de réseau.
		Dispo7 – Réduire les volumes rejetés sans traitement par temps de pluie	En phase d'exploitation, les eaux de toiture sont récupérées, donc cela contribue à la réduction globale des volumes rejetés. Les eaux hors toiture font l'objet d'une régulation et d'un traitement par décantation.

		Dispo8 – privilégier les techniques alternatives et le recyclage des eaux pluviales	Le recyclage des eaux pluviales reste envisagé au niveau de certaines gares qui collectent à part les eaux de toitures. Les techniques alternatives sont employées en complément du rejet au réseau : la configuration des emprises dédiées au projet, y compris en phase chantier, ne permet pas de systématiser ces techniques. L'infiltration est cependant utilisée en phase exploitation pour les ouvrages annexes et sur toutes les emprises en phase chantier. Le SMR de Champigny met en œuvre des toitures végétalisées.
D2 – Pollutions diffuses			Le projet n'émet pas de substances relevant des pollutions diffuses (nitrates, phytosanitaires).
D3 – Substances dangereuses			Le projet n'émet pas de substances relevant des substances dangereuses.
D4 – Réduire les pollutions microbiologiques des milieux			Le projet n'émet pas de pollution microbiologique.
D8 – Limiter et prévenir le risque d'inondation	O33 – Limiter le ruissellement	Dispo145 – Maitriser l'imperméabilisation et les débits de fuite en zones urbaines, en distinguant les zones nouvelles et anciennes, pour limiter l'aléa au risque d'inondation à l'aval	Voir les dispositions 7 et 8 et ci-dessous
		Dispo146 – Privilégier dans les projets neufs ou de renouvellement les techniques de gestion des eaux pluviales à la parcelle limitant le débit de ruissellement	Voir les dispositions 7 et 8 et ci-dessous

S'agissant des mesures prévues pour retenir à la source les eaux pluviales, il convient de se référer aux éléments réponses apportés à l'observation n°11 de la présente note. La démarche s'inscrit pleinement dans le cadre des orientations du SDAGE. Certaines contraintes ou caractéristiques d'ouvrages limitent de fait le recours à certains dispositifs.

De manière générale, pendant la phase chantier :
- La délimitation des emprises chantier permet de contrôler les ruissellements sortants : soit une forme de gestion à la parcelle ;
- Les rejets font l'objet d'une régulation à un débit très inférieur au débit initial (quelques l/s/ha pour des débits de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de l/s). Les débits sortants sont donc moins élevés que les débits initiaux. Cela contribue donc à l'amélioration du fonctionnement des réseaux ;
- Les rejets font l'objet d'un traitement basé sur la décantation, la qualité des eaux rejetées est maîtrisée. Il y a une obligation de résultat sur ce sujet rappelée plusieurs fois dans le dossier.

De manière générale, pendant la phase d'exploitation :
- Les eaux de ruissellement des ouvrages annexes situés en espaces verts sont gérées par infiltration dans ces espaces. Pour les autres ouvrages, les surfaces imperméabilisées sont réduites ;
- Pour certaines gares, les eaux de toitures sont gérées à part pour envisager la récupération. Elles sont ensuite régulées, soit à part, soit avec les eaux hors toitures.
- Le SMR Champigny et la gare de Vitry Centre utilisent les techniques alternatives.
- Le rejet à la Seine reste envisagé pour certains ouvrages, ce qui contribuerait à décharger les réseaux d'eaux pluviales.

En conclusion, pour les eaux pluviales, le projet répond aux dispositions du SDAGE Seine Normandie actuel et est donc compatible. La gestion des eaux d'exhaure par rejet au réseau a été conçue en concertation avec les gestionnaires de réseaux dans les objectifs du SDAGE actuel.

Sujet de la compatibilité au SDAGE à venir :

Le SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau côtiers normands est en cours de révision. Le SDAGE 2016-2021 est actuellement en phase terminale d'élaboration : il était en consultation du public du 19 décembre 2014 au 18 juin 2015. Pour réviser le SDAGE, le Comité de bassin a d'abord élaboré un «état des lieux», approuvé en décembre 2013, permettant de délimiter les masses d'eau du bassin Seine et cours d'eau côtiers normands, de réévaluer leur état et d'identifier les sources de pollutions à l'origine de leur dégradation. Cet état des lieux a permis de mettre en avant les principaux enjeux de la gestion de l'eau à l'horizon 2021, c'est-à-dire les facteurs empêchant d'atteindre les objectifs demandés par la Directive Cadre sur l'Eau.

Globalement, le nouveau SDAGE en projet renforce les politiques de l'eau dans les 8 grands défis en confortant les objectifs affichés et en développant les moyens pour y parvenir. Il est structuré sur le même principe que le SDAGE actuel.

Les dispositions ont été complétées sur les points suivants :
- D1.4 : Impact des infiltrations en nappes : ce point a été un élément important de la conception de la gestion des eaux pluviales. Le sous-sol présente des risques liés aux circulations d'eau qui ont conduit à limiter l'infiltration.
- D1.9 : réduire les volumes collectés par temps de pluie : ce point a été envisagé dans la conception du projet en utilisant les capacités existantes de l'infiltration (voir ci-dessus) et en laissant la possibilité de récupérer tout ou partie des eaux de toiture.
- D1.10 : Optimiser le système d'assainissement pour limiter les rejets : La gestion des eaux pluviales mise en place contribue à réduire les débits rejetés aux réseaux, donc à améliorer localement leur fonctionnement.

Les mesures prévues dans le cadre de la ligne 15 Sud répondent à la démarche fixée par le futur SDAGE. Le projet est donc compatible avec le SDAGE en cours de révision.

2.5.5 Prise en compte du SAGE Marne Confluence :

(§.2.3.2 – page 16 de l'avis de l'AE) : « Une présentation des mesures éventuelles prévues par le programme de mesures (PdM) associé au SDAGE et des intentions du SAGE [Marne Confluence] notamment en matière de restauration des milieux aurait été pertinente. »

Le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) Marne Confluence est située sur le territoire des communes de Saint-Maur-des-Fossés (94), Champigny-sur-Marne (94), Villiers-sur-Marne (94), Noisy-le-Grand (93) et Champs-sur-Marne (77), soit au niveau de la section Est de la future ligne 15 Sud.
Ce schéma vise à fixer les objectifs communs d'utilisation, de mise en valeur et de protection qualitative et quantitative de la ressource en eau et des milieux aquatiques sur un territoire cohérent.



SAGE Marne Confluence (Source : www.sage-marne-confluence.fr)

Pour son élaboration, une phase préliminaire s'est déroulée sur la période 2007-2010, et a permis de définir la structure du schéma, en particulier le périmètre fixé par arrêté préfectoral du 14 septembre 2009, et la composition de la Commission Locale de l'Eau (CLE).
La phase d'élaboration qui se déroule depuis 2010 a permis à ce stade de faire l'état initial et le diagnostic du territoire, d'analyser les différents scénarios possibles de gestion de l'eau. Un projet a été retenu par la CLE lors de leur commission du 17 novembre 2014. Cette phase d'élaboration n'étant pas terminée, les éléments du SAGE ne présentent pas encore de caractère réglementaire.

La stratégie retenue pour le SAGE repose sur les objectifs principaux suivants :
- Un incontournable réglementaire pour le SAGE : les objectifs de la DCE et du SDAGE
- Le retour de la baignade en Marne : l'engagement sur une échéance
- La continuité effective du Domaine Public Fluvial (DPF)
- La « redécouverte » des affluents de la Marne par la population et les élus

<u>Cette stratégie est divisée en plusieurs actions, dont le cadre est le suivant pour les réseaux d'assainissement :</u>
- Une accélération significative de la mise en conformité des branchements,
- L'amélioration des réseaux sur quelques secteurs très ciblés, identifiés comme points noirs dans le diagnostic (sur le bassin du Morbras, et en rive droite de la Marne),
- La poursuite de la réduction des rejets polluants non domestiques,
- La mise à jour et la mise en cohérence des schémas directeurs d'assainissement.

S'agissant du projet de la ligne 15 Sud, plusieurs actions peuvent présentées un lien avec les modalités de réalisation des ouvrages du métro. L'implantation des gares et des ouvrages annexes depuis la surface nécessite le plus souvent de déplacer les réseaux de canalisations, présents dans les premiers mètres du sous-sol. Il s'agit de construire de nouveaux réseaux de déviation pour éviter les zones de chantier du futur métro. Ces opérations contribuent à la rénovation des réseaux, et aux objectifs de réduction des pollutions émises par les réseaux.

<u>Cette stratégie est divisée en plusieurs actions, dont le cadre est le suivant pour la gestion des eaux pluviales :</u>
- La mise en place de stratégies de gestion des eaux pluviales à la source, à l'échelle des sous-bassins versants,
- La coordination et la couverture complète du territoire en zonages pluviaux intégrant les prescriptions des schémas départementaux en la matière,
- La promotion des techniques alternatives de gestion des ruissellements pour les nouveaux projets d'aménagement.

S'agissant du projet de la ligne 15 Sud, la gestion des eaux pluviales au niveau des ouvrages émergents (gares, ouvrages de sécurité, sites de maintenance) est prévue selon plusieurs modalités :
- En phase chantier, les eaux pluviales sont confinées dans l'emprise chantier, toute sortie est régulée et traitée,
- En phase exploitation, les eaux pluviales feront également l'objet de gestion adaptée, en lien avec les règles locales. Sur le SMR, des mesures spécifiques sont prévues, comme la mise en œuvre d'une toiture végétalisée contribuant à une gestion volontaire des eaux.

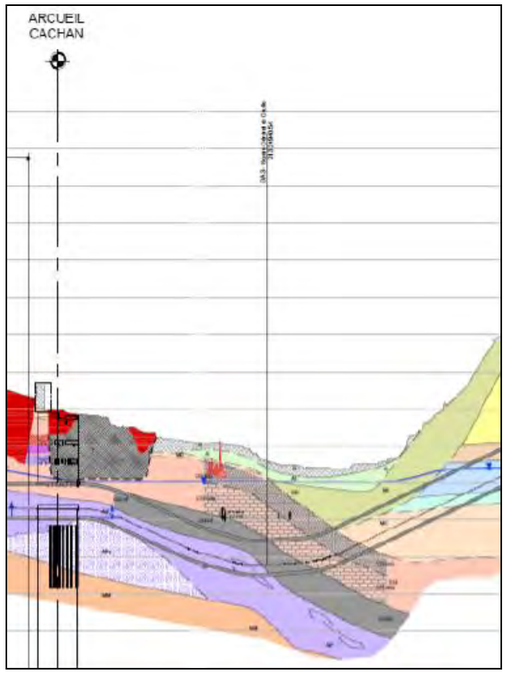
D'autres actions portent sur l'emploi de produits phytosanitaires, et la restauration des milieux aquatiques au niveau de la Marne. Sur ces sujets, le projet de la ligne 15 Sud ne présente pas d'enjeux particuliers. En effet, la gestion des espaces verts prévus au niveau de certains ouvrages de la ligne sera prise en charge par les acteurs locaux. S'agissant de la Marne, le projet ne prévoit pas l'implantation d'ouvrages en lien avec le cours d'eau. Les éventuels rejets d'eaux dans la Marne se feront par le biais de réseaux de canalisations existants dont les critères de quantité et de qualité seront bien intégrés au niveau des ouvrages du projet.

En conclusion, il est considéré que le projet de la ligne 15 Sud s'intègre bien dans la stratégie définie par le schéma d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) Marne Confluence.

2.5.6 Prise en compte d'une canalisation existante au niveau de la Bièvre

(§.2.3.2.1 – page 16 de l'avis de l'AE) : « En outre, des débordements du réseau d'assainissement (dans lequel la Bièvre canalisée est intégrée) sont possibles sur le secteur Arcueil-Cachan. L'Autorité environnementale relève que la vulnérabilité des ouvrages à ce type d'évènement n'est pas analysée. L'Autorité environnementale recommande de compléter l'étude d'impact par une analyse des risques de débordement du réseau d'assainissement. »

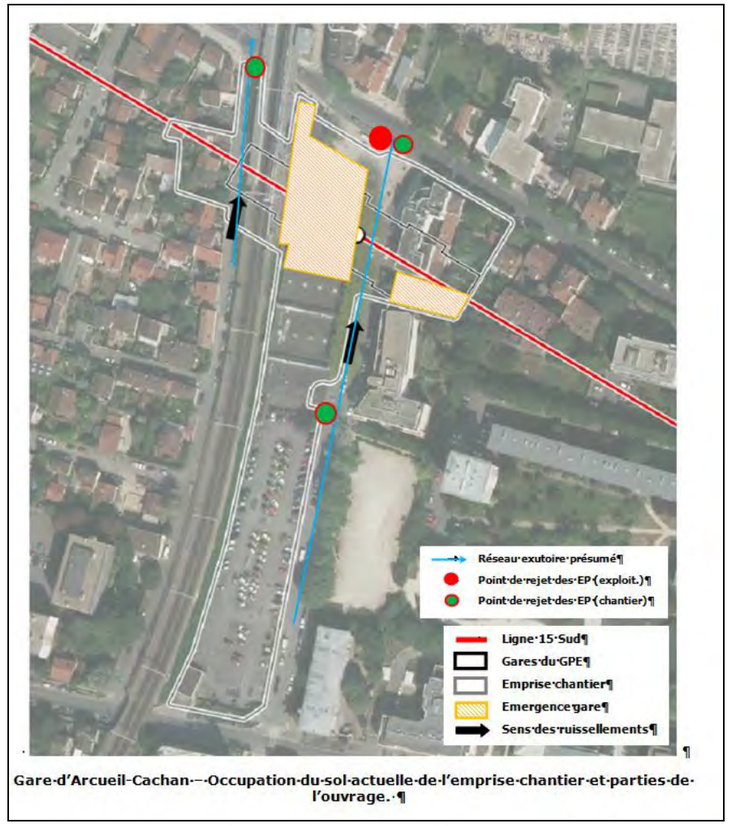
Cette note présente les éléments relatifs aux interactions entre le réseau d'eau pluviales et la gare d'Arcueil Cachan située au niveau de la vallée de la Bièvre. La figure ci-dessous montre la position topographique de la gare par rapport au fond de la vallée de la Bièvre.



Extrait de l'étude d'impact, pièce B.3 page 211

Cette figure permet de constater que la gare n'est pas située en fond de vallée. Le fond de vallée se situe à une cote d'environ 47 m NGF. La gare se situant environ 10 à 12 m plus haut, elle n'est pas sensible à une inondation.

Par rapport au fonctionnement du réseau d'eaux pluviales situé à proximité, la figure ci-dessous, extraite de la pièce B.3 de l'étude d'impact rappelle la configuration des réseaux aux abords de la gare.



Gare·d'Arcueil-Cachan·–·Occupation·du·sol·actuelle·de·l'emprise·chantier·et·parties·de·l'ouvrage.·¶

Extrait de l'étude d'impact, pièce B.3 page 155

Le débordement éventuel des réseaux indiqués a peu de chance d'affecter les abords de la gare pour les raisons suivantes :

- Les flèches noires de la figure indiquent le sens de la pente des réseaux et de la voirie qui les surplombe : les eaux de débordement s'écouleront donc préférentiellement vers le Nord (situé en haut de la figure).
- Les eaux du secteur de la gare auront donc tendance à s'écouler vers l'est (à droite de la figure) et le feront au plus tard au niveau de la voie située eu niveau des 3 points de rejet. Ces eaux n'envahiront donc pas les abords de la gare : elles ne resteront pas car la pente est suffisante pour les évacuer.
- Pour la branche située à l'Ouest de la voie actuelle du RER (Ouest de la gare), les eaux de ruissellement suivront l'axe de la flèche noire et du réseau car la voie du RER est située sur un talus de plusieurs mètres de haut. Le seul passage vers l'Est et l'emprise de la gare est situé au niveau du pont sous la voie RER (à proximité des 3 points de rejet).
- Le débordement sur les abords de la gare est très peu probable compte tenu de la pente de cette voie : les eaux descendront vers le fond de la vallée de la Bièvre.

Le projet ne modifie pas le fonctionnement actuel des réseaux de ce secteur.

2.5.7 Prise en compte du risque inondation dans les projets connexes

(§.2.3.2.1 – page 16 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de présenter, pour chaque gare située en zone inondable, les impacts de l'ensemble des projets connexes et autres fonctionnellement liés, et de démontrer, pour les projets connexes, leur compatibilité avec les prescriptions des PPRI correspondants, ainsi que les modalités de mise en œuvre de leurs prescriptions. »

Les projets connexes, prévus au niveau de certaines gares de la ligne, ne constituent pas des projets sous maitrise d'ouvrage de la Société du Grand Paris. Leur réalisation relève d'opérateurs économiques tiers, qui auront à leur charge l'ensemble des demandes d'autorisations nécessaires à ces projets immobiliers.

Toutefois, pour les gares de Créteil l'Echat et la gare de Vert-de-Maisons, situées en zone de risque d'inondation, les études de maitrise d'œuvre ont identifié la possibilité technique de créer des volumes de compensation dans les parkings souterrains de ces projets immobiliers connexes. Cette approche permet notamment d'assurer une meilleure intégration urbaine et fonctionnelle de la gare dans son environnement en évitant la création sur les emprises de la gare de bassins de compensation à ciel ouvert ou en ouvrage.

L'étude de ces options permet à la Société du Grand Paris de s'assurer de leur faisabilité technique en amont de la désignation d'un promoteur. Pour l'ensemble des cas, il est prévu d'établir un cadre contractuel avec l'opérateur économique en charge du projet connexe afin de s'assurer de la réalisation de ces volumes, conformément aux prescriptions définies au regard des besoins de la gare.

<u>Pour la gare de Créteil l'Échat :</u>
Pour compenser les volumes pris à la crue par la gare de Créteil l'Échat, le cahier des charges élaboré par la Société du Grand Paris impose au promoteur la mise en place d'un volume de compensation dédié de 1930 m3, répondant aux besoins de la gare (étant précisé que le projet connexe de Créteil l'Echat est lui-même intégralement situé en dehors du zonage réglementaire du PPRI).

<u>Pour la gare de Vert de Maisons :</u>
Dans l'option de mise en œuvre d'un projet connexe, la SGP imposera au promoteur un volume de de compensation de 2 090 m3 dans le parking souterrain, qui permettra d'assurer la compensation en cas de crue. L'emprise de l'opération étant située en zone bleue du zonage du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI), il appartiendra au porteur du projet de démontrer la compatibilité du projet immobilier avec le PPRI. De manière générale, le règlement du PPRI sur ce zonage autorise sur le principe ce type d'aménagement. Sa faisabilité n'est pas remise en cause.

2.5.8 Mise en œuvre des mesures compensatoires liées au risque inondation

(§.2.3.2.1 – page 17 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de préciser la localisation et les caractéristiques des sites de compensation volumique prévue et de s'assurer de leur fonctionnalité pour différents niveaux de crue. »

La réalisation de la future ligne de métro nécessite l'implantation en surface d'ouvrages spécifiques, comme les gares, les ouvrages de sécurité et les sites de maintenance. Certains sites d'implantation sont concernés par un aléa inondation lié à la proximité de la Seine et de la Marne. Si la réalisation de l'infrastructure est autorisée par les plans de prévention des risques locaux, il est nécessaire de maintenir les volumes actuels dédiés à l'expansion des eaux de crue (se référer à la page 24 de la pièce B.3).
Les mesures compensatoires prévues pour chaque ouvrage concerné sont présentées à partir de la page 30 de la pièce B.3. Il s'agit le plus souvent de décaissement au niveau du terrain naturel autour des ouvrages, et de la création de parkings souterrains inondables en lien avec des projets limitrophes portés par d'autres opérateurs. Enfin, les démolitions nécessaires dans le cadre de la requalification urbaine prévue au niveau du secteur des Ardoines permettent également de dégager de nouveaux volumes de compensation des inondations.

<u>Analyse de la fréquence d'inondabilité liées aux mes mesures compensatoires de la ligne 15 Sud :</u>
En dehors des gares de Vert de Maisons et de Créteil L'Echat, les mesures de compensation des volumes pris à la crue sont situées à proximité des ouvrages ou des groupes d'ouvrages. Les décaissements éventuels sont réduits et limités en surface et en volume. L'abaissement du terrain futur par rapport au terrain naturel n'est pas significatif, de l'ordre de 20 à 40 centimètres au maximum. Les mesures décaissements s'intégreront dans les projets d'aménagement urbains définitifs.
Ces abaissements topographiques ne modifient pas sensiblement les conditions d'inondabilité des ouvrages concernés, en particulier la fréquence. La modification portera sur une ou deux années de période de retour. Il n'a pas non plus de conséquence à plus grande échelle car les zones concernées sont avant tout des zones de stockage du volume de la crue. A l'échelle de l'ensemble de la zone inondable, les surfaces concernées sont minimes et représentent moins de 1 % de la surface totale inondable.

S'agissant de la gare de Vert de Maisons, la mesure compensatoire se situe dans la même tranche altimétrique que le volume résiduel pris à la crue. Le parking est donc inondé dans les mêmes conditions que la zone actuelle : il faut que la crue dépasse le talus constitué des voies du RER D et grandes lignes de train pour inonder la zone. Ces conditions ne sont pas modifiées par le projet.



Plan du projet de parking souterrain (niveau -1) du projet connexe de la gare de Vert de Maisons (Source : Société du Grand Paris)

Vert de Maisons (page 102 de la pièce B.3)



Plan de démolitions prévues au niveau de la gare de Créteil L'Echat (page 79 de la pièce B.3)

Concernant la gare de Créteil L'Echat, elle se trouve à en limite de la zone inondable, elle n'est touchée par l'inondation que par la crue centennale. La mesure compensatoire ne change pas ce contexte.

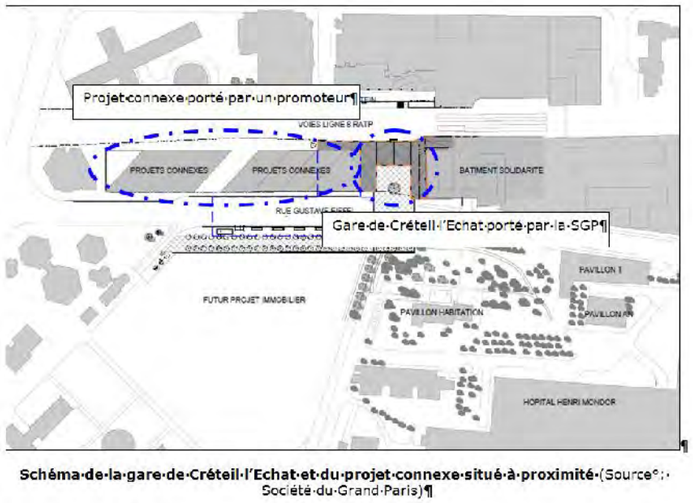


Schéma de la gare de Créteil l'Echat et du projet connexe situé à proximité (Source : Société du Grand Paris)

Extrait de l'étude d'impact (page 111 de la pièce B.3)

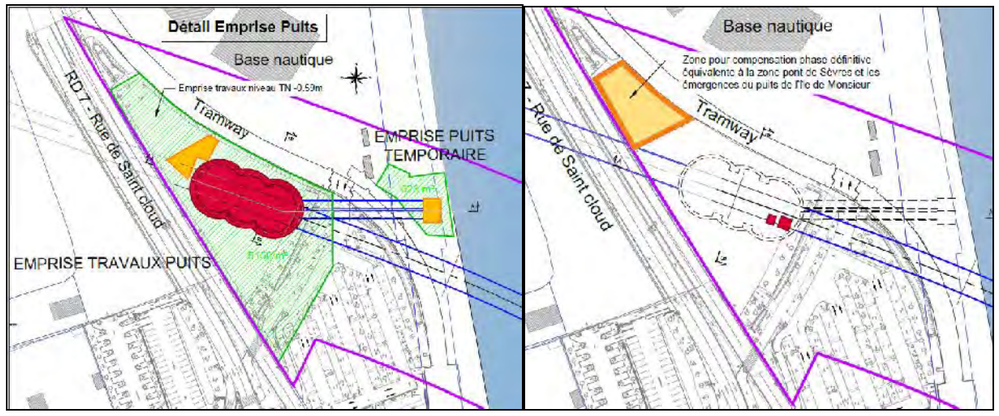
Pour le secteur des Ardoines, la compensation repose essentiellement sur des destructions de bâti, nécessaires pour construire les ouvrages de la gare, du SMI et de la voie de liaison du tunnel et du SMI. Les volumes rendus sont situés dans des cotes comparables à l'initial.

Pour le site de l'Ile de Monsieur, la mesure prévoit un léger décaissement du terrain pour compenser les volumes pris à la crue, que ce soit en phase chantier ou en phase d'exploitation. L'ensemble de ces éléments sont présentés dans l'étude d'impact, à partir de la page 30 de la pièce B.3.

La mesure compensatoire en phase chantier prévoit un décaissement de 59 cm pour produire un volume accessible à la crue de 2118 m3 pour une surface de 3590 m² (pièce B3 page 33 – voir carte ci-dessous).

La mesure compensatoire en phase exploitation prévoit un décaissement de 26 cm pour produire un volume accessible à la crue de 180 m3 pour une surface de 714 m² (pièce B3 page 36 – voir carte ci-dessous).

Erratum : en page 36, il convient de lire 40 m3 au lieu de 1640 m3 comme le montre le tableau de détails et les différents tableaux de synthèse.

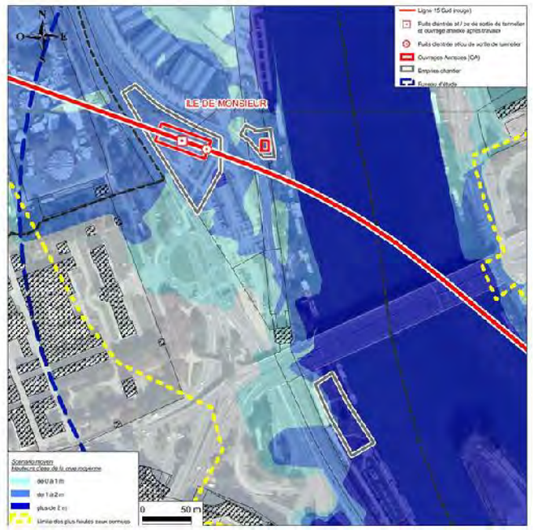


Localisation de la mesure compensatoire au niveau de l'Ile de Monsieur, en phase chantier à gauche (en vert) et en phase d'exploitation à droite (en jaune) (Extrait de la pièce B.3 de l'étude d'impact – page 34 et page 37)

La figure ci-dessous, extraite du PPRI et reproduite page 30 de la pièce B3 montre l'aléa inondation et indique les modalités d'inondabilité du site :

- L'eau de la Seine accède au site de l'Ile de Monsieur par les points bas et dans le sens de l'écoulement : les points d'accès actuels sont les zones bleues foncées en aval immédiat du Pont de Sèvres et au droit du futur tracé.
- Le projet ne modifie pas les conditions d'accès de l'eau au site. Le site n'est inondé qu'à partir d'une crue type de 1955 (voir tableau pages 32 et 35 de la pièce B3).
- Le type d'expansion de la crue au droit de ce site est le suivant :
    - La Seine déborde et l'eau se répand,
    - Elle rejoint le site dont elle commence à remplir le volume.
    - Le volume décaissé est rempli au fur et à mesure de l'augmentation de niveau d'eau au droit du site.
    - Dans le cas d'une crue centennale, le volume occupé entre le TN futur et la cote PHEC est cumulatif : il n'y a donc pas de problème de volume disponible. Le fait de raisonner en tranches altimétriques annule ce problème ici.

En ce qui concerne l'augmentation de la fréquence d'inondation, ce problème est inexistant en dessous de la période de retour 30 ans.
Au-delà, le volume est occupé en fonction du volume réel de la crue débordante. Ce volume est compté dans les volumes de crue pour une période de retour donnée.



Emprises du projet et aléa d'inondation pour la crue centennale (source : BURGEAP/DRIEE-Carmen)

2.5.9 Analyse des effets liés aux crues supérieures à celle de référence

(§.2.3.2.1 – page 17 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de préciser si des dispositions spécifiques sont prévues pour les ouvrages de la boucle de Boulogne-Billancourt, en conséquence de la modélisation réalisée pour la crue millénale. »

La directive européenne, dite "inondation" 2007/60/CE du 23 octobre 2007 vise à identifier et à cartographier les territoires à risque et à établir des plans de gestion des risques d'inondation (PGRI). Le territoire du projet de la ligne 15 Sud (rouge) est concerné par l'un des deux Territoires à Risque important d'Inondation (TRI) de la région Ile-de-France, le TRI « Métropole francilienne », et le TRI «Agglomération de Meaux » sur la Marne.

La Société du Grand Paris a souhaité s'inscrire dans cette démarche de prise en compte des inondations importantes. Les modélisations hydrauliques réalisées ont également porté sur des crues d'occurrence à celle de référence :

- La crue d'occurrence d'environ 300 ans (crue R1.15),
- La crue d'occurrence millénale (crue extrême).

<u>Rappel des éléments de l'étude d'impact :</u>
Concernant les crues extrêmes, les pièces B3 et B5 de l'étude d'impact présentent les résultats des simulations des crues R1.15 (crue centennale x 1,15) et millénale. Ces résultats de simulation ont été obtenus à partir de l'état initial de la boucle de Boulogne-Billancourt, c'est-à-dire sans prise en compte des aménagements et des ouvrages projetés.

Pour rappel, la crue R1.15 de période de retour d'environ 300 ans inonde les zones d'implantations des futurs ouvrages :

- OA Ile de Monsieur
- Gare de Pont de Sèvres,
- OA ZAC SEAM,
- OA Place de la Résistance.

Le tableau suivant récapitule les niveaux d'eau modélisés à l'état initial, pour chacune des crues et au droit des futurs ouvrages du secteur de la boucle de Boulogne-Billancourt.

Niveaux d'eaux simulés à l'état initial au droit des futurs ouvrages

Ouvrage	Niveau d'eau simulé lors des crues (m NGF)					
	1982	1955	Q50	1910	R1.15	Q1000
OA Ile de Monsieur	29.65	30.47	30.77	31.40	31.92	32.83
Gare Pont de Sèvres	29.73	30.56	30.85	31.49	32.03	32.91
OA ZAC SEAM	29.83	30.65	30.96	31.58	32.13	33.01
OA Place de la Résistance	29.95	30.76	31.06	31.68	32.27	33.20

Les augmentations de la ligne d'eau des crues extrêmes par rapport à la crue centennale sont :

- D'environ 50 cm pour la crue R1.15,
- D'environ 1,4 m pour la crue millénale.

Cette augmentation des niveaux d'eau est due à une augmentation du débit de la Seine et est indépendante des aménagements futurs des ouvrages du Grand Paris Express. Les cartographies des zones inondables et des hauteurs d'eau simulées pour ces deux crues sont rappelées carte 1 et 2.

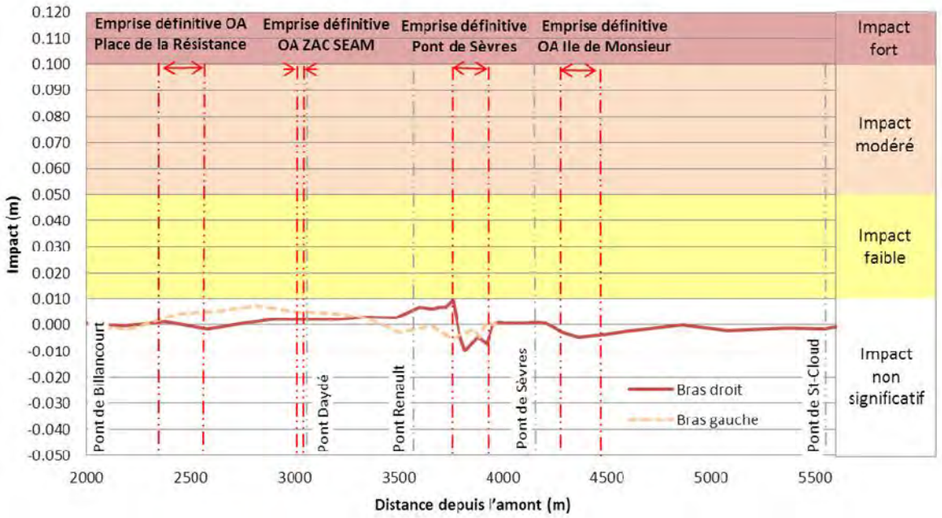
Les impacts induits par les ouvrages de la ligne de métro 15 Sud au droit du secteur de la boucle de la Seine à Boulogne-Billancourt ont été étudiés en parallèle de l'instruction de l'étude d'impact. Ces incidences sont présentées dans les paragraphes suivants.

Impacts de la phase exploitation lors d'une crue de type R1.15 :

Les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue R1.15 sont :

- Un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1 cm) en amont de la gare de Pont de Sèvres (en lit mineur et majeur) correspondant à un impact non significatif,
- Un léger abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre de 5 mm) au droit de l'OA Ile de Monsieur correspondant à un impact non significatif,
- Un abaissement de la ligne d'eau (de l'ordre du centimètre) au droit de la gare de Pont de Sèvres.

La phase exploitation présente un impact non significatif (inférieur à 1 cm) sur les niveaux d'eau en lit majeur et mineur (voir carte ci-après).



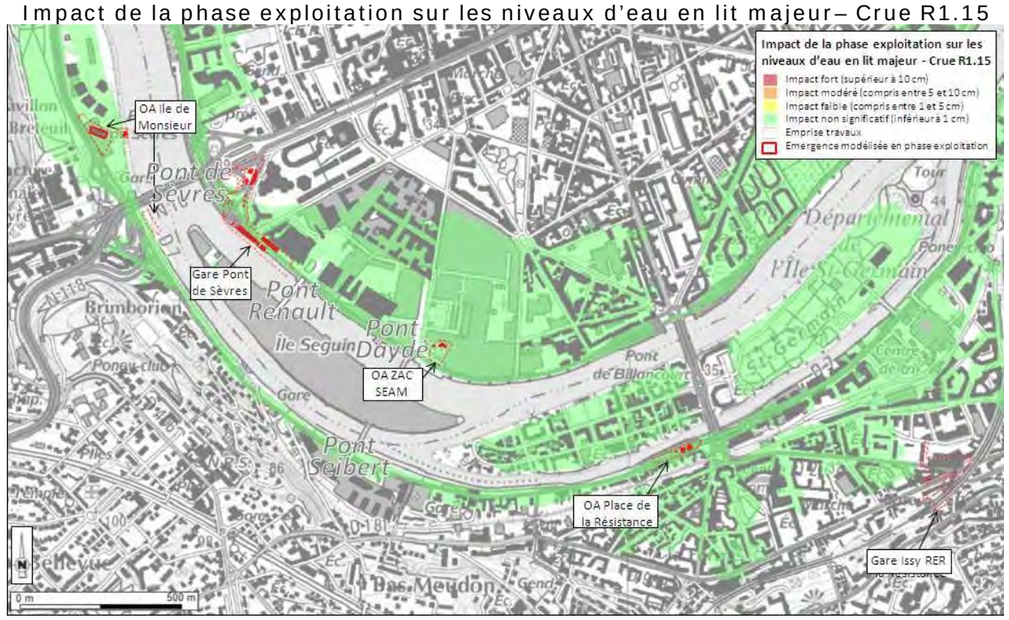
Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue R1.15

Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau – Crue R1.15

Ouvrage	Au droit de l'ouvrage	En amont immédiat de l'ouvrage (lit mineur)	A 100 m en amont de l'ouvrage
OA Ile de Monsieur	< 1 cm	< 1 cm	< 1 cm
Gare Point de Sèvres	- 1 cm (lit mineur) < 1 cm (lit majeur)	< 1 cm (lit mineur)	< 1 cm
OA ZAC SEAM	< 1 cm	< 1 cm	< 1 cm
OA Place de la Résistance	< 1 cm	< 1 cm	< 1 cm

Vert : impact non significatif ; Jaune : impact faible ; Orange : impact modéré ; Rouge : impact fort.

Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur– Crue R1.15

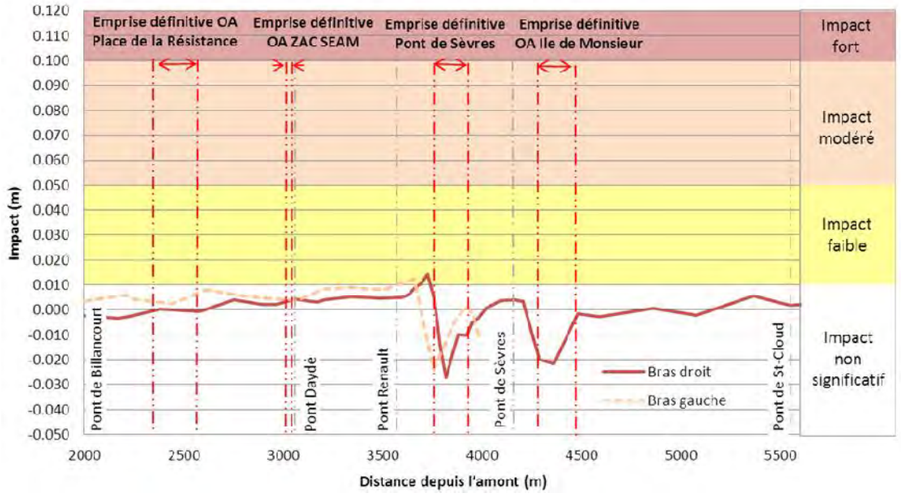


Impacts de la phase exploitation lors d'une crue millénale :

Les incidences sur les niveaux d'eau pour la crue millénale sont :

- Un très léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 5 mm) en amont de l'OA Ile de Monsieur en lit mineur correspondant à un impact non significatif,
- Un léger rehaussement de la ligne d'eau (inférieur à 1.5 cm) sur un linéaire d'environ 50 m en amont de la gare de Pont de Sèvres en lit mineur correspondant à un impact faible,
- Un léger rehaussement local des niveaux d'eau (inférieur à 2.5 cm) à proximité immédiate de l'OA Place de la Résistance en lit majeur correspondant à un impact faible,
- Un léger rehaussement très local des niveaux d'eau (inférieur à 4 cm) à proximité immédiate de l'OA Ile de Monsieur en lit majeur correspondant à un impact faible,
- Un abaissement de la ligne d'eau en lit mineur (de l'ordre de 2 cm) au droit de la gare de Pont de Sèvres et de l'OA Ile de Monsieur.

La phase exploitation présente un impact faible et très localisé de 2,5 à 4 cm sur les niveaux d'eau en lit majeur. Les incidences en lit mineur sont faibles avec des impacts de 1,5 cm maximum (voir carte ci-après).



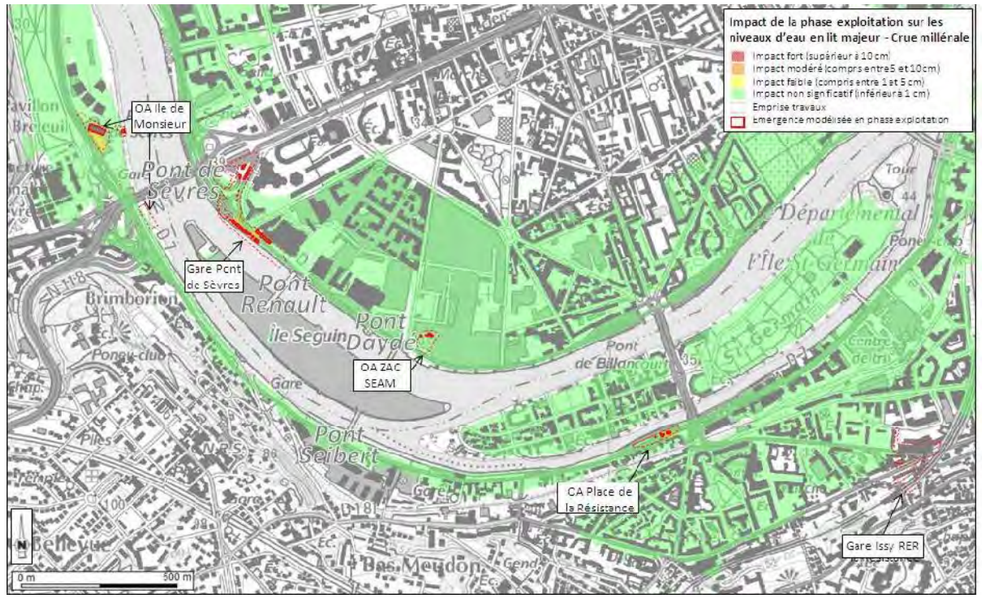
Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit mineur – Crue millénale

Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau – Crue millénale

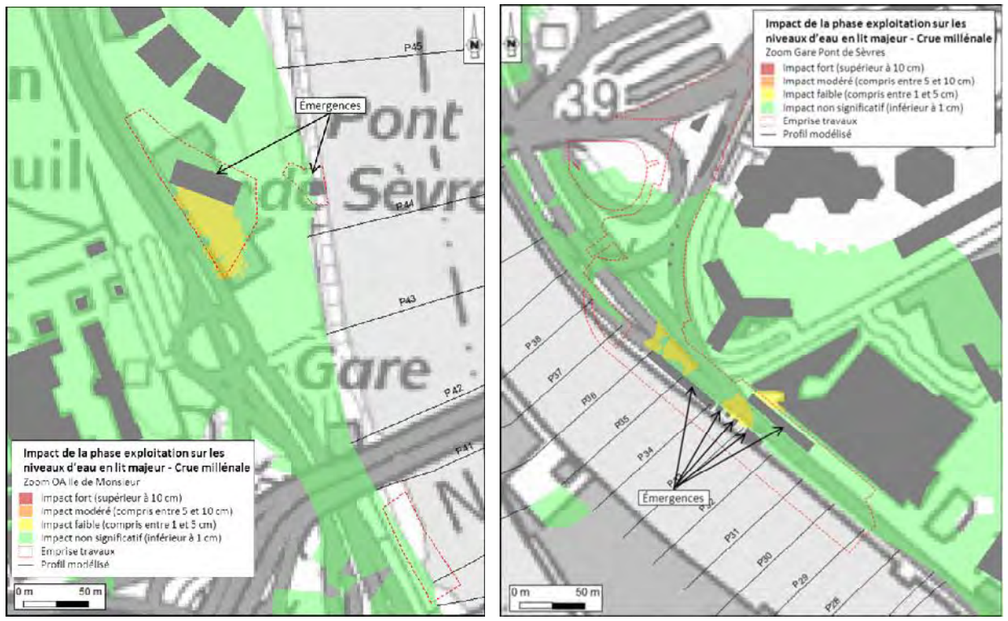
Ouvrage	Au droit de l'ouvrage	En amont immédiat de l'ouvrage (lit mineur)	A 100 m en amont de l'ouvrage
OA Ile de Monsieur	- 2 cm (lit mineur) 4 cm (lit majeur)	< 1 cm	< 1 cm
Gare Point de Sèvres	- 2,5 cm (lit mineur) 1,5 cm (lit majeur)	1,5 cm (lit mineur)	< 1 cm
OA ZAC SEAM	1,5 cm	< 1 cm	< 1 cm
OA Place de la Résistance	2,5 cm	< 1 cm	< 1 cm

Vert : impact non significatif ; Jaune : impact faible ; Orange : impact modéré ; Rouge : impact fort.

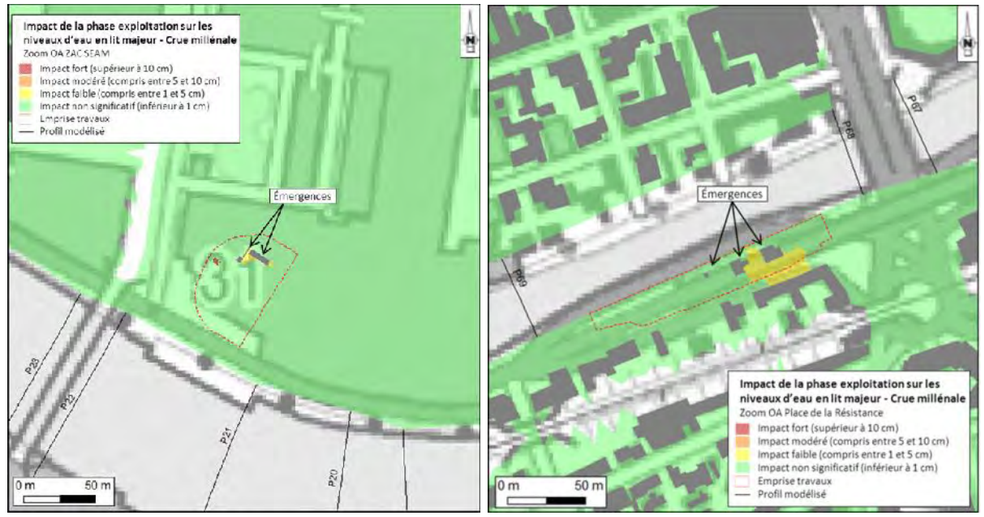
Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur– Crue millénale



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur– Crue millénale – Zoom OA Ile de Monsieur (à gauche) et Gare Pont de Sèvres (à droite)



Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau en lit majeur– Crue millénale – Zoom OA ZAC SEAM (à gauche) et OA Place de la Résistance (à droite)



Conclusion :
En phase exploitation, le projet du Grand Paris Express a un impact non significatif sur les niveaux d'eau en lit mineur et majeur (impact inférieur au centimètre) pour les crues de périodes de retour inférieures à la crue R1.15. En effet, seule la crue millénale présente des impacts faibles (inférieur à 5 cm) et très localisés (à proximité des aménagements futurs) sur les niveaux d'eau en lit majeur. Toutefois, son impact en lit mineur est très faible (inférieur à 1,5 cm).
Les impacts de 2,5 à 4 cm étant observés sur des emprises très faibles et sans enjeux, le projet du Grand Paris Express n'impacte pas significativement les conditions d'écoulement de la Seine au droit de la boucle de Boulogne-Billancourt quelle que soit la crue étudiée (depuis la crue décennale jusqu'à la crue millénale).

Impact de la phase exploitation sur les niveaux d'eau lors d'une crue de type R1.15 ou millénale

Ouvrage	Crue R1.15		Crue millénale			
			Lit mineur		Lit majeur	
	Impact observé	Linéaire impacté	Impact observé	Linéaire impacté	Impact observé	Distance impactée
OA Ile de Monsieur	< 1 cm	-	< 1 cm	-	De 1,0 à 4,0 cm	70 m
Gare Point de Sèvres	< 1 cm	-	De 1,0 à 1,5 cm	50 m	De 1,0 à 1,5 cm	50 m
OA ZAC SEAM	< 1 cm	-	< 1 cm	-	De 1,0 à 1,5 cm	10 m
OA Place de la Résistance	< 1 cm	-	< 1 cm	-	De 1,0 à 2,5 cm	40 m

Vert : impact non significatif ; Jaune : impact faible ; Orange : impact modéré ; Rouge : impact fort.

2.5.10 Compléments concernant la gestion des eaux pluviales

(§.2.3.2.2 – page 17 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de présenter si des mesures de rétention à la source des eaux pluviales ont été envisagées, et de réaliser un examen comparé plus poussé, pour chacun des ouvrages, des trois hypothèses de rejet, tant sur le plan technique que du point de vue des coûts. »

La gestion des eaux pluviales fait l'objet d'un chapitre spécifique dans la pièce B.3 (pages 143 et suivantes), qui comprend une analyse détaillée pour chaque gare, l'identification de la gestion actuelle, des règles locales à prendre en compte, des modalités de gestion prévue en phase chantier et en phase d'exploitation. Il est prévu l'implantation de dispositifs spécifiques de stockage, et dans certains cas de dépollution, pour répondre aux prescriptions des différentes réglementations locales. Les raisons ayant conduit à privilégier certaines solutions de rejets sont identiques à celles indiquées pour la gestion des eaux souterraines.

S'agissant des mesures de rétention à la source pour la gestion des eaux pluviales, des précisions peuvent être apportées. Les gares de la ligne 15 Sud s'implantent le plus souvent au niveau de centres urbains denses, afin d'assurer une desserte de proximité pour les usagers, et de permettre des correspondances efficaces avec les lignes de transport existantes (métro, RER, Transilien). Dans ce contexte contraint, seuls certains ouvrages de la ligne bénéficieront d'une démarche de gestion à la source liée au type de sol. Il s'agit par exemple du site de maintenance et de remisage de Champigny, et de la gare de Vitry Centre qui présentent des toitures végétalisées. Ces aménagements permettent de retenir l'eau pluviale, et d'en utiliser une partie par les plantes. En complément, des dispositifs de réutilisation des eaux pluviales sont également envisagés au niveau de certaines gares (Champigny Centre, Créteil l'Echat ou Noisy-Champs), par exemple pour le nettoyage des sols, l'arrosage d'espaces verts, l'alimentation des sanitaires. Des études sont toujours en cours concernant les mesures possibles pour les autres gares, même si les possibilités sont plus limitées.

Le tableau ci-dessous fait une synthèse de l'analyse des 3 modes de gestion des eaux pluviales possibles pour chaque gare. Il renvoie à l'analyse générale des pages 134-135 de la pièce B3. Les éléments relatifs aux risques liés au sous-sol sont disponibles dans le chapitre 1.5 de la pièce B3 relatif à la géologie et aux risques associés. Le lecteur y trouvera les coupes géologiques aux pages 207 à 223 de la pièce B3, l'analyse du risque carrières aux pages 232 à 248 (cartes et tableau - pour les cavités souterraines), l'analyse du risque gypse à la page 251 (tableau).

GARE	Infiltration				Rejet en Seine ou Marne	Rejet au réseau
	Présence gypse	Présence carrières	Pollution sous-sol	Autres		
Pont-de-Sèvre	Non	Non	Oui		Seine Possible avec traitement	Possible
Issy RER	Non	Oui	Non		Trop loin	Possible
Fort d'Issy-Vanves Clamart	Oui	Oui	Non		Trop loin	Possible
Chatillon Montrouge	Oui	Oui	Non	Remblais	Trop loin	Possible
Bagneux	Oui	Oui	Oui	Remblais	Trop loin	Possible
Arcueil Cachan	Oui	Oui	Non	Remblais	Trop loin	Possible
Villejuif IGR	Oui	Non	Non		Trop loin	Possible Possible
Villejuif L Aragon	Oui	Non	Non		Trop loin	Possible
Vitry Centre	Oui	Oui	Non		Trop loin	Possible
Les Ardoines	Oui	Oui	Oui	Remblais	Trop loin	Possible
Vert de Maison	Oui	Oui	Oui	Remblais	Trop loin	Possible
Créteil L'Echat	Oui	Oui	Non	Remblais	Trop loin	Possible
Saint-Maur Créteil	Non	Oui	Non		Trop loin	Possible
Champigny-Centre	Non	Oui	Oui		Trop loin	Possible
Bry-Villiers-Champigny	Non	Non	Non	Argiles vertes	Trop loin	Possible
Noisy-Champs	Non	Non	non	Argiles vertes	Trop loin	Possible

Le tableau ci-dessus appelle les commentaires suivants :

- La zone de Boulogne Billancourt (Gare Pont de Sèvres) est concernée par la problématique des sols pollués.
- La zone comprise entre les gares d'Issy RER et Arcueil Cachan incluses est très sensible en ce qui concerne la stabilité du sous-sol. Cela a été signalé à plusieurs reprises y compris dans le rapport de la Commission d'Enquête Publique concernant l'étude d'impact de DUP. Les raisons sont connues : présence de gypse et d'anciennes carrières. L'infiltration est susceptible de renforcer cette fragilité par augmentation aux points d'infiltration des circulations d'eaux souterraines. La présence de remblais en surface sur l'ensemble de la zone, dont les caractéristiques sont en cours d'analyse, ajoute aux incertitudes sur les circulations d'eaux souterraines et sur la stabilité des terrains superficiels.
- La zone comprise entre les gares de Vitry centre et Champigny centre, gares incluses, est concernée par les remblais superficiels, dont certains concernent des anciennes carrières à ciel ouvert ou non et par le gypse, présent en plus ou moins grande quantité.

Le chapitre 1.4.4, aux pages 143 à 180 de la pièce B3, présente l'analyse détaillée de la gestion des eaux pluviales de chaque gare.
Il indique quand l'infiltration est en œuvre et quand un rejet à la Seine est envisagé, pour la phase chantier et pour la phase d'exploitation.
Pour la phase d'exploitation :

- Seule la gare de Pont de Sèvres permet d'envisager un rejet à la Seine du fait de la proximité de l'ouvrage et du cours d'eau.
- Pour les gares de Pont de Sèvres à Villejuif Louis Aragon, la récupération des eaux pluviales est envisagée sous forme de citerne de récupération connectée au réseau de collecte des eaux de toiture.

Pour la phase chantier :

- Pour toutes les gares, l'infiltration non concentrée sera possible sur les terrains terrassés en dehors des voies de circulation des poids lourds et des aires étanches : le sol aura un coefficient de perméabilité plus faible qu'un terrain imperméabilisé (0,6 à 0,8 selon tassement, pour 0,95 à 1).

Les eaux pluviales sont donc pour l'essentiel issues, soit d'espaces publics occupés temporairement et rendus à l'identique, soit des eaux de toitures.

Ces éléments ont conduits aux choix techniques retenus, en particulier à rechercher la compacité la plus grande possible des ouvrages de gestion des eaux pluviales : régulation par cuves avec trop plein intégrées aux ouvrages, traitement compacts de type décanteur lamellaire, filtre à sable et/ou à charbon actif.

2.5.11 Dispositions spécifiques de chantier en cas de crue

(§.2.3.9 – page 24 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de préciser les modalités de prévention et de gestion des chantiers qui seront mises en œuvre en cas de survenance d'une crue, pour assurer la mise en sécurité des personnes et des installations, et prévenir tout risque de pollution. »

En ce qui concerne le risque inondation, l'étude d'impact propose pour chaque ouvrage concerné une analyse détaillée, notamment sur la compatibilité de l'ouvrage par rapport au règlement du Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) en vigueur, une évaluation des impacts sur l'écoulement en phase chantier et en phase d'exploitation, et sur le champ d'expansion des crues avec la mise en œuvre de mesures compensatoires. Ces éléments sont disponibles dans la pièce B.3, à partir de la page 30.
De plus, la prise en compte du risque inondation dans le cadre du projet de la Ligne 15 Sud fait l'objet d'une démarche générale menée par la Société du Grand Paris, intitulée « Stratégie Inondation de la Société du Grand Paris ». Cette stratégie a permis de définir les enjeux du risque inondation pour la Ligne 15 Sud et les objectifs de protection de l'infrastructure contre les crues, qui sont notamment mis en œuvre de manière opérationnelle au travers des études techniques de Maîtrise d'œuvre.

Des compléments peuvent être apportés sur la prise en compte du risque inondation pendant les opérations de travaux des ouvrages concernés par l'aléa. Une démarche spécifique de prise en compte de l'aléa est mise en œuvre dans le cadre du projet, qui comprend notamment une rehausse des émergences à la cote PPRI + 20cm et la réalisation de structures capables de supporter la pression générée par l'eau pendant la crue. L'ajout d'éléments amovibles provisoires supplémentaires est également envisagé pour les ouvrages les plus sensibles comme la gare de Pont de Sèvres. Pour des crues très importantes, l'eau rentrera dans les ouvrages, des dispositifs spécifiques pourront permettre de protéger les équipements, comme les tunneliers.

Pour les chantiers en zone inondable, il est notamment prévu de s'appuyer sur un plan d'alerte avec :

- Mise en place d'une procédure d'alerte (suivi et alertes sur les niveaux de crue permettant la prise en compte de l'arrivée de l'onde de crue dans un délai suffisant pour mettre en place le plan d'alerte),
- L'arrêt du chantier,
- L'évacuation des stocks de déblais et matériaux, engins et équipements (sauf les équipements implantés sur pilotis),
- La mise en place des protections provisoires (batardeaux ; gonflables…).

L'étude d'impact mentionne également en page 25, d'autres mesures comme le stockage des produits dangereux, polluants ou sensibles à l'humidité au-dessus de la cote de casier. Pour les stockages au-dessous de la cote casier, les produits seront placés dans des conteneurs étanches lestés ou arrimés.

2.6 Milieux naturels, faune et flore

2.6.1 La mise en œuvre de mesures compensatoires écologiques

(§.2.3.3 – page 19 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de finaliser et de mettre à disposition du public les projets de restauration de milieux prévus à titre de mesures compensatoires, ainsi que les plans de gestion contractés avec les gestionnaires pressentis. »

Dans le cadre des travaux liés au projet de la Ligne 15 Sud du Grand Paris, des impacts résiduels persistent pour les milieux naturels malgré les mesures d'évitement et de réduction mises en œuvre. Les mesures de compensation liées à l'impact de la ligne 15 Sud sont présentées dans la pièce B.3 de l'étude d'impact (§1.10.5. pour la faune et la flore, §1.13.6. pour les zones humides et 1.14.6. pour les frayères). Les éléments présentés ci-après visent à compléter les données présentées dans la pièce B.3 de l'étude d'impact relatives aux mesures compensatoires (faune, flore, zones humides, frayères).

<u>Restauration d'une mosaïque de friches thermophiles hautes à écorchées et de friches arbustives sur la forêt d'Etrechy</u>

Cette mesure vise à restaurer des milieux ouverts pour répondre au besoin de compensation identifié pour les insectes et la Linotte mélodieuse (voir page 527 de la pièce B.3 de l'étude d'impact). Cette mesure de compensation est développée dans les pages 529 à 530 de la pièce B.3.

Localisée sur la forêt Notre-Dame, propriété du Conseil régional d'Ile-de-France, elle est définie en coordination avec l'Agence des Espaces Verts (AEV), qui assure la gestion de ce site. Les opérations de travaux proposées à l'AEV pour la mise en œuvre de cette mesure de compensation sont précisées ci-dessous :

Travaux à réaliser sur le PRIF d'Etréchy
Restauration de pelouses - débroussaillage et évacuation de fourrés arbustifs en plein
Fauche centrifuge en rotation avec exportation précautionneuse des produits de fauche
Stockage des produits de fauche en bord de parcelle pour permettre aux chrysalides d'atteindre leur maturité et aux insectes de migrer vers les zones refuges
Coupes des arbres et arbustes responsables de la fermeture des milieux avec exportation des rémanents
Dégagement des produits issus de la coupe (utilisation d'un camion-grue)
Exportation des produits issus de la coupe des arbres et arbustes
Confortement du débroussaillage - coupe et évacuations précautionneuse des rejets de ligneux sur les zones débroussaillées l'année n ou antérieurement
Restauration de pelouses sableuses - débroussaillage de fourrés arbustifs avec éliminations précautionneuses des produits de coupe (pinède)
Coupes des arbres et arbustes responsables de la fermeture des milieux
Dégagement précautionneux des rémanents
Dégagement précautionneux des produits de coupe
Confortement du débroussaillage - coupe et évacuations des rejets de ligneux sur les zones débroussaillées l'année n ou plus
Elimination du Robinier faux-Acacia
Coupes des arbres et gyrobroyage des arbustes d'un diamètre inférieur à 10 cm
Annelage de robiniers d'un diamètre supérieur à 10 cm
Dessouchage arrachage des racines superficielles de robinier et régalage du terrain
Confortement du débroussaillage - coupe et évacuations des rejets de ligneux sur les zones débroussaillée l'année n ou plus

Création de mares dans le Bois de Célie

La compensation liée à l'impact du projet sur les mares à Noisy-Champs consiste en la restauration et la création d'un système de mares fonctionnelles dans le Bois de Célie. Ces éléments sont présentés dans la pièce B.3 (pages 566 à 568).

Afin de définir les actions spécifiques à mettre en œuvre afin de restaurer un réseau de mares fonctionnel, 2 visites de terrains ont été réalisées et ont permis de caractériser l'état initial des mares ciblées par la mesure de restauration. Les résultats de ces expertises et les mesures prévues dans le cadre de la mesure compensatoires sont présentés dans la pièce B.3 (page 567). Elles sont précisées ci-après :

Mare	Diagnostic	Mesure
Mare 1	Mare ombragée avec très peu de végétation aquatique et présence d'un chêne abattu sur la mare. Présence de Tritons alpestres et de Tritons ponctués.	Restauration par une remise en lumière par dégagement des arbustes en bord de mares, élimination des ligneux qui tendent à refermer la voute végétale et re-profilage des berges en pente douce (mare de 100 m² environ).
Mares 2 et 3	Mare ombragée avec très peu de végétation aquatique. Aucune espèce d'amphibien identifié lors de l'expertise de terrain (biotope, 2015).	Restauration par une remise en lumière par dégagement des arbustes en bord de mares, élimination des ligneux qui tendent à refermer la voute végétale et re-profilage des berges en pente douce (mare de 100 m² environ).
Mare 4	Réseau de 3 petites mares en profil trou d'obus espacées de 10 à 15 m les unes des autres. Mares en cours d'atterrissement sans végétation aquatique. Présence de larves d'anoures.	Restauration par re-creusement sur un ensemble de 3 petites mares en profil de petits trous d'obus en cours d'atterrissement afin d'en constituer une seule. Le but est de favoriser leur interconnexion lors des hautes eaux avec une mise en lumière et profilage de berges en pente douce. (mare résultante de 100 m² environ).
Mare 5	Mare ombragée avec présence de végétation aquatique. Présence d'une population importante de Tritons alpestres et présence de Tritons ponctués.	Débroussaillement des berges pour une mise en lumière et permettre le développement des herbiers aquatiques (mare de 100 m² environ).
Mare 6	Mare à créer.	Création d'une mare prairiale pédagogique avec installation d'un panneau à l'attention du public expliquant l'action et l'écosystème présent.

Afin de mener à bien ces objectifs, la nature des opérations a été précisée :

Travaux à réaliser sur les mares du Bois de Célie
Aménagement de la mare n°6
sondage tarière
scénario 1 : niveau de la nappe au maximum à 80 cm de profondeur
excavation et reprofilage des berges et exportation à moins de 2 km
excavation et reprofilage des berges et exportation à plus de 2 km
Scénario 2 : niveau de la nappe à plus de 80 cm de profondeur
excavation et reprofilage des berges et exportation à moins de 2 km
excavation et reprofilage des berges et exportation à plus de 2 km
apport d'argile afin d'étanchéifier la mare
déblai des chenaux pour alimenter la mare en eau
Scénario 1 ou 2 : conception, création d'un panneau d'information grand public
conception d'un panneau
fabrication
pose
entretien
Restauration de la mare 1
curage de la mare (désenvasement)
désembroussaillement mécanique du pourtour de la mare (diamètre < ou = 20cm)
coupe des végétaux ligneux (diamètre > ou = 20cm)
dégagement des rémanents et des produits de coupe
exportation du produit de curage à moins de 2 km
exportation du produit de curage à plus de 2 km en décharge
Restauration de la mare 2
curage de la mare
reprofilage des berges et exportation à moins de 2 km sur le PRIF
reprofilage des berges et exportation à plus de 2 km hors PRIF
dégagement des rémanents et des produits de coupe
coupe des végétaux ligneux (diamètre > ou = 20cm)
Restauration de la mare 3 remise en lumière
curage de la mare
désembroussaillement mécanique du pourtour de la mare (diamètre < ou = 20cm)
coupe des végétaux ligneux (diamètre > ou = 20cm)
dégagement des rémanents et des produits de coupe
dessouchage d'arbres
exportation des vases à moins de 2 km
exportation des vases à plus de 2 km
fauche de la cariçaie tous les 2 ans
Restauration de la mare 4 : fusion de 2 petites mares non fonctionnelles en 1 mare
excavation et reprofilage des berges
sondage tarière
coupe des végétaux ligneux (diamètre > ou = 20cm)
dégagement des rémanents et des produits de coupe
exportation des vases à moins de 2 km
exportation des vases à plus de 2 km
Restauration de la mare 5
reprofilage des berges et exportation à moins de 2 km
reprofilage des berges et exportation à plus de 2 km
curage de la mare (désenvasement)
coupe des végétaux ligneux (diamètre > ou = 20cm)
dégagement des rémanents et des produits de coupe

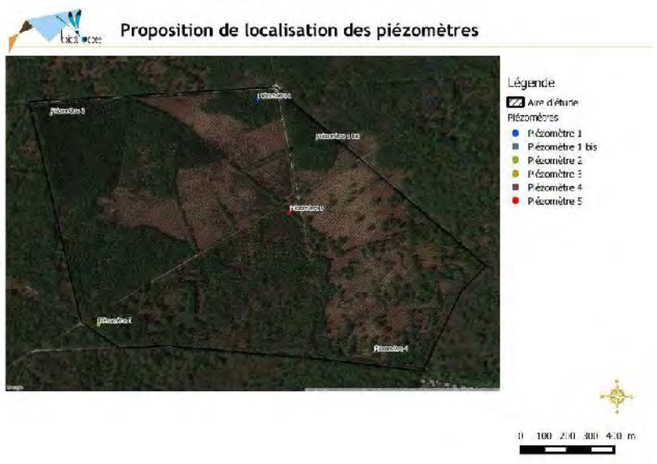
Cette mesure de compensation sera conduite en coordination avec l'Agence des Espaces Verts (AEV), gestionnaire du Bois de Célie. Ainsi, plusieurs réunions entre l'AEV et la SGP se sont tenues. Elles ont eu pour but d'identifier, préciser et définir les mesures. Une convention est en cours d'élaboration entre les deux parties, qui permettra de finaliser les modalités précises de mise en œuvre des travaux et des mesures de gestion.

Restauration de landes humides sur la forêt Notre-Dame

Cette compensation, proposée en réponse à l'impact du SMR de Champigny sur la zone humide identifiée, vise à restaurer les conditions hydrologiques nécessaires à l'expression d'une lande humide à Erica tetralix en forêt de Notre-Dame. Cette mesure est présentée dans la pièce B.3 (pages 568 à 571). La mesure de compensation vise à apporter une plus-value écologique au projet porté par l'ONF avec la mise en œuvre des actions suivantes :

- Etude du fonctionnement hydraulique et hydrogéologique du secteur par la pose de piézomètres afin d'assurer l'efficience des mesures de restauration,
- Identification des secteurs de pose des bouchons hydrauliques,
- Pose des bouchons pour restaurer l'humidité,
- Exploitation et gestion des milieux réouverts,
- Mise en place d'un suivi de la dynamique des milieux à long terme.

Le tableau ci-contre liste l'ensemble des opérations qui seront mises en œuvre lors de cette mesure de compensation :

Opération	Détails des opérations	Secteurs
Études techniques préalables	Etude bibliographique	80 ha
	Etude topographique et hydraulique : - Levés topographique des fossés avec points bas et points hauts - Levés topographiques ponctuels sur les parcelles et appréhension de la microtopographie - Levés pédologiques ponctuels sur les parcelles	80 ha
	Etude piézométrique : - Pose de 5 piézomètres - Rédaction d'un cahier des charges (localisation, profondeur, justification) - Rédaction du Dossier Loi sur l'eau 	80 ha

Opération	Détails des opérations	Secteurs
Aménagements des berges de la mare principale pour le Faucon Hobereau	Passage d'un écologue pour identifier les arbres à maintenir, Appui à la réalisation des documents technique (AVP, DQE/ DPU, CCTP)	Secteurs concernés
	Travaux de création de la mare (intervention et suivi des entreprises)	Secteurs concernés
Mise en place d'un suivi à long terme	Rédaction d'un protocole Passage d'un écologue pour évaluer le niveau d'enjeu écologique au niveau de la mare et des landes à restaurer	Secteurs de mares restaurés
Restauration des Landes humides	Rédaction des documents techniques (AVP, DQE/ DPU, CCTP).	Secteurs concernés
	Travaux de restauration de la lande humide (intervention et suivi des entreprises)	Secteurs concernés
Poursuite du suivi à long terme	Passage d'un botaniste et d'un fauniste pour évaluer le niveau d'enjeu écologique	Ensemble des secteurs restaurés

Dans le cadre de cette mesure, un suivi à long terme est proposé en page 571 de la pièce B.3. S'agissant des landes humides, ce suivi aura pour objectif d'évaluer :

- l'évolution des niveaux de la nappe phréatique,
- le maintien ou la dégradation des bouchons,
- l'évolution des milieux.

Un technicien de l'ONF relèvera régulièrement le niveau de la nappe aux différents piézomètres et transmettra les informations annuellement à la SGP, à la DRIEE et à l'ONEMA.
Un expert écologue effectuera un passage annuellement pour observer le maintien ou la dégradation des bouchons réalisés.
Un botaniste effectuera 2 passages sur site (entre juillet et septembre). Il fera un compte rendu synthétique :

- De la dynamique de végétation,
- Des espèces présentes,
- De l'état de conservation,
- Des actions à engager ou maintenir.

Ces relevés seront effectués sur 5 à 6 placettes de 400 cm², suivies en continue, puis de manière plus générale sur l'ensemble du site. Afin de cartographier les plantes dans les placettes, un cadre en aluminium de 4m de côté, parcouru par un réseau de fils en nylon formant un quadrillage de 20 x 20 cm^2, sera conçu. Un profil topométrique de chaque placette sera réalisé selon ce maillage. La cartographie des espèces présentes sera réalisée sur un fond au 1/10e quadrillé. Le stade phénologique sera noté selon la distinction « plantules de l'année »/« individu de plus d'un an ». Les cartographies des placettes feront l'objet d'un traitement statistique. Pour chaque année et pour chaque placette, la fréquence de chaque espèce dans les carrés de 400 cm^2 sera calculée.

Un expert fauniste pluridisciplinaire effectuera 4 passages (avril, mai, juin, août) pour observer les groupes de faune inféodés à ce type de milieu (reptile, avifaune, insecte).
Un document synthétique annuel permettra de comprendre l'évolution du milieu et du fonctionnement global de la zone. Ce document sera envoyé à la DRIEE, l'ONEMA, l'ONF et la SGP.
Suite à ces suivis, des mesures de correction pourront être apportées en concertation avec l'ONF, l'ONEMA et les services de la DRIEE.

Dans le cadre d'une convention, l'ONF assurera la gestion de ce milieu humide, en lien avec le plan de gestion pour les mares déjà existant sur la forêt de Notre-Dame.
Au-delà de la mise en œuvre des opérations, l'engagement de réussite pris par la SGP et l'ONF comprend une garantie de reprise des végétaux implantés au niveau de la mare et la restauration effective d'une lande humide à minima de 5 700 m² sur les 80 ha de la surface du projet.

Identification et maintien d'arbres favorables à la nidification du Faucon Hobereau et création de berges en pentes douces

Création de plages d'hélophytes, de radeaux flottants et de frayères artificielles sur les berges de l'Ile de Monsieur (Sèvres)

Cette mesure de compensation est proposée en réponse à l'impact du projet de la ligne 15 Sud sur les frayères identifiées au niveau de l'Ile de Monsieur et de Pont-de-Sèvres.

La présentation et les éléments de conception de ces aménagements sont présentés dans la pièce B.3 de l'étude d'impact (pages 595 à 611). Des mesures de suivi et de gestion sont présentées en page 610.

Plans de gestions contractés avec les partenaires pressentis

L'ensemble des mesures compensatoires présentées ci-avant seront réalisées en coordination avec des partenaires identifiés (AEV, ONF, VNF et syndicat mixte de l'Ile de Monsieur) sur des territoires dont ils assurent la gestion. Ainsi, les plans de gestion associés à la réalisation de ces mesures sont en cours de définition avec ces différents partenaires. Leur finalisation sera réalisée à l'issue des procédures règlementaires régissant les différentes mesures de compensation de manière à permettre la prise en compte des remarques éventuellement émises et seront alors traduites dans le cadre des conventions qui permettront d'assurer leur réalisation effective.

Dans le cadre de l'ensemble des mesures compensatoires prévues pour la ligne 15 Sud, un plan de communication est en cours de définition afin de présenter et de valoriser auprès du public les actions menées par la Société du Grand Paris pour compenser les impacts induits par le projet sur les milieux naturels. Les mesures de gestion et de suivi à long terme seront intégrées à ce plan de communication.

2.6.2 Opération de défrichement au niveau de la future gare de Noisy-Champs

(§2.3.3 – page 19 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de justifier l'ampleur des défrichements prévus pour la gare de Noisy Champs, de présenter les mesures compensatoires à mettre en oeuvre et les critères retenus pour leur définition, ainsi que les actions nécessaires pour la remise en état du site après travaux. »

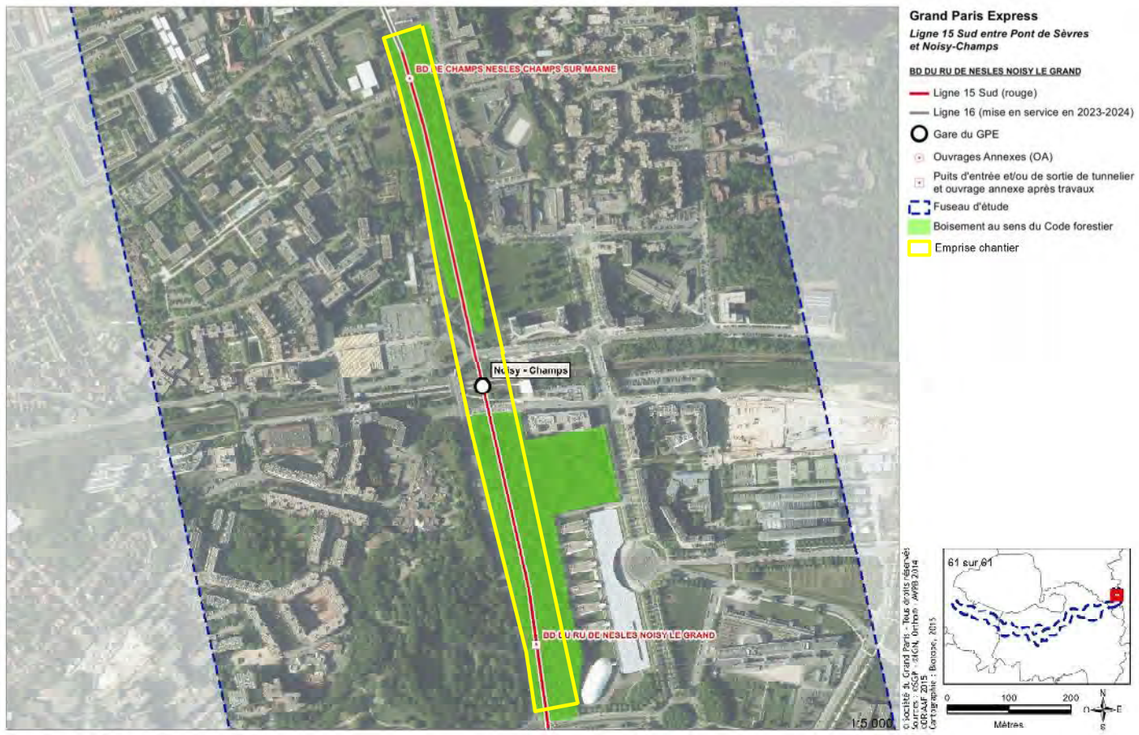
Défrichement prévus au niveau de la gare de Noisy-Champs

Une synthèse des surfaces de défrichement à l'échelle de la ligne 15 Sud est présentée à la page 543 de la pièce B.3 de l'étude d'impact, qui identifie une surface de défrichement d'environ 5,77ha liée à l'aménagement de la gare de Noisy-Champs.

En effet, la construction de la gare prévoit la réalisation de travaux à ciel ouvert intégrant l'avant-gare et l'arrière-gare de Noisy-Champs. La mise en place de l'emprise chantier (représentée sur la figure ci-dessous) nécessite la mise à nu des terrains afin de permettre la réalisation des travaux (installation des bases vies pour les travailleurs du chantier, stockage des matériaux, circulation des engins de chantier, etc.).

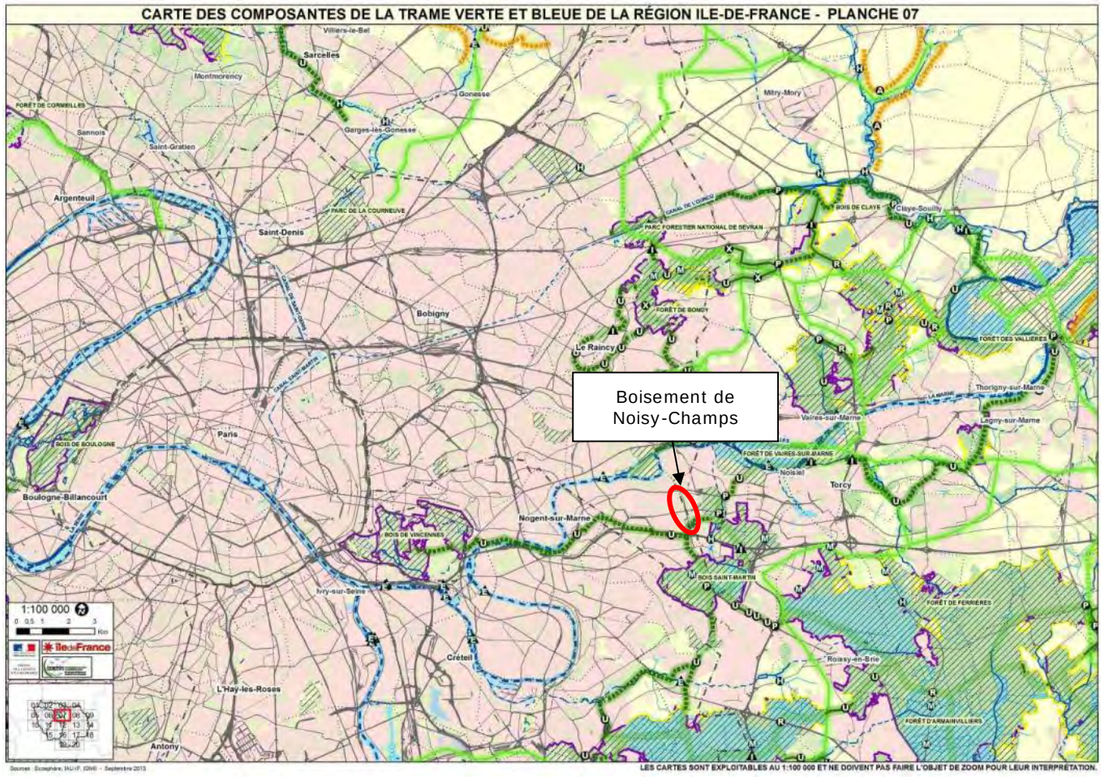
L'emprise chantier nécessaire à la construction de ces ouvrages est représentée sur la carte ci-après. La surface à défricher correspond à l'interaction entre cette emprise chantier et les boisements présents sur le site, répondant à la nécessité de mise à nu des terrains pour mener à bien les travaux.

Les études conduites par la Société du Grand Paris se sont attachées à réduire au maximum cette emprise chantier de manière à limiter l'impact des travaux sur le boisement.



Impact du défrichement sur les continuités écologiques

Comme indiqué dans la pièce B.1 de l'étude d'impact (chapitre 2.11.15), le boisement de Noisy-Champs est une entité arborée participant à un corridor arboré d'intérêt régional (SRCE Ile-de-France). Ce corridor s'articule avec les massifs boisés à proximité du parc de la Butte Verte (bois Saint Martin, bois de la Grange et bois de Grâce notamment) et le bois de Vincennes.



Ce corridor est identifié dans le SRCE comme présentant une fonctionnalité réduite en raison du contexte urbain dans lequel il se situe (urbanisation importante et présence d'axes de transport majeurs : E50 et A86 notamment).
Par ailleurs, le boisement de Noisy-Champs est une entité en marge de ce corridor. Ce corridor est notamment constitué d'autres milieux boisés ou arborés à savoir, le parc de la Butte Verte et les dépendances vertes de l'axe E50 notamment.

Au regard de ces éléments, le défrichement d'une partie importante de ce boisement (5,7 ha) conduira à une réduction de la fonctionnalité du corridor. Cette superficie est cependant à relativiser au regard de celle des boisements présents à proximité et notamment sur le parc de la Butte Verte. Les impacts induits par le projet de la ligne 15 Sud du Grand Paris sur le boisement de Noisy-Champs ne sont pas de nature à remettre en cause la fonctionnalité du corridor identifié dans le SRCE.

En ce qui concerne les espèces à plus faibles capacités de déplacement, et notamment les espèces à déplacement terrestre comme les amphibiens, le défrichement du boisement de la Butte Verte pourra conduire à une rupture des continuités. Cette observation est réalisée à une échelle locale, plus fine que celle du SRCE. Ces éléments ont été intégrés et sont détaillés dans le chapitre relatif aux impacts induits sur la faune (chapitre 1.11.7. de la pièce B.3).

L'impact résiduel sur les continuités écologiques (impact direct, permanent, à court terme) est donc considéré comme modéré.

Mesures de compensation

L'étude d'impact identifie une superficie de défrichement de 6,9ha à l'échelle de la ligne 15 Sud (page 543 de la pièce B.3). Dans ce contexte, le dossier prévoit la mise en œuvre de mesures de compensation qui seront réalisés en coordination avec l'Office National des Forêts (ONF) (§1.18.8 – page 549 de la pièce B.3).

Le dossier de demande d'autorisation de défrichement est actuellement en cours d'instruction par la DRIAAF. L'expression du besoin a été validée mais le dimensionnement financier des mesures de compensation reste à préciser entre la DRIAAF et la SGP.

Toutefois, la démarche de définition des mesures de compensation a d'ores et déjà été enclenchée par la SGP. L'Office national des forêts (ONF) a été identifié pour porter leur réalisation. Ces mesures de compensation s'orientent notamment sur la mise en œuvre d'opérations d'enrichissement par plantation en ligne ou en nid dans des boisements à proximité du fuseau de la Ligne 15 Sud.

Ces opérations seront notamment réalisées sur les boisements de Notre-Dame et de Sénart et dans une moindre mesure sur les boisements d'Armainvilliers et de Coubert ; le choix de ces boisements s'étant notamment appuyé sur leurs caractéristiques suivantes :

- Localisation proche du fuseau d'étude ;
- Caractéristiques forestières : l'ensemble des forêts (Notre-Dame, Sénart, Armainvilliers et Coubert) sont principalement constituées de peuplements de chênes. La forêt de Sénart est une ancienne forêt royale, puis domaniale. Les autres massifs ont été acquis plus récemment par l'état, dans les années 1970 et 1980. De fait, l'exploitation importante qui s'est exercée avant acquisition de forêts telles que celle de Notre Dame, explique un état de maturité et de capitalisation des peuplements en moyenne beaucoup moins élevé ;
- Caractéristiques écologiques : l'ensemble de ces massifs forestiers sont porteurs de caractéristiques écologiques très particulières qui fondent leur importance régionale, voire nationale en matière d'environnement. Ils constituent une trame verte fondamentale avec l'Est et le Sud de la région. Leurs caractéristiques hydro-géologiques expliquent la présence de réseaux importants de mares forestières particulièrement bien conservées et fonctionnant en réseaux. Leur histoire, liée au pâturage, explique qu'elles portent encore aujourd'hui des habitats très particuliers et emblématiques qui contribuent à leur richesse et à leur diversité.
- Fonction sociale : situées dans la ceinture proche de Paris, ces forêts ont de fait un rôle sociétal très important. L'accueil du public y est un enjeu essentiel (trois millions de visites annuelles sur la seule forêt de Sénart). Deux chartes forestières assurent une cohérence territoriale et une gouvernance particulières des actions menées sur les massifs de Sénart et de Notre Dame. Le terme « multifonctionnel » prend tout son sens dans le contexte de ces massifs dans lesquels chacun des enjeux de la gestion est essentiel.

Les mesures de compensation prévues visent à :

- ✓ Favoriser la fonction économique des boisements via l'enrichissement, la sélection et l'entretien des boisements ainsi que la création d'une route empierrée en forêt de Sénart ;
- ✓ Conserver et améliorer les qualités écologiques des boisements via des interventions en futaie irrégulière ;
- ✓ Conforter la fonction écologique et la naturalité des boisements via :
  1- L'utilisation d'essences indigènes lors des plantations ;
  2- Le non recourt à des espèces exotiques envahissantes dans le cadre des plantations réalisées ;
  3- Le non recourt à des produits phytosanitaires;
  4- Le renforcement progressif d'un stock de bois mort au sol et sur pieds ainsi que des arbres de gros diamètre, en conservant tout particulièrement les chablis et résidus de tempête sans grande valeur économique.

Le détail des opérations prévues au sein des boisements de Notre-Dame, de Sénart, de Coubert et d'Armainvilliers est présenté dans le tableau ci-dessous :

Forêt	Action
Notre-Dame	Recrutement de baliveaux de chêne en concurrence de bouleaux dans des peuplements non encore exploitables
	Enrichissement par plantation
Sénart	Enrichissement de plantation en nid
	Enrichissement de plantation en ligne
	Plantation
	Intervention en futaie irrégulière combinant éclairement des semis, nettoiement, dépressage et remise en état : moyenne à forte intensité
	Intervention en futaie irrégulière combinant éclairement des semis, nettoiement, dépressage et remise en état : faible intensité Technique de cassage à la "François Moyses"
	Dépressage manuel localisé
	Création de route empierrée
Coubert	Dégagement manuel ciblé de régénération naturelle feuillue : feuillus divers
	Dégagement manuel de plantation sur la ligne avec maintien du gainage, rabattu à hauteur
Armainvilliers	Nettoiement manuel en plein de régénération
	Dégagement manuel de plantation sur la ligne avec maintien du gainage, rabattu à hauteur
Tous boisements	Opérations d'entretien et de regarnis nécessaires à l'atteinte des objectifs d'enrichissement pendant une durée de 10 ans

<u>Remise en état du site après travaux</u>

Le projet de réaménagement du secteur, porté par les collectivités locales, prévoit un réaménagement du site qui privéligiera le développement d'espaces verts de qualité en complément des structures urbaines prévues. A ce stade, le détail de ces espaces n'est pas connu, néanmoins une carte de principe peut être indiquée à titre indicatif.



Perspective extraite du dossier des études du projet urbain–Ateliers Lion (10/09/2014)

2.7 Nuisances sonores

(§2.3.5 – page 20 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande d'identifier désormais plus précisément, sur l'ensemble du fuseau d'étude, les niveaux de bruit atteints en phase de chantier et en phase exploitation, tout particulièrement autour des sites de maintenance, afin de les comparer aux seuils réglementaires de jour comme de nuit, et de prévoir les mesures d'évitement et de réduction éventuellement nécessaires en liaison avec les différents porteurs de projets. »

En ce qui concerne la prise en compte des nuisances sonores, le projet s'appuie sur les données issues d'une large campagne de relevés des niveaux de bruit actuels au niveau de chaque ouvrage émergent de la ligne 15 Sud.

Ces données permettent ainsi de définir les niveaux réglementaires à prendre en compte. Ainsi, en phase d'exploitation, il est prévu de viser des objectifs de niveaux de bruit respectant les valeurs d'émergences limites de ce décret, pour les bruits continus générés par les ouvrages annexes de ventilation et les équipements techniques des gares.

Emergences limites applicables pour les bruits de voisinage (Décret du 31 août 2006)

Emergence limite pour la période de jour (7h-22h)	Emergence limite pour la période de nuit (22h-7h)	Emergences spectrales limites par bande d'octave	
		125 – 250 Hz	500 – 4000Hz
+5 dB(A)	+ 3dB(A)	+ 7 dB	+ 5 dB

Extrait de l'étude d'impact – Page 761 de la pièce B.3 de l'étude d'impact

En phase chantier, la réglementation en vigueur n'impose pas de valeurs limites pour les activités de chantier (hors équipements) mais l'article Art. R. 1334-36. mentionne que « si le bruit mentionné à l'article R. 1334-31 a pour origine un chantier de travaux publics ou privés, ou des travaux intéressant les bâtiments et leurs équipements soumis à une procédure de déclaration ou d'autorisation, l'atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme est caractérisée par l'une des circonstances suivantes :

- Le non-respect des conditions fixées par les autorités compétentes en ce qui concerne soit la réalisation des travaux, soit l'utilisation ou l'exploitation de matériels ou d'équipements ;
- L'insuffisance de précautions appropriées pour limiter ce bruit ;
- Un comportement anormalement bruyant.

Ainsi, même si les chantiers ne sont pas soumis à des valeurs limites en matière de niveaux sonores, la Société du Grand Paris s'engage à porter une attention particulière au bruit émis par le chantier dont il a la charge et prendre, le cas échéant, les mesures nécessaires pour ne pas induire des nuisances sonores pouvant porter atteinte à la tranquillité du voisinage ou à la santé de l'homme. Ainsi, les équipements et les engins nécessaires seront définis dans le cadre des études techniques ultérieures. Néanmoins, pour certains sites particuliers, comme les puits d'entrée tunnelier, des engagements sont déjà pris pour réduire les éventuelles nuisancesliées au transport des déblais.

A ce stade, les niveaux de bruit atteints en phase chantier ne peuvent être définis précisément avant la désignation des entreprises et l'arrêt d'une méthode constructive dont le choix dépend d'une optimisation prenant en compte les contraintes de nuisances mais également des contraintes techniques complexes. Dans le cadre de leur proposition, les entreprises devront présenter les moyens et méthodes qu'elles mettront en place pour assurer le respect de l'environnement et notamment l'environnement acoustique.

De plus, les dossiers de consultation des entreprises, en cours d'établissement préconisent et imposent déjà des mesures de gestion des nuisances acoustiques :

- Sur certains sites, des murs anti-bruit provisoires sont recommandés (sites proches de bâtiments sensibles ou proches d'habitations pour lesquelles ce type de protection peut être efficace).
- Dans la mesure du possible, les organisations spatiales doivent permettre de regrouper les activités bruyantes au plus loin des périphéries ou sites sensibles riverains, et la disposition des mobiliers et bâtis provisoires de chantier doit permettre de constituer des écrans acoustiques.
- Les manœuvres (bruit des alarmes de recul) doivent être minimisées par une organisation rationnelle des circulations au sein du chantier.
- Un monitoring des nuisances acoustiques est notamment demandé pour les sites et périodes de travaux sensibles en termes de bruit.

Les dossiers de bruit de chantier reposeront sur des éléments à définir avec les entreprises et sur des éléments d'ores et déjà déterminés :

- Les emprises chantier précisément déterminées au stade de préparation des dossiers de consultation des entreprises et qui leur sont imposées,
- Les états initiaux acoustiques que le Maître d'ouvrage a fait réaliser en 2014 et qui caractérisent le bruit ambiant avant commencement des travaux.

2.8 Gestion de la pollution et des déblais

2.8.1 La gestion des terres polluées

(§2.3.6 – page 21 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de :

- fournir les plans de gestion des sites les plus pollués, tout particulièrement pour ce qui concerne la protection des populations riveraines et la prévention des pollutions des eaux souterraines et de la Seine ;
- préciser les modalités de leur mise en oeuvre, tout particulièrement les modalités de tri préalable à l'évacuation des déblais. »

Dans le cadre de la caractérisation de la qualité des sols et des eaux souterraines, des études itératives ont été réalisées au niveau des ouvrages émergents du projet (gares, ouvrages annexes, sites de maintenance) de manière à :

- anticiper la gestion des terres excavées en fonction de leur caractéristiques physico-chimiques ;
- définir les mesures à mettre en oeuvre au droit des sites pollués pour s'assurer de la compatibilité sanitaire du site et de son usage (en phase travaux et exploitation) et prévenir les risques d'impacts sur l'environnement ;
- évaluer le coût associé à la gestion des terres polluées.

Cette démarche est présentée dans la pièce B.1 de l'étude d'impacte (§2.9.3.3).

Ainsi, la réalisation de plans de gestion a été engagée au droit des ouvrages présentant des enjeux significatifs en termes de pollution des sols et/ou des eaux souterraines. C'est notamment le cas au niveau des gares et des sites de maintenance pour lesquels le volume de déblais est élevé et la durée des chantiers significative.

La réalisation de ces plans de gestion s'appuie sur des données approfondies de la qualité physico-chimique du sous-sol (sols et eaux souterraines) issues de la réalisation de sondages et de piézomètres au droit des sites d'implantation des ouvrages. A ce stade des études, un nombre important de sondages et de piézomètres a été réalisé et a permis d'engager l'élaboration des plans de gestion pour la majorité des gares de la ligne 15 Sud (sur 15 des 16 gares de la ligne 15 Sud et sur le SMR de Champigny).

Ces plans de gestion sont en cours de finalisation, ce qui justifie qu'ils ne soient pas intégrer au dossier d'étude d'impact, excepté pour la gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart pour laquelle les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) et du plan de gestion sont présentés dans la pièce B.3 de l'étude d'impact (§1.8.3.9).

Néanmoins, le dossier s'attache à présenter des mesures de gestion et de suivi qui seront appliquées au niveau des sites les plus sensibles. Ces mesures sont présentées dans le chapitre 1.8.3.4 de la pièce B.3.

Au niveau des ouvrages annexes, des études spécifiques sont menées de manière à préciser les filières d'évacuation envisagées au regard des niveaux de pollution mesurés dans les sols et évaluer les coûts associés. Ces études sont également en cours de finalisation et permettent d'anticiper l'identification des filières de gestion envisagées pour l'évacuation des déblais à l'échelle des ouvrages de la ligne 15 Sud.

L'ensemble de ces résultats seront traduits dans les dossiers de consultation des entreprises (DCE) de manière à s'assurer de leur prise en compte et leur traduction opérationnelle par les entreprises en charge de la réalisation des travaux.

2.8.2 La gestion des déblais

(§2.3.6 – page 22 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale renouvelle sa recommandation d'indiquer dans l'étude d'impact les filières et exutoires des différents types de déblais, les modalités de travail en commun avec les gestionnaires et exploitants des réseaux de transport ferroviaire et fluvial, et les modalités de tri ainsi que les éventuels sites temporaires de stockage si nécessaires. »

Les éléments relatifs à la gestion des déblais issus des phases de creusement du tunnel et des ouvrages émergents sont présentés à partir de la page 418 de la pièce B.3 de l'étude d'impact. Le dossier présente ainsi le fonctionnement prévu pour les tunnliers, une estimation du volume de matériaux par ouvrage et par site, leur qualité sur la base des diagnostics pollution.

Dès le lancement du programme du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris s'est engagée dans une démarche de planification anticipée de la gestion des déblais issus des travaux, en prenant en compte l'ensemble du processus de gestion, de la production à la destination finale de ces terres en passant par la logistique de transport. La première mesure s'est traduite par l'élaboration d'un Schéma directeur d'évacuation des déblais (SDED) rendu public en 2013 fixant les orientations et objectifs de la Société du Grand Paris en matière de gestion que sont entre autres:- privilégier les modes de transports fluvial et ferroviaire et limiter le transport routier,

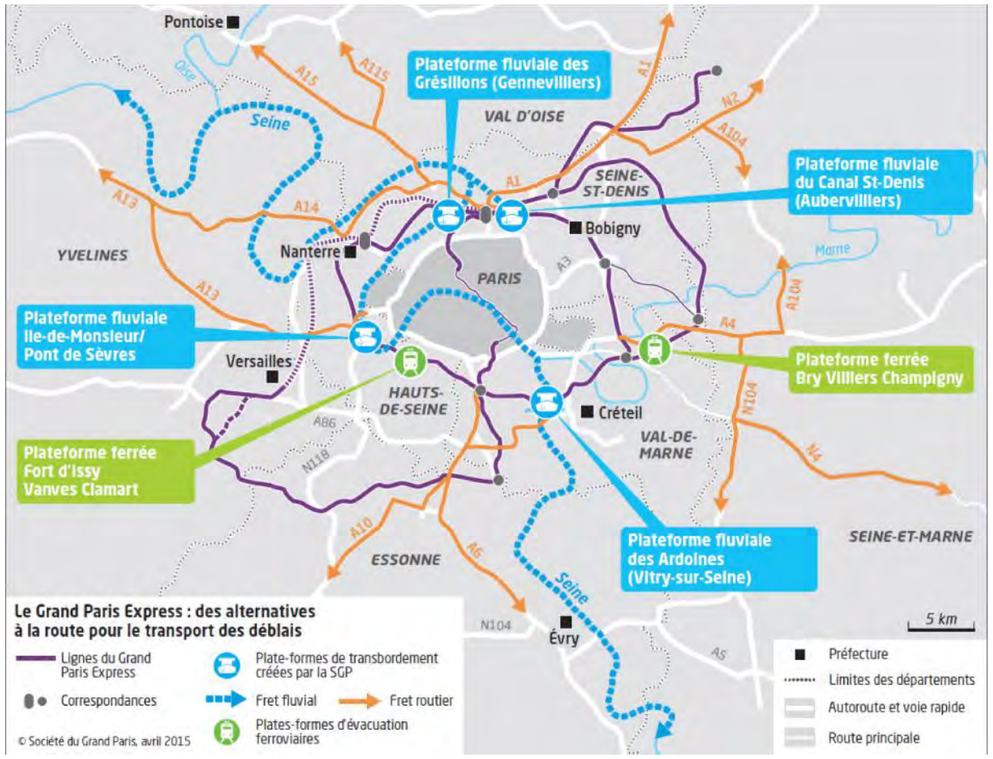
- Valoriser le maximum de terres excavées et éviter la mise en décharge en installation de stockage de déchets,
- Assurer une traçabilité et une logistique durable et optimisée de l'évacuation des déblais (massification des flux, recherche de solutions innovantes, mise en place d'outils logistiques spécifiques).

Le développement des chaînes logistiques de gestion s'appuie notamment sur les opportunités pour la Société du Grand Paris d'aménager des installations fluviale ou ferroviaire pour l'évacuation des déblais directement à proximité des sites de production liés à la réalisation des ouvrages ou au creusement du tunnel, en complémentarité avec l'utilisation du réseau d'installations existantes, et de s'appuyer sur des plateformes de transit multimodales (accessibilité route, fleuve et/ou fer).

Les installations d'évacuation (plateformes de transbordement) doivent permettre l'évacuation des déblais en phase chantier, et lorsque c'est possible, l'apport en matériaux de construction, par des modes de transport alternatifs à la route afin d'éviter la circulation de nombreux camions et les impacts liés sur les territoires à l'utilisation de la route (émissions polluants atmosphérique, congestion,…).

Les plateformes de transit doivent permettre de caractériser les matériaux, les transformer si besoin pour ajuster leur utilisation ultérieure, de les trier et de les massifier pour orienter les flux de matériaux vers les destinations finales adaptées permettant ainsi d'optimiser le taux de valorisation conformément aux orientations de la Société du Grand Paris et des objectifs du Plan Régional D'élimination des Déchets de Chantier (PREDEC) d'Ile-de-France. Elles interviennent également dans le processus de traçabilité et de contrôle des flux, de l'objectif de réduction du transport routier et de sécurisation des chantiers.

Cette gestion des déblais en phase chantier doit se faire de manière globale sur le territoire concerné par le projet du Grand Paris Express, et sur le périmètre de la ligne 15 Sud, première ligne en travaux. La localisation des chantiers a été étudiée de façon à optimiser les trajets, depuis les chantiers et vers les sites d'accueil, et à bénéficier des axes de transport ferroviaires et fluviaux existants, pour répondre aux objectifs stratégiques à l'échelle du territoire, définis par la Société du Grand Paris dans le Schéma Directeur d'Evacuation des Déblais (SDED). La SGP prévoit à terme la création de 8 plates-formes fluviales ou ferroviaires situées sur les sites d'où partiront les tunneliers.



Répartition des plateformes d'évacuation des déblais à l'échelle globale du Grand Paris Express (source : SGP)

Le projet de la Ligne 15 Sud prévoit également la réalisation de plateformes de transit qui ont vocation à faire partie d'un réseau de plateforme de tri/transit/valorisation plus large à l'échelle du Grand Paris Express. Il s'agira de sites accessibles par la route, la voie d'eau et le fer.

2.9 Aspects paysagers

(§2.3.7 – page 22 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de développer les impacts paysagers au nord et au sud de la gare de Noisy-Champs, cumulés avec ceux du CDT Coeur Descartes. »

Le terrain d'implantation de la gare « Noisy-Champs » se situe à l'Ouest de la gare actuelle du RER A et à cheval sur les voies : la Ligne 15 Sud passe en dessous des voies du RER mais la superstructure de la gare se trouve au-dessus.

Le CDT Cœur Descartes, projet connexe à la future gare de Noisy-Champs, a été pris en compte dans l'analyse des impacts cumulés dans le dossier loi sur l'eau dans la pièce B3 en page 842. Ce projet stratégique de développement durable Cœur Descartes a conduit à la définition d'objectifs et de priorités par domaines où la protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, des paysages et ressources naturelles est un des principaux domaines abordé avec pour objectif de protéger les ressources du territoire et valoriser leur accès aux populations.

La réhabilitation du quartier est donc une réflexion qui mêle les projets du CDT et celui de la gare de Noisy-Champs.

L'étude d'impact souligne que la construction de la gare nécessite la destruction d'une large bande boisée nécessaire pour la phase de chantier.

Cette bande boisée est aujourd'hui perçue depuis les infrastructures et les poches urbaines voisines et contribuent ainsi à une certaine ambiance et atmosphère apaisée et verte d'extérieur. Toutefois, malgré sa participation à un cadre de vie « naturel », la bande boisée reste très dégradée et fait l'objet d'occupation (déchets, tranchées anti-squat…) peu propice à des activités de loisirs et de repos pour les usagers.

L'arrivée de la gare induit la destruction d'une partie de cette bande verte boisée sous sa forme actuelle. A terme elle ne persistera que sous la forme d'un boulevard urbain avec plantations.. De ce fait, au moins momentanément, les vues vont s'élargir et le paysage devenir plus minéral, la composante verte diminuant comme cela a été précisé dans l'analyse des impacts paysagers. Le choix a été fait de rendre la gare très visible par les concepteurs. De ce fait elle a un impact significatif sur le paysage local mais : les vues sur la gare sont limitées à un environnement proche.

Le CDT parle d'un site « marqué par de nombreuses coupures » sur le plan urbain et paysager. Il s'agit donc de « permettre une couture entre ces espaces aujourd'hui fragmentés ». Par ailleurs, l'un des enjeux des différents projets du CDT est de rétablir et renforcer l'axe vert nord sud entre la Marne et la butte verte.

La restructuration du quartier passe par une réintégration de la nature en ville de manière plus qualitative, intégrée et fonctionnelle. La possibilité de renforcer de l'axe nord/sud sur les terrains de couvertures de l'avant et de l'arrière gare et aux abords de la gare venant couvrir la coupure du RER A est toutefois en partie par les projets de construction.

La construction de la gare et l'ouverture du boulevard peut toutefois être pensé comme une opportunité de reconnexion entre l'arrière gare, l'avant gare et les ilots urbains alentours.

Ainsi, la construction de la gare engendre une véritable mutation du quartier avec une perte d'espace de respiration boisé peu mis en valeur vers un boulevard urbain organisé, fonctionnel et tourné vers l'intégration de la nature en ville.

Dans le cadre d'un nouveau plan de quartier, la revégétalisation et la replantation de nouveau boulevard urbain pourra se penser en continuité avec les boisements relictuels et les espaces verts alentours pour conserver une cohérence dans les continuités écologiques en contexte urbain.



Source : Ville de Champs-sur-Marne, Etude prospective en vue de l'élaboration du contrat de développement territorial, Atelier Lion – Citec – DTZ consulting, avril 2013



Insertion de la gare de Noisy-Champs dans le projet urbain développé par EPAMARNE

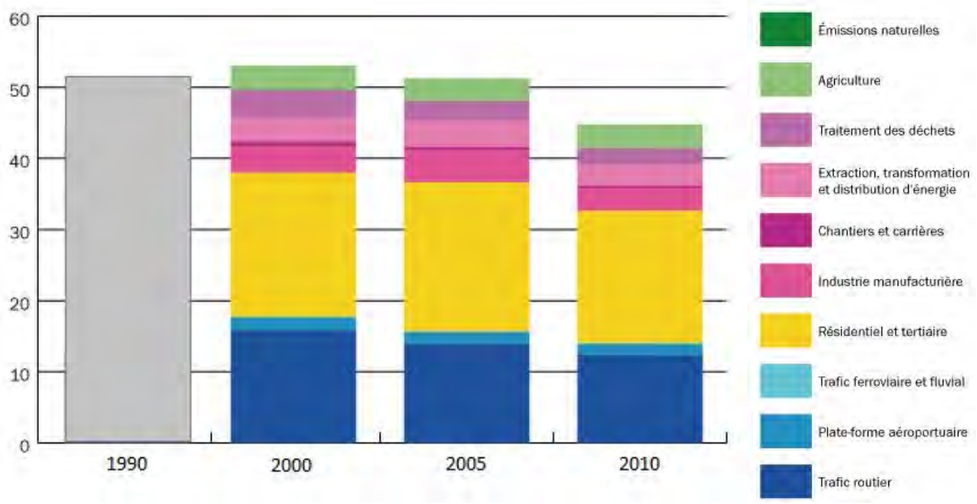
2.10 Energie, climat et qualité de l'air

2.10.1 L'évaluation des effets du projet sur l'énergie et la qualité de l'air

(§2.3.8 – page 22 de l'avis de l'AE) : « A l'instar de ses précédents avis relatifs au réseau de transport du grand Paris, l'Autorité envitonnementale recommande au maître d'ouvrage de fournir les tendances d'évolutions passée et future des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre, hors réalisation du projet (et donc du programme) et sous différents scénarios qu'il conviendrait d'expliciter, afin d'apprécier les effets réels du projet et sa place dans la politique globale de lutte contre le changement climatique. »

Le projet de réseau de transport du Grand Paris Express s'inscrit intégralement dans la ligne politique énergétique suivie par la France depuis 2002, qui s'est alors engagée à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050 (facteur 4). Cet engagement est traduit dans la loi de programme n° 2005-781, qui vise à diminuer de 3% par an en moyenne les émissions de gaz à effet de serre de la France, et dans le Grenelle de l'environnement comme détaillé au point 2.21.2.4 du rapport B.1. Ces engagements sont traduits pour l'Ile-de-France au sein du schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE) adopté fin 2012.

L'évolution récente des émissions de gaz à effet de serre (notamment présentée au point 2.21.2.2 du rapport B.1) révèle que des scénarios plus réalistes débouchent plutôt vers une réduction des émissions d'un facteur 2 ou 2,5 (tel que mis en avant par le rapport du CGEDD, 2013). Il n'y a cependant pas lieu de s'écarter du scénario du facteur 4 dans le cadre de la présente étude d'impact. Ainsi, les tendances futures des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre apparaissent implicitement dans la pièce B.1. Concernant les émissions de gaz à effets de serre, les perspectives à l'horizon 2050 correspondent, par exemple, au quart des émissions de 1990, comme illustré dans le graphique suivant.



Evolution des émissions de GES en Ile-de-France entre 2000 et 2010 par secteur. Données en millions de tonnes éq CO2 (années 2000, 2005 et 2010 : AirParif 2013, Bilan des émissions. http://www.airparif.asso.fr/etat-air/air-et-climat-bilan-emissions, année 1990 :évaluation Stratec sur base des consommations énergétiques, tableau de bord de l'énergie Ile-de-France 1990-2002, ARENE et ADEME, 2006)

Les politiques à mettre en place pour atteindre ces objectifs de réduction des consommations énergétiques et d'émissions de gaz à effet de serre seront nécessairement adaptées aux évolutions futures notamment en termes de prix des carburants et d'évolution des techniques de production d'énergie renouvelable. Ainsi, il est difficile, à ce stade, de différencier l'effort qui devra être réalisé par les différents secteurs. Cependant, le SRCAE définit trois grandes priorités régionales dans la lutte contre les émissions de gaz à effets de serre qui permettent d'identifier les secteurs les plus susceptibles d'être sollicités. Ces priorités sont listées au point 2.21.2.4 du rapport B.1 et rappelées ci-après :

- le renforcement de l'efficacité énergétique des bâtiments avec un objectif de doublement du rythme des réhabilitations dans le tertiaire et de triplement dans le résidentiel ;
- le développement du chauffage urbain alimenté par des énergies renouvelables et de récupération, avec un objectif d'augmentation de 40 % du nombre d'équivalents logements raccordés d'ici 2020 ;
- la réduction de 20 % des émissions de gaz à effet de serre du trafic routier, combinée à une forte baisse des émissions de polluants atmosphériques (particules fines, dioxyde d'azote).

L'analyse des impacts du projet présentée au point 1.22.3 du rapport B.3 révèle, par ailleurs, que la mise en service de la Ligne 15 Sud permettra de réduire sensiblement les émissions de gaz à effets et les consommations énergétiques en Ile-de-France, principalement grâce à une réduction du trafic routier et à une densification et une modernisation du parc résidentiel.

Au total, l'analyse évalue à approximativement 7,6 millions de téq CO2 les émissions évitées grâce au projet d'ici 2050, s'inscrivant ainsi dans la logique du SRCAE et contribuant ainsi aux efforts nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction des émissions (facteur 4).

Néanmoins, bien que non négligeables, cette diminution des émissions de gaz à effet de serre est loin des -75% attendus à l'horizon 2050.

En effet, les émissions de gaz à effets de serre issues du trafic routier en Ile-de-France représentaient par exemple 18 000 000 téq CO2 en 2005 tandis que l'analyse des impacts du projet une diminution des émissions du trafic routier d'approximativement –125 000 téq CO2 par an à l'horizon 2020, soit environ –0,7% des émissions régionales liées au transport routier de 2005.

Concernant le développement territorial, les émissions annuelles des secteurs résidentiel et tertiaire de l'Ile-de-France s'élevaient à 26 000 000 téq CO2 en 2005. Le projet permet une diminution d'environ -1 300 téq CO2/an à l'horizon 2020, croissant jusqu'à – 254 000 téq CO2/an à l'horizon 2050. Ceci correspond donc à une diminution de -1% des émissions de 2005 à l'horizon 2050.

Il est donc essentiel de comprendre que le projet et plus généralement le Grand Paris Express ne constituent qu'une partie d'un ensemble beaucoup plus important de mesures à mettre en place pour atteindre les objectifs très ambitieux de réduction des émissions de gaz à effet de serre et de consommations énergétiques.

2.10.2 L'évaluation des effets liés au Grand Paris Express

(§2.3.8 – page 23 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale ne peut donc que réitérer ses précédentes recommandations, et notamment :

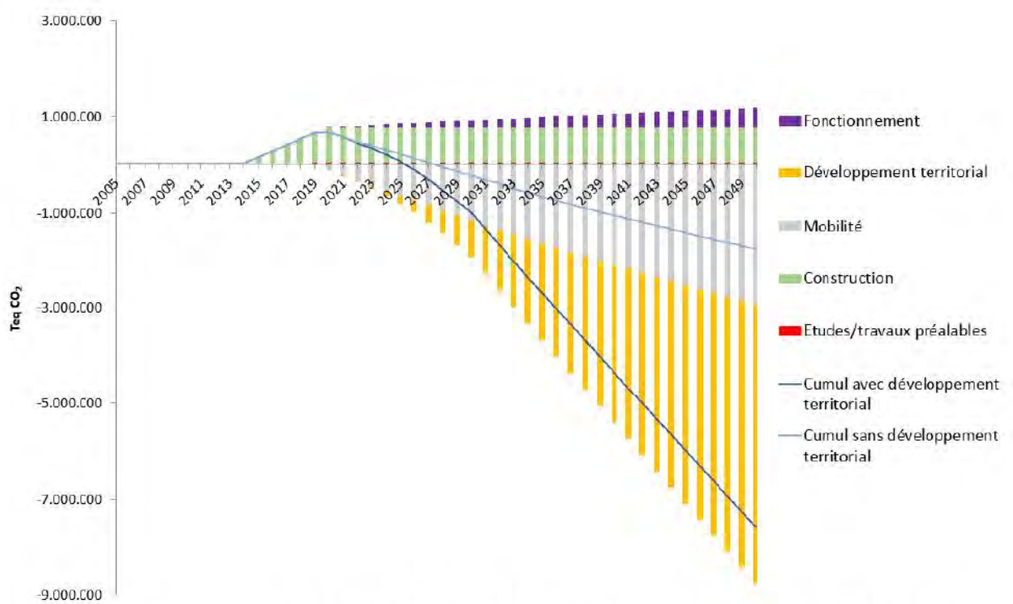
- de distinguer les possibilités offertes par la réalisation du réseau de transport du GPE, d'une part, et du projet, d'autre part, sur le développement territorial, tout particulièrement au vu de sa recommandation au § 2.1 ;
- d'en déduire les émissions de gaz à effet de serre potentiellement évitées sur ces bases ;
- de les inclure dans un bilan carbone complet du projet et du programme.
- de prendre en compte le développement territorial supposé accompagner le projet pour tous les domaines de l'environnement. »

Comme mentionné au point 1.18 du rapport B.3, la croissance prévisible de la population et de l'emploi en Ile-de-France générera à l'avenir des besoins importants en surfaces de plancher. Afin d'être en mesure d'accueillir ces besoins, le parc bâti francilien devra nécessairement évoluer pour accroître l'offre en surfaces de plancher disponibles. Or, le taux de croissance du parc est aujourd'hui relativement faible dans les centres d'agglomérations où l'espace disponible est rare. C'est pourquoi, en l'absence de mesures restrictives d'usage du sol, il est attendu un report naturel des besoins de nouvelles constructions vers les franges urbaines périphériques et une consommation progressive des espaces ruraux de seconde couronne et des régions limitrophes au profit d'un paysage d'habitat pavillonnaire.

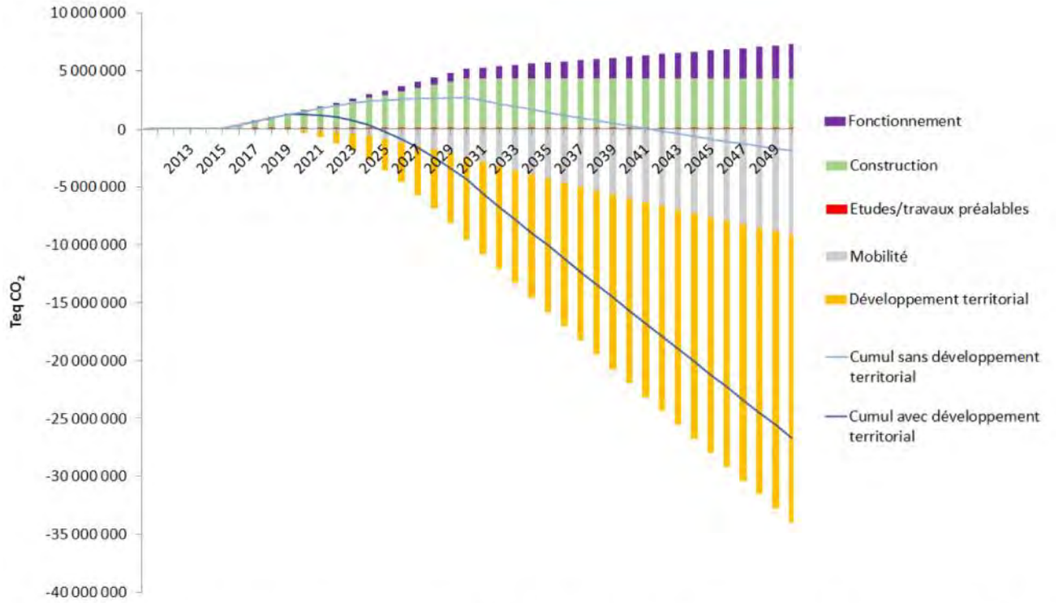
Pour que de tels accroissements de population et d'emplois puissent se faire sans avoir de répercussions négatives sur la consommation d'espaces naturels et agricoles, il est nécessaire que l'urbanisation future soit structurée par des opérations planifiées plus denses. Celles-ci doivent pouvoir s'appuyer sur l'armature d'un réseau de transport public de grande envergure comme celui proposé par le projet de la Ligne 15 Sud et plus généralement du Grand Paris Express. En effet, la mise en place d'une telle infrastructure de transport permet, en améliorant significativement l'accessibilité d'une partie du territoire, de créer la polarisation requise et de rendre possible et attractive la concentration urbaine (logements et emplois) à ses abords.

L'analyse des impacts de la mise en service de la Ligne 15 Sud sur l'occupation du sol révèle au point 1.18.2.1 du rapport B.3 que la contribution du projet à la lutte contre l'étalement urbain s'élève à environ 2360 ha préservés à l'horizon 2030.

Ces résultats ont été intégrés dans le bilan des émissions de gaz à effet de serre de la Ligne 15 Sud présenté au point 1.22.3 de la pièce B.3. Le bilan permet, par ailleurs de distinguer le résultat en tenant compte de l'effet sur le développement territorial (courbe bleue sombre sur le graphique ci-dessous), ou sans tenir compte du développement territorial (courbe bleue claire).



Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) liées à la réalisation de la Ligne 15 Sud.



Cumul des émissions de GES (en téq CO_2) suite à la mise en service progressive de l'ensemble du réseau.

L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre sans inclure le poste de développement territorial montre que le projet permet un gain des émissions globales à partir de 2028 soit 8 ans après la mise en service de la Ligne 15 Sud pour s'établir finalement à un gain total d'un peu plus de 1,8 millions de teqCO2 en 2050. Cette analyse met en évidence une phase de construction source d'émissions sur le moyen terme, et un projet permettant une baisse constante des émissions globales sur le long terme.

Dans le second cas, où le poste du développement territorial est inclus, un gain bien plus rapide et important des émissions de gaz à effets de serre est constaté. Le gain global devient ainsi effectif dès 2026 par rapport à la situation de référence, pour atteindre une baisse très conséquente de -7,6 millions de teqCO2 en 2050. Le projet s'avère dans ce cas particulièrement rentable et efficace en termes d'émissions de gaz à effets de serre évitées.

L'analyse des impacts du Grand Paris Express dans son ensemble évalue, par ailleurs, au point 3.2.14.1 de la pièce B.3 que le projet serait en mesure de stimuler une densification supplémentaire sur les territoires franciliens permettant la préservation d'environ 16 000 hectares de l'urbanisation nouvelle comparativement au scénario de référence. A cela, il faut ajouter la préservation d'environ 2 000 hectares hors territoire régional, du fait des migrations vers l'Ile-de-France en situation de projet.

A nouveau, ces résultats ont été intégrés dans le bilan des émissions de gaz à effet de serre du Grand Paris Express présenté au point 3.2.17.1 du rapport B.3.

Dans le cas du Grand Paris Express, en tenant compte des impacts sur le développement territorial, le bilan devient positif dès 2026. Sans tenir compte du développement territorial, les émissions liées à la construction de l'infrastructure sont moins rapidement compensées puisqu'il faut attendre 2040 pour que le bilan devienne positif.

De manière générale, le bilan révèle également l'intérêt du projet du Grand Paris Express dans la contribution aux objectifs du facteur 4 puisque ce sont 24,8 millions de téq CO2 épargnées à l'horizon 2050.

Concernant la prise en compte du développement territorial dans les autres domaines de l'environnement, il faut noter que la limitation de l'étalement urbain et des consommations d'espaces ruraux et urbains ouverts permettra une diminution de la pression urbanistique sur les espaces agricoles de l'Ile-de-France ainsi qu'une préservation accrue des habitats naturels pour la faune et la flore. La diminution des surfaces urbanisées permettra également de limiter l'imperméabilisation des sols et donc de ne pas augmenter le ruissèlellement.

La relocalisation de la population et de l'emploi implique, par ailleurs, des conséquences importantes en termes de déplacements des personnes. Les modifications de la répartition spatiale de la population et des emplois ont été prises en compte dans l'analyse des impacts du projet sur la mobilité à l'horizon 2030 et accentuent généralement les effets positifs du projet puisque les habitants et les emplois se retrouvent davantage concentrés dans les zones très accessibles proches des gares.

Les méthodologies suivies pour les thématiques liées au trafic routier suivent la même logique, notamment en ce qui concerne les émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre, les accidents de la route ou encore le bruit, puisqu'elles se basent sur les résultats des modèles de trafic.

Par contre, les autres domaines plus techniques tels que la géologie, les vibrations, les risques technologies et les ondes électromagnétiques ne sont que peu ou pas du tout influencés par la relocalisation des habitants et des emplois.

2.10.3 Les consommations énergétiques

(§2.3.8 – page 23 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande, particulièrement pour les permis de construire des gares et des sites de maintenance, que le maître d'ouvrage s'engage sur les mesures de réduction des consommations d'énergie qu'il prévoit. »

La pièce B.3 de l'étude d'impact présente à partir de la page 722, une estimation des consommations énergétiques liées au projet, comme la consommation liée à la circulation des trains, ou liées aux gares et aux sites de maintenance. Le dossier présente également une analyse du potentiel de recours aux énergies renouvelables pour la ligne 15 Sud.

En complément, certaines mesures contribuant à réduire la consommation énergétique du projet peuvent être précisées.

En ce qui concerne la circulation des trains :

- Le freinage électrique des trains à haute vitesse : Dans les phases de freinage les trains deviennent producteurs d'énergie en réinjectant l'énergie de freinage vers la caténaire. Le freinage électrique des trains à haute vitesse permet d'augmenter la part de l'énergie de freinage électrique pouvant être récupérée (+30% environ). Il limite également la production de particules liées au freinage mécanique (qualité de l'air).
- La marche sur l'erre : La marche sur l'erre désigne le fait de rouler traction coupée à l'approche d'un point d'arrêt ou d'une zone à vitesse réduite. La marche sur l'erre est de fait moins énergivore que la marche tendue en raison d'une quantité d'énergie cinétique mise en jeu moins importante (20% de moins qu'avec la marche tendue).
- L'amélioration du rendement de la chaine traction : La portion d'énergie dissipée (pertes) dans la chaine de traction est un poste de consommation d'énergie important (20 à 25% de l'énergie injectée dans la caténaire).
- L'optimisation de la circulation des trains : Dans les phases d'accélération les trains sont consommateurs d'énergie. A l'inverse au freinage ils deviennent producteurs d'énergie. En faisant correspondre les phases d'accélération et de freinage des trains, des échanges énergétiques naturels entre trains peuvent fonctionner.
- La mise en place de postes de redressement réversibles : En certains points de la ligne, là où la ligne n'est pas suffisamment réceptive (c'est-à-dire lorsqu'il un a plus de trains en freinage que de trains en accélération), l'énergie de freinage se retrouve en excès sur la caténaire. La mise en œuvre de PR réversibles permet de réinjecter l'énergie de freinage non récupérée vers le réseau de distribution amont pour, de préférence, une réutilisation interne.

En ce qui concerne le fonctionnement des gares :

- L'optimisation de l'éclairage : L'utilisation de luminaires performants à haut rendement (de type LED) permettra de réaliser des économies d'énergie significatives. En pilotant les éclairages selon l'occupation et en adaptant le niveau d'éclairement (puissance) selon les heures du jour (prise en compte de la luminosité extérieure), la gestion et le pilotage centralisé des éclairages au juste besoin représente un vaste potentiel d'économie d'énergie.
- La récupération de l'énergie fatale : L'exploitation du réseau de transport produit un dégagement calorifique qui est nécessaire d'évacuer (chaleur fatale). La récupération de l'énergie fatale ainsi produite permet de réduire la consommation énergétique des gares et de réduire le dimensionnement des équipements de CVC, souvent énergivores.
- Le recours aux énergies renouvelables : plusieurs sources sont étudiées à ce stade, comme la géothermie, les puits canadiens…
- La mise en œuvre de dispositifs spécifiques dans les gares comme les thermo-frigo-pompes.

Les gares disposeront de locaux techniques électriques nécessaires au fonctionnement de la ligne ainsi que de la gare. Ces locaux doivent être maintenus dans des conditions thermiques permettant le bon fonctionnement des équipements. Pour répondre au besoin de refroidissement/climatisation de ces locaux ainsi que des locaux d'exploitation et commerces, les gares doivent être pourvues de systèmes de production chaud/froid.

Afin de réduire au minimum les besoins en consommation d'énergie, le choix de la technologie thermo-frigo-pompes TFP a été retenu. En effet, la technologie des thermo-frigo-pompes (TFP) permet de récupérer les calories produites lors de la production d'eau glacée (refroidissement) sur un réseau afin de les utiliser pour la production d'eau chaude destinée au chauffage de l'air de ventilation et au chauffage des locaux de la gare.

A titre indicatif, les besoins en puissance thermique pour la gare d'ISSY RER sont les suivants :

- Besoin chauffage : 489 kW,
- Besoin froid-climatisation : 421 kW,

2.10.4 La pollution atmosphérique

(§2.3.8 – page 24 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de préciser les mesures de réduction de l'exposition à la pollution atmosphérique, intérieure et extérieure, tenant compte du cumul des projets, lors du dépôt du permis de construire de chaque site. »

L'étude d'impact a été construite sur des hypothèses permettant d'évaluer au mieux la qualité de l'air à l'horizon du projet, au regard des données disponibles. La méthodologie employée permet d'évaluer globalement l'impact général du projet et non d'évaluer précisément les impacts locaux qui dépendront notamment de l'urbanisation et des aménagements autour des nouvelles gares.

En effet, certaines gares pourraient générer un trafic routier supplémentaire lié au transfert modal de la route vers les transports publics à partir de ces gares. Ce point est abordé dans l'analyse des incidences du projet et l'analyse identifie les gares les plus sensibles. Les aménagements autour de ces gares seront à définir de manière à limiter les augmentations de trafic. Des mesures seront à mettre en place pour favoriser l'utilisation des modes actifs ou peu polluants pour accéder aux gares. Cet enjeu est pris en compte dans le projet afin de faire des gares du Grand Paris Express des pôles d'échanges multimodaux performants, répondant à l'objectif du développement d'une mobilité durable. L'ambition du Grand Paris Express est ainsi de réaliser, avec les partenaires que sont le STIF, les acteurs locaux et les opérateurs de transports, une intermodalité qui favorise tous les modes de déplacement et qui permette l'émergence de nouveaux modes de déplacements. Pour atteindre cet objectif, chaque pôle gare fera l'objet d'une étude et d'actions qui devront être opérationnelles à la mise en service du projet ; les actions projetées dans le cadre de l'étude de pôle s'articuleront avec les aménagements déjà envisagés par la Société du Grand Paris aux abords immédiats des gares.

S'agissant de la qualité de l'air intérieur du futur réseau, elle bénéficiera d'une attention particulière pour ce qui est de l'implantation du système d'aération et des émissions de particules liées au matériel roulant. Les résultats de plusieurs études montrent, en effet, que les concentrations en particules fines peuvent être assez élevées dans certaines infrastructures ferroviaires souterraines (métro et RER). Dans le cadre de l'étude d'impact de la ligne 15 Sud, une analyse de risques plus détaillée a, par ailleurs, été réalisée et est présentée dans l'étude d'impact.

L'analyse conclut que, sur la base des résultats des mesures de pollution de l'air dans les enceintes souterraines de transport ferroviaires et des valeurs guides actuelles, le risque potentiel pour la santé des usagers est relativement faible. Il est néanmoins prévu de veiller à limiter au maximum les concentrations dans les gares et le métro et de surveiller la qualité de l'air dans les enceintes ferroviaires souterraines du projet afin d'entreprendre des actions correctives si nécessaire.

2.11 Suivi des mesures

(§.2.4 – page 24 de l'avis de l'AE) : « L'Autorité environnementale recommande de mettre en place dès le début du chantier un dispositif de suivi de l'ensemble des impacts environnementaux du projet, des mesures d'évitement, réduction ou de compensation de ces impacts et de leurs effets, pour l'ensemble du linéaire du projet, décliné pour chacun de ses sites. »

La démarche engagée par le maître d'ouvrage dans le cadre de la gestion environnementale du projet est présentée dans la pièce B.2 de l'étude d'impact (§.2.3) et rappelée dans le résumé non technique (§.1.6). Ce chapitre expose la démarche environnementale établie pour l'ensemble des phases du projet : de la programmation à l'exploitation et précise les outils élaborés pour la mise en œuvre et le suivi des mesures environnementales.

Durant la phase travaux, le suivi des mesures sera notamment réalisé à travers le « PME chantier » qui synthétise l'ensemble des mesures (génériques ou spécifiques à un chantier donné) sur lesquelles le Maître d'ouvrage s'est engagé. Cet outil, décrit dans l'étude d'impact (pièce B.2 §.2.3), est présenté de manière plus opérationnelle pour le suivi de la phase chantier ci-après.

Chaque entreprise de travaux aura à sa charge de compléter son PME (Plan de Management Environnemental) site par site en renseignant les actions menées permettant de répondre aux mesures environnementales attendues. Chaque PME sera remis périodiquement au Maitre d'œuvre concerné, qui assurera le contrôle de la mise en œuvre effective des mesures sur le chantier et un reporting auprès du Maître d'ouvrage.

Un « PME cadre » a été établi par le Maître d'ouvrage et sera fourni aux entreprises titulaires des marchés de travaux. Ce PME cadre est découpé en huit thématiques pour lesquelles sont détaillées les grands objectifs environnementaux et les engagements, et cible actions à mettre en œuvre pour y répondre.



Ce PME permet d'assurer un suivi des actions par thèmes, objectifs et engagements. Les thèmes et objectifs sont prédéfinis notamment sur la base des engagements pris dans l'étude d'impact de la DUP et sont complétés par ceux liés aux dossiers réglementaires postérieurs (Etude d'impact-Loi sur l'Eau, défrichement, espèces protégées, ICPE).

Il revient à chaque maîtrise d'œuvre d'implémenter les mesures environnementales applicables à son périmètre d'intervention à savoir :

- Les actions exigées de manière générique par la SGP et qui ne seraient pas spécifiées dans l'étude d''impact (ex. action de la charte environnement des chantiers)

- Les actions prévues dans l'étude d'impactles dossiers réglementaires, avec une identification particulières pour celles reprises dans l'arrêté préfectoral

Par ailleurs le PME permet d'identifier pour chaque action planifiée les éléments d'information suivants :

- L'origine de l'action (étude d'impactdossiers réglementaires, Arrêtés préfectoraux, écoconception…)
- L'action est liée à un jalon temporel (avant ou après les travaux, à une saison ou une phase d'activité particulière…),
- L'action est associée à un point de contrôle (à lever par le MOA),
- L'action est liée à une information à remonter aux services de l'Etat (reporting action).

Le PME permet donc d'assurer une traçabilité de la déclinaison des engagements jusqu'au suivi de mise en œuvre opérationnel en conservant l'origine de l'action et en identifiant celles pour lesquelles les services de l'Etat ont demandé un reporting particulier.

Durant la phase chantier, l'entreprise de travaux assurera le suivi de la réalisation des mesures à travers le renseignement périodique des dates de mise en œuvre des mesures et, le cas échéant, des éventuels contraintes rencontrées (difficultés, retard, modification, …). Les PME chantier, assurant un suivi à l'échelle des sites de travaux, sont fusionnés (fonction « importer les données d'un autre PME ») de manière à établir un outil de suivi consolidé à l'échelle de la Ligne 15 Sud, évolutif à l'ensemble du réseau de transport public du Grand Paris (RTPGP/GPE) en fonction de l'avancement du projet.

La structure et un exemple illustratif du PME sont présentés ci-après. Il comprend trois grandes parties:

- La section structurante conforme au référentiel définit par la SGP permettant de classer les actions par thèmes, objectifs et ouvrages (complétée par le maître d'ouvrage)
- La section relative à l'action à réaliser (compléter par le maître d'œuvre),
- La section relative au suivi de mise en œuvre en phase travaux (compléter par l'entreprise de travaux et contrtôlée par le maître d'œuvre)

Pour des raisons pratiques ces trois sections sont présentées indépendamment ci-après. A ce stade certaines informations ne sont pas connues comme les dates cibles et date de contrôle, ces éléments apparaissent en italique dans l'exemple ci après.

Extrait du PME pour la ligne 15 Sud

Section structurante : STRATEGIE ENVIRONNEMENT						
En-tete	Objectif générique *	Engagement *	Exigence *	Origine / Documents associés *	Objet *	Phase concernée *
Description de l'information attendue	Rappel de l'objectif environnemental générique	L'engagement précise l'objectif (plusieurs engagements pouvant contribuer à un même objectif	L'exigence précise l'engagement (plusieurs engagement possible pour un engagement)	D'où vient l'engagement (ex arrêté loi sur l'eau, CNPN,...)	Permet de rattacher la ligne à un ouvrage particulier (la gare de XX, l'ouvrage annexe YY, la section de tunnel ZZ etc)	Chantier ou exploitation
Exemple concret	Protéger les eaux et les sols des pollutions accidentelles	Définition précise des emprises et des installations du chantier (sites d'installation, zones de stationnement et d'entretien des engins, zones sensibles, zones de stockage, zone de traitement des eaux usées et des eaux superficielles, etc.)	Le lavage des engins ou du matériel sur le chantier est réalisé sur une aire étanche reliée à un séparateur d'hydrocarbures et décanteur, ou à tout autre système de traitement adapté, lequel est régulièrement entretenu. Des contrôles sont effectués au point de rejet pour en vérifier la conformité aux éventuels arrêtés prescriptifs.	Charte environnement des chantiers, p 16	Toute ligne (15, 16, 17) - T1 T2 T3 T4 T5	Chantier

Section relative à l'action : SUIVI MOE								
En-tete	Moyens de réalisation	Jalon temporel	Responsable du contrôle (Chantier)	Date cible	Date de contrôle (Chantier)	Point de contrôle (Chantier)	Reporting DRIEE (Chantier)	Communication
Description de l'information attendue	Action proprement dite	L'action est-elle associée à un jalon temporelle (avant les travaux, pendant la phase d'activité de l'atelier de paroies moulées,....	Entité/personne du groupement de maîtrise d'oeuvrre chargée du contrôle sur site	Date cible du contrôle sur site	Date effective du contrôle	L'action doit faire l'objet d'un point d'aarrêt (tant que l'action n'a pas été validée le chantier ne peut passer à la suite)	Case à cocher lorsque l'information doit être reportée au services de l'Etat	L'action doit-elle faire l'objet d'une information auprès d'une ou plusieurs parties prenantes
Exemple concret	Mise en place d'une aire étanche connectée à un système de traitement et un système de prélèvement en vue des contrôles de conformité des rejets	Dès le démarrage des travaux	Conception = MOE Infra (tous poles) - Réalisation = Entreprise	(non connue à date)	(non connue à date)	Oui démarrage des travaux	Oui (exemple car non encore connu sera définit par l'arrêté préfectoral)	non (pas d'enjeu majeur pour la gêne des parties prenantes)

Section relative à la mise en œuvre : ENTREPRISE				
En-tete	Responsable action	Date cible	Date de réalisation	Commentaires
Description de l'information attendue	Responsable de l'action entité/personne du groupement chargé des travaux	Date cible de mise en place de l'action	Date effective de mise en place	Informations complémentaires (difficulté, évolutions de l'action, efficacité, etc)
Exemple concret	Mandataire du groupement	(non connue à date)	(non connue à date)	néant

Société du Grand Paris
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers
93200 Saint-Denis

www.societedugrandparis.fr

GRAND PARIS EXPRESS

LE MÉTRO DU GRAND PARIS

LIGNE 15 | SUD

PONT DE SÈVRES <> NOISY–CHAMPS

DOSSIER D'INFORMATION

Enquête publique unique loi sur l'eau et construction des gares et du site de maintenance des infrastructures

du 26 octobre au 28 novembre 2015

TOUT SUR LE GRAND PARIS EXPRESS
www.societedugrandparis.fr

Société du Grand Paris

SOMMAIRE

1 - L'ENQUÊTE PUBLIQUE UNIQUE LOI SUR L'EAU ET CONSTRUCTION DES GARES ET DU SITE DE MAINTENANCE DES INFRASTRUCTURES (SMI) **4**
Pourquoi une enquête unique ? 6
Le dossier d'enquête publique 8

2 - LE GRAND PARIS DES TRANSPORTS **10**
Le Grand Paris Express 11
La Société du Grand Paris 13

3 - LA LIGNE 15 SUD **14**
Le tracé et les temps de parcours 15
Les chiffres clés 15
La ligne 15, une rocade de 75 km autour de Paris 16
Le service proposé 16
Le calendrier 17
Les premiers travaux sur la ligne 15 Sud 17
Le dialogue 17

4 - LES IMPACTS DU PROJET SUR LES MILIEUX AQUATIQUES ET EAUX SOUTERRAINES **18**
Les eaux de surface 19
Les eaux souterraines 19

5 - LES 16 GARES ET LE SMI **20**
Gare Pont de Sèvres 21
Gare Issy RER 22
Gare Fort d'Issy - Vanves - Clamart 23
Gare Châtillon - Montrouge 24
Gare Bagneux M4 25
Gare Arcueil - Cachan 26
Gare Villejuif Institut Gustave-Roussy 27
Gare Villejuif Louis-Aragon 28
Gare Vitry Centre 29
Gare Les Ardoines 30
Gare Le Vert de Maisons 31
Gare Créteil l'Échat 32
Gare Saint-Maur - Créteil 33
Gare Champigny Centre 34
Gare Bry - Villiers - Champigny 35
Gare Noisy - Champs 36
Site de Maintenance des Infrastructure (SMI) 37

6 - LES MODALITÉS DE L'ENQUÊTE PUBLIQUE **38**

1

L'ENQUÊTE PUBLIQUE UNIQUE LOI SUR L'EAU ET CONSTRUCTION DES GARES ET DU SITE DE MAINTENANCE DES INFRASTRUCTURES (SMI)

La ligne 15 Sud* reliera la gare Pont de Sèvres, dans les Hauts-de-Seine, à la gare Noisy-Champs, en Seine-et-Marne et en Seine-Saint-Denis.

Suite à l'enquête publique qui s'est déroulée du 7 octobre au 18 novembre 2013, celle-ci a été déclarée d'utilité publique par le décret n° 2014-1607 du 24 décembre 2014.

Le démarrage des travaux de génie civil sur la ligne, prévu au printemps 2016, est conditionné par l'obtention de plusieurs autorisations administratives, au titre :

- du code de l'environnement (loi sur l'eau, demande de dérogation « espèces protégées », installations classées pour la protection de l'environnement…);
- du code forestier (défrichement…);
- et du code de l'urbanisme (permis de construire, de démolir, déclaration préalable…).

L'enquête publique qui se déroule du 26 octobre au 28 novembre 2015 porte à la fois sur la loi sur l'eau et sur les constructions des 16 gares de la ligne 15 Sud et du Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry-sur-Seine.

Le Site de Maintenance et de Remisage (SMR) des trains pour la ligne 15 Sud, situé sur la commune de Champigny-sur-Marne, n'est pas inclus dans le périmètre de l'enquête publique loi sur l'eau et construction des gares et du SMI. Il fait en effet l'objet d'une demande d'autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Une enquête publique spécifique est prévue début 2016.

Les autres procédures réglementaires de la ligne 15 Sud sont actuellement en cours d'instruction auprès des services de l'État : dossier de demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées ; dossier de demande d'autorisation de défrichement ; dossier de demande d'autorisation spéciale de travaux en site classé pour l'Île de Monsieur située à Sèvres, dans les Hauts-de-Seine.

* La ligne 15 Sud correspond à la ligne rouge sud du réseau de transport public du Grand Paris Express

34 communes sont concernées par l'enquête publique

HAUTS-DE-SEINE (92)	VAL-DE-MARNE (94)
Bagneux	Alfortville
Boulogne-Billancourt	Arcueil
Châtillon	*Bonneuil-sur-Marne*
Clamart	Bry-sur-Marne
Issy-les-Moulineaux	Cachan
Malakoff	Champigny-sur-Marne
Meudon	*Chevilly-Larue*
Montrouge	Choisy-Le-Roi
Saint-Cloud	Créteil
Sèvres	*L'Haÿ-les-Roses*
Vanves	*Ivry-sur-Seine*
	Joinville-le-Pont
	Maisons-Alfort
	Villejuif
	Vitry-sur-Seine
	Villiers-sur-Marne
	Saint-Maur-des-Fossés
	Santeny
	Thiais
	Valenton

SEINE-SAINT-DENIS (93)	SEINE-ET-MARNE (77)
Émerainville	Champs-sur-Marne
	Noisy-le-Grand

• 25 communes, lieux d'enquête, accueillent les permanences de la commission d'enquête et mettent à votre disposition le dossier d'enquête et un registre dans le lequel vous pouvez consigner vos remarques et avis.

• 9 communes sont concernées uniquement par un affichage légal en raison d'effets du projet sur certaines nappes souterraines (en italique dans le tableau ci-dessus).

Les modalités de l'enquête sont détaillées page 39.







POURQUOI UNE ENQUÊTE UNIQUE ?

Afin de respecter le calendrier de mise en service des différentes lignes du Grand Paris Express, et d'optimiser les délais de production et d'instruction des dossiers réglementaires, la Société du Grand Paris a mis en place une stratégie d'ordonnancement de ses demandes de procédures réglementaires. Avec l'accord des autorités préfectorales compétentes, celle-ci a pour objectif notamment de rationaliser le nombre de dossiers réglementaires et les différentes procédures, en les mutualisant par exemple, tout en assurant leur sécurité juridique.

C'est dans cette optique que l'État a souhaité mettre en œuvre une enquête publique unique au titre de la loi sur l'eau et au titre des constructions des 16 gares de la ligne 15 Sud et du SMI de Vitry-sur-Seine soumises à permis de construire. Celle-ci est par ailleurs prévue par le code de l'environnement (article L. 123-6) : *« Lorsque la réalisation d'un projet, plan ou programme est soumise à l'organisation de plusieurs enquêtes publiques dont l'une au moins en application de l'article L. 123-2, il peut être procédé à une enquête unique ».*

La loi sur l'eau

La loi sur l'eau codifiée aux articles L. 214-1 et suivants du code de l'environnement, vise à préserver les écosystèmes aquatiques et les zones humides, à protéger la qualité des eaux, et à préserver les écoulements naturels.

Le code de l'environnement prévoit ainsi que les installations, ouvrages, travaux et activités ayant une influence notable sur l'eau ou le fonctionnement des écosystèmes aquatiques font l'objet d'une procédure de déclaration ou d'autorisation préalable à leur mise en œuvre. Le type de procédure à mettre en œuvre dépend alors des effets du projet sur l'eau et les écosystèmes aquatiques.

Dans le cadre des projets de construction des lignes du Grand Paris Express, la Société du Grand Paris est soumise à une demande d'autorisation, avec l'organisation d'une enquête publique.

Un arrêté d'autorisation est ensuite délivré par les préfets des départements concernés.

Les projets de constructions des gares et du SMI

La ligne 15 Sud comprend 16 gares : Arcueil-Cachan, Bagneux M4, Bry-Villiers-Champigny, Champigny Centre, Châtillon-Montrouge, Créteil l'Échat, Fort d'Issy-Vanves-Clamart, Issy RER, Le Vert de Maisons, Les Ardoines, Noisy-Champs, Pont de Sèvres, Saint-Maur-Créteil, Villejuif Institut Gustave-Roussy, Villejuif Louis-Aragon, Vitry Centre.

Le code de l'urbanisme prévoit que la construction de chacune de ces gares et du SMI de Vitry-sur-Seine doit être précédée de l'obtention d'un permis de construire délivré par le préfet du département concerné. En ce qu'ils font partie intégrante du projet d'infrastructure de la ligne 15 Sud, la construction de ses 16 gares et du SMI sont traités dans l'étude d'impact et font donc partie du périmètre de la présente enquête publique en vue de l'obtention des permis de construire requis.

LE DOSSIER D'ENQUÊTE PUBLIQUE

Le dossier de demande d'autorisation que vous trouverez en libre consultation dans le cadre de cette enquête publique (cf. lieux d'enquête en page 39) comporte plusieurs pièces dont le contenu est fixé par l'article R. 214-6 du code de l'environnement

L'étude d'impact (pièce B), qui porte sur la ligne 15 Sud, traite chacun des projets de construction des 16 gares et du SMI de Vitry-sur-Seine. Cette étude d'impact vaut document d'incidence au titre de la loi sur l'eau en application du V de l'article R. 122-5 du code de l'environnement.

S'agissant d'une enquête publique unique, le dossier d'enquête publique est complété par la présente note de présentation non technique du projet (article R. 123-7 du code de l'environnement).

Le dossier d'enquête publique comprend donc :

▸ Le présent dossier d'information

▸ Pièce A : Présentation du dossier loi sur l'eau

Cette pièce présente le dossier loi sur l'eau, les lieux où les travaux doivent être effectués, les principaux types d'ouvrage et leurs caractéristiques, les rubriques de la nomenclature concernées et enfin une notice d'incidence au titre de la loi sur l'eau.

▸ Pièces B : Étude d'impact

Le projet de construction des gares dans l'étude d'impact

Les enjeux environnementaux de chaque territoire concerné par le projet de construction d'une gare de la ligne 15 Sud sont étudiés et présentés par thématique dans la **pièce B.1** « État initial ».
La rubrique « Enjeux identifiés à l'issue de l'état initial », à partir de la page 693, propose une synthèse cartographique des enjeux à prendre en compte dans le projet.

Chaque projet de construction de gare et du SMI de la ligne 15 Sud fait l'objet dans la **pièce B.2** « Description du projet » de l'étude d'impact, d'une description spécifique : localisation, contexte urbain actuel, caractéristiques et fonctionnement de la gare, correspondance et mobilité, et le processus de sa construction. Des visuels sont présentés à titre indicatif.

Les effets liés à la construction et à l'exploitation des gares de la ligne 15 Sud sont analysés et présentés dans la **pièce B.3** « Analyse des impacts et présentation des mesures associées » au niveau de chaque thématique environnementale concernée. Pour faciliter la lecture du dossier, une synthèse cartographique est également proposée dans la rubrique « Synthèse des impacts et des mesures associées ».

Enfin, la **pièce B.4** « Résumé non technique » de l'étude d'impact reprend ces différents éléments avec un niveau de détail moindre afin de proposer une lecture simplifiée des enjeux et impacts de la ligne 15 Sud.

• Pièce B.1 : État initial
Ce document contient notamment :
- le contexte du projet et le cadre réglementaire ;
- la présentation des acteurs de l'étude d'impact ;
- un état initial sur l'ensemble des thématiques environnementales. Ce diagnostic a été réalisé sur la base de deux aires d'études selon le sujet étudié :
  . Dans un périmètre de 500 mètres de part et d'autre du tracé préférentiel retenu pour les enjeux locaux ;
  . À l'échelle du programme du Grand Paris Express pour certains enjeux.
- une évaluation des enjeux environnementaux à l'échelle du programme du Grand Paris Express.

• Pièce B.2 : Description du projet
Ce document contient notamment :
- une présentation des différents types d'ouvrages nécessaires à la future ligne de métro : gares, ouvrages de sécurité, tunnel, sites de maintenance, plates-formes fluviales pour l'évacuation des déblais et l'apport de matériaux de construction... ;
- une présentation détaillée de chaque gare, de chaque ouvrage de sécurité et du SMI avec une description du site d'implantation, des caractéristiques de l'ouvrage et des méthodes constructives retenues ;
- une présentation des variantes d'aménagement, et les raisons ayant conduit la Société du Grand Paris à retenir le projet présenté.

• Pièce B.3 : Analyse des impacts et présentation des mesures associées
Ce document contient notamment :
- l'analyse des impacts potentiels du projet sur l'environnement. Les différents sujets sont traités en application du principe de proportionnalité selon le niveau d'enjeux identifiés dans l'état initial. Les impacts directs, indirects, temporaires ou permanents sont étudiés ;
- la proposition de mesures spécifiques pour éviter, réduire, ou le cas échéant compenser les impacts identifiés. Pour faciliter la lecture du dossier, les mesures sont présentées de manière associée avec les impacts qu'elles concernent ;
- une évaluation des impacts à l'échelle du programme du Grand Paris Express.

• Pièce B.4 : Résumé non technique
Ce document reprend les principales informations et conclusions de l'étude d'impact, notamment :
- les enjeux environnementaux identifiés dans l'aire d'étude du projet, ou à une échelle plus large ;
- la description des ouvrages du projet ;
- Les principaux impacts du projet et les mesures prévues pour éviter, réduire ou compenser ces effets.

• Pièce B.5 : Annexes
Pour faciliter la lecture, certains éléments considérés comme techniques n'ont pas été intégrés dans leur totalité dans l'étude d'impact. Ils sont présentés dans les annexes suivantes :
- **annexe 1 :** Gestion du risque inondation-modélisation de la Marne du pont de l'A4 à l'Île d'Amour et du Port de Bonneuil au pont de Maisons-Alfort ;
- **annexe 2 :** Gestion du risque inondation-modélisation de la Seine du pont de Choisy au pont du Port à l'Anglais ;
- **annexe 3 :** Gestion du risque inondation-modélisation de la Seine du pont du Garigliano à la passerelle de l'Avre ;
- **annexe 4 :** Gestion des eaux souterraines-modélisation hydrogéologique de la boucle de Boulogne-Billancourt ;
- **annexe 5 :** Gestion des eaux souterraines-modélisation hydrogéologique du territoire traversé par ligne 15 Sud entre les gares de Fort d'Issy - Vanves - Clamart et Champigny Centre ;
- **annexe 6 :** Fiches de résultats détaillés des campagnes de mesures des niveaux de bruit, réalisées au niveau des secteurs d'aménagement des ouvrages annexes de la ligne 15 Sud ;
- **annexe 7 :** Charte environnement des chantiers ;
- **annexe 8 :** Document cadre sur la politique « Qualité Sécurité Environnement » ;
- **annexe 9 :** Fiches sondages zones humides.

▸ Avis délibéré de l'Autorité environnementale sur la ligne 15 (rouge) et compléments apportés

Un avis de l'Autorité environnementale du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable (CGEDD) a été rendu le 23 septembre 2015 sur la prise en compte de l'environnement dans le projet, et sur la qualité du dossier. La pièce comprend l'avis de l'Autorité environnementale et les informations complémentaires apportées par la Société du Grand Paris.

2

LE GRAND PARIS DES TRANSPORTS



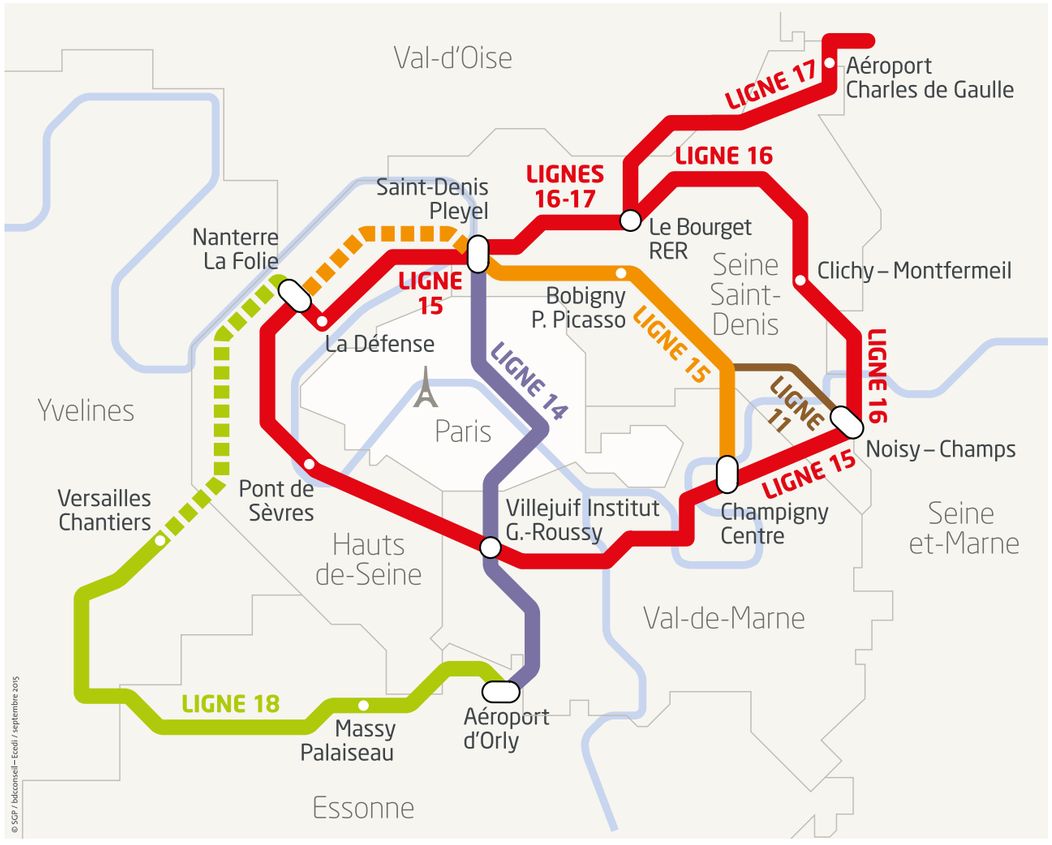
Le Grand Paris des transports répond à une démarche d'amélioration des transports franciliens : il prévoit la modernisation des transports existants et la réalisation d'un nouveau métro automatique, le Grand Paris Express.

LE GRAND PARIS EXPRESS

Le Grand Paris Express est un projet stratégique pour le devenir de l'Île-de-France : il vise à améliorer la vie quotidienne des habitants, à favoriser l'égalité des territoires franciliens, en renforçant le développement urbain de l'agglomération, et à favoriser l'attractivité de la région capitale dans la compétition mondiale des grandes métropoles.

Le Grand Paris Express doit ainsi permettre de :

- décongestionner les principales lignes de transport en commun existantes par la création d'une offre nouvelle en rocade ;
- réduire la congestion et la pollution automobiles ;
- soutenir le développement économique de la région Île-de-France et contribuer ainsi à la compétitivité du pays, en mettant en relation les grands pôles d'emploi et les bassins de vie ;
- désenclaver les secteurs les moins bien desservis du cœur d'agglomération et permettre une meilleure accessibilité aux grands équipements, lieux de loisirs et lieux d'études de la région.



200 km de lignes de métro automatique seront créées ;

68 nouvelles gares relieront les pôles du Grand Paris, les 3 aéroports et les gares TGV ;

2 millions de voyageurs emprunteront chaque jour ce nouveau réseau ;

4 nouvelles lignes de métro automatique seront réalisées et **2 lignes** de métro seront **prolongées** :

- **la ligne 15 (rouge et orange) :** nouvelle ligne de métro en rocade proche de Paris ;
- **les lignes 16, 17 (rouges) et 18 (verte) :** nouvelles lignes de métro desservant des territoires en développement ;
- **les lignes 11 et 14 (bleue) :** prolongements de lignes de métro existantes.

L'ensemble de ces lignes seront mises en service entre 2019 et 2030.

LA SOCIÉTÉ DU GRAND PARIS

Établissement public de l'État, la Société du Grand Paris (SGP) est chargée de la conception et de la réalisation du Grand Paris Express (GPE), futur métro automatique du Grand Paris.

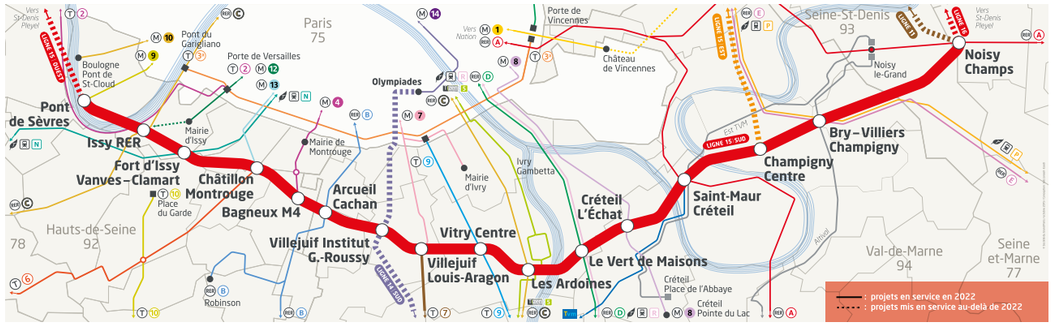
Conformément aux décisions du Gouvernement, la Société du Grand Paris contribue au plan de mobilisation pour les transports de la région Île-de-France à hauteur de 2,450 milliards d'euros, dont 1 milliard pour le prolongement du RER E à l'ouest (Éole) et 1,450 milliard pour d'autres opérations (modernisation des RER, prolongements des lignes 11 et 14). En complément, la Société du Grand Paris contribue à hauteur de 450 millions d'euros à la mise en œuvre des interconnexions avec le réseau de transport en commun existant.

Enfin, la Société du Grand Paris peut aussi être aménageur dans les quartiers des futures gares du Grand Paris Express.

3

LA LIGNE 15 SUD

Avec 33 kilomètres en souterrain, la ligne 15 Sud relie 16 gares de Pont de Sèvres à Noisy–Champs. Sa mise en service est prévue en 2022.



LE TRACÉ ET LES TEMPS DE PARCOURS

- Entre Saint-Maur – Créteil et Roissy : **45 minutes** contre 1 h 05* aujourd'hui.
- Entre Pont de Sèvres et Noisy – Champs : **35 minutes** contre 1 h 05* aujourd'hui.
- Entre Champigny Centre et Issy RER : **27 minutes** contre 1 h 26* aujourd'hui.
- Entre Vitry Centre et La Défense : **30 minutes** contre 1 heure* aujourd'hui.

* durée indicative d'un trajet effectué en transports en commun

La ligne 15 Sud en quelques chiffres

Plus d'**1 million** d'habitants concernés

22 communes
desservies sur 4 départements

33 km de tracé en souterrain

16 gares en correspondance avec RER, métro ou tramway

Un investissement de **5,7 milliards** d'euros

300 000 voyageurs quotidiens

Une mise en service prévue en **2022**

LA LIGNE 15, UNE ROCADE DE 75 KM AUTOUR DE PARIS

Le tronçon entre Pont de Sèvres et Noisy-Champs (ligne 15 Sud) fait partie de la ligne 15, future ligne de métro en rocade autour de Paris. D'une longueur de 75 km environ, la ligne 15 traverse les trois départements de proche couronne. Outre sa partie au Sud de Paris, elle est composée de deux autres tronçons :

- la ligne 15 Est, desservant 11 gares supplémentaires entre Saint-Denis Pleyel et Champigny Centre, pour un temps de trajet de 25 minutes : ce tronçon de 23 km sera mis en service à l'horizon 2025 pour la partie située entre Saint-Denis Pleyel et Rosny-Bois-Perrier, et à l'horizon 2030 pour la partie située entre Rosny-Bois-Perrier et Champigny Centre ;

- la ligne 15 Ouest, desservant 9 gares supplémentaires entre Pont de Sèvres et Saint-Denis Pleyel, pour un temps de trajet de 25 minutes également : ce tronçon de 20 km sera mis en service à l'horizon 2025 pour la partie située entre Pont de Sèvres et Nanterre La Folie, et à l'horizon 2027 pour la partie située entre Nanterre La Folie et Saint-Denis Pleyel.

LE SERVICE PROPOSÉ

Un métro automatique sans conducteur
Le mode automatique permet un déplacement des trains de manière autonome et sûre pour une qualité de service optimale.

RÉGULARITÉ
Un train toutes les 2 minutes aux heures de pointe (à terme).

PERFORMANCE
Les trains rouleront a une vitesse moyenne de 55 km / h.

ACCESSIBILITÉ ET CONFORT
Accessible aux personnes à mobilité réduite, chaque train pourra accueillir près de 1 000 voyageurs et s'arrêtera dans toutes les gares.

FLEXIBILITÉ
L'automatisation offrira plus de souplesse et de réactivité pour l'exploitation de la ligne (prolongement le soir...).

Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry-sur-Seine

Ce site industriel, relié à la ligne 15 par un tunnel d'une longueur de 1,3 km, permettra aux techniciens d'assurer la maintenance et l'entretien des rails, des voies, des caténaires, des portes palières, des systèmes d'information voyageurs... À terme, cette installation d'une superficie de 4 hectares permettra de générer près de 450 emplois dans la ville de Vitry-sur-Seine.

Le Site de Maintenance et de Remisage (SMR) de la ligne

Le Site de Maintenance et de Remisage de la ligne 15 Sud sera située sur la commune de Champigny-sur-Marne. Assurant 60 % de la maintenance des matériels roulants, il comprendra également le Poste de Commandement Centralisé (PCC).

Véritable centre névralgique du système, c'est par lui que transiteront demain les informations relatives à l'exploitation et à la supervision de la ligne 15.

Le SMR n'est pas inclus dans le périmètre de l'enquête publique loi sur l'eau et construction des gares et du SMI. Il fait en effet l'objet d'une demande d'autorisation au titre des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Une enquête publique spécifique est prévue début 2016.



LE CALENDRIER



LES PREMIERS TRAVAUX SUR LA LIGNE 15 SUD

Les travaux préparatoires de la ligne 15 Sud ont débuté en mars 2015. Il s'agit de la première étape du chantier, avant les futures opérations de génie civil, c'est-à-dire de construction des infrastructures du métro.

Ils consistent, d'une part, à déplacer des réseaux existants (gaz, électricité, télécom, eau...) à proximité des futurs ouvrages du métro (gares et ouvrages annexes) et, d'autre part, à reconnaître le terrain pour optimiser les méthodes de construction.

Ce sont ainsi 11 sites sur les 16 des futures gares de la ligne 15 Sud qui sont entrés en phase de travaux préparatoires.



LE DIALOGUE

Depuis l'origine du projet, la Société du Grand Paris a organisé une concertation continue avec les collectivités et les habitants afin de recueillir leurs avis sur le métro du Grand Paris.

Sur la ligne 15 Sud, près de 140 réunions (comités techniques et de pilotages) se sont tenues avec les élus et partenaires.

Pour associer les habitants, la Société du Grand Paris a également organisé 21 réunions publiques d'information et d'échanges du 13 septembre au 15 novembre 2012 dans le cadre d'une concertation renforcée. Plus de 1 700 questions et avis ont été émis et pris en considération.

L'enquête publique qui s'est déroulée du 7 octobre au 18 novembre 2013, sur l'ensemble de la ligne a permis de recueillir plus de 700 remarques et observations. Le projet de la ligne 15 Sud a été déclaré d'utilité publique le 24 décembre 2014.

La Société du Grand Paris poursuit le dialogue avec le public pendant toute la durée du chantier avec notamment la mise en place de réunions de quartier mais aussi la présence d'agents de proximité sur le territoire.

4

LES IMPACTS DU PROJET SUR LES MILIEUX AQUATIQUES ET EAUX SOUTERRAINES

Les impacts sur l'écosystème aquatique représentent l'un des principaux enjeux environnementaux de la réalisation du Grand Paris Express.

LES EAUX DE SURFACE

La construction des ouvrages émergents comme les gares, les ouvrages de sécurité ou encore les sites de maintenance des infrastructures nécessitent de prendre en compte les eaux de surface. Ainsi, chacun des ouvrages fait l'objet d'une gestion adaptée de l'eau pluviale, que ce soit en phase chantier ou en phase d'exploitation. La Société du Grand Paris prévoit notamment l'aménagement de bassins de stockage et la création de dispositifs de dépollution pour assurer des rejets qui respectent les réglementations locales.

Certains ouvrages de la ligne 15 Sud, comme les gares de Pont de Sèvres et de Vert de Maisons ou l'ouvrage de sécurité sur l'Île de Monsieur, situés à proximité de la Seine ou de la Marne, sont soumis à un risque d'inondation. Ces constructions font donc l'objet de dispositions spécifiques de construction et d'aménagement afin de résister à des phénomènes de crue et de ne pas augmenter les risques pour les zones limitrophes.

Le développement de plateformes fluviales permettra, par ailleurs, une évacuation de déblais liés au creusement du tunnel et de certains ouvrages en limitant les nuisances. Pour compenser les impacts liés à l'implantation de ces ouvrages fluviaux sur des frayères (zones de reproduction de poissons) existantes, il est notamment prévu la requalification de berges au niveau de l'Île de Monsieur, elles favoriseront le développement de la biodiversité, et contribueront au cadre du site.

LES EAUX SOUTERRAINES

La construction des ouvrages en souterrain peut avoir des impacts sur les nappes d'eaux souterraines, sur leur qualité et leur fonctionnement. Afin de réaliser un état des lieux du territoire concerné par le projet, des sondages et des prélèvements ont été effectués sur la totalité du tracé.

Des études hydrogéologiques ont conduit à retenir les méthodes constructives les plus adaptées pour éviter les effets sur les nappes souterraines, il s'agit notamment du recours à la technique des parois moulées pour la construction des ouvrages émergents, et au tunnelier pour la partie souterraine de l'infrastructure.

L'ensemble des informations sur les enjeux environnementaux du territoire concerné par la construction de la ligne 15 Sud est présenté dans la pièce B.1 « État initial » de l'étude d'impact. L'analyse des impacts liés à la réalisation de la ligne et les mesures prévues pour assurer l'intégration environnementale du projet sont indiquées dans la pièce « B.3 Analyse des impacts et présentation des mesures associées ».

Enfin, pour retrouver une synthèse de l'ensemble des informations de l'étude d'impact, vous pouvez prendre connaissance de la pièce B.4 « Résumé non technique ».

5

LES 16 GARES ET SMI

GARE **PONT DE SÈVRES**

LOCALISATION
La gare de Pont de Sèvres est située au Sud-Ouest de la commune de Boulogne-Billancourt, au bord de la rive droite de la Seine, entre le pont de Sèvres et le pont Renault. L'axe de la gare est parallèle à la Seine, sous le quai George Gorse (RD1).

CORRESPONDANCES
Ⓜ 9, Ⓣ 2, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
28 m

PROJETS URBAINS
Réaménagement de la gare routière et de la tête du Pont de Sèvres, Passerelle d'accès vers l'Île Seguin et la Cité musicale, réhabilitation des tours General Electrics, ZAC Trapèze.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
95 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Pont de Sèvres <> Châtillon-Montrouge 7 minutes
contre 45 minutes aujourd'hui

Pont de Sèvres <> Noisy-Champs 37 minutes
contre 1 h 13 aujourd'hui

ARCHITECTE
Jean-Marie Duthilleul


© SGP / Jean-Marie Duthilleul

« La gare est au bord de la Seine, à tel point qu'elle soutient le fleuve, c'est une situation extraordinaire. Il fallait, en sortant du métro sur les berges, voir le miroitement de la lumière, les reflets de l'eau ».

« Nous avons pu creuser un jardin des profondeurs au niveau du métro. C'est un véritable jardin, il y a même un bistrot dedans ! ».

Jean-Marie Duthilleul, architecte de la gare



GARE **ISSY RER**



© SGP / Brunet Saunier Architecture

LOCALISATION
La gare Issy RER se situe à l'Ouest du centre d'Issy-les-Moulineaux, dans le quartier Val de Seine / Les Arches. Elle est implantée au croisement de la rue Aristide Briand au Nord, de l'avenue de Verdun au sud et de la place Léon Blum à l'Est.

CORRESPONDANCES
RER C, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
21,7 m

PROJETS URBAINS
Immeuble de logements et activités en surplomb de la gare (projet connexe) et réaménagement parking Garibaldi, ZAC Léon Blum de 20 hectares.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
150 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Issy RER <> Noisy-Champs 33 minutes contre 1 h 05 aujourd'hui

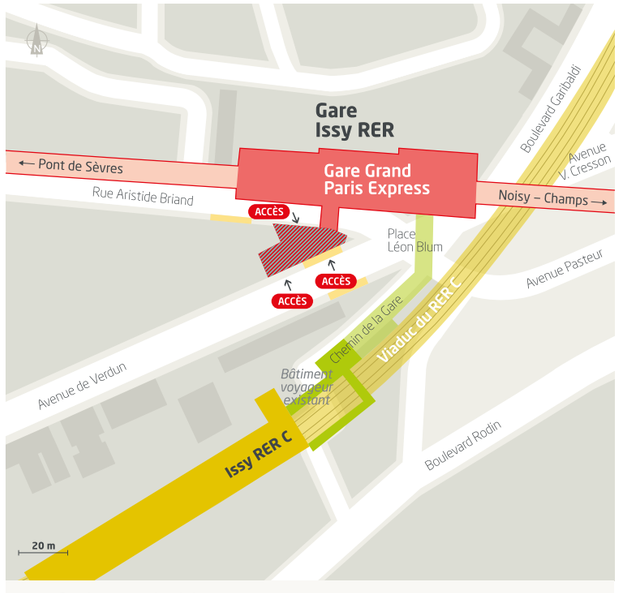
Issy RER <> Les Ardoines 17 minutes contre 1 h 05 aujourd'hui

ARCHITECTE
Jérôme Brunet / Brunet Saunier Architecture

« Nous avons travaillé l'émergence comme une nef de cathédrale, dans l'idée de capter la lumière naturelle pour la faire pénétrer au plus profond. La mise en scène du passage de l'ombre à la lumière, du profond à la surface est fascinante pour un architecte ».

« La gare est conçue avec générosité. Dans l'espace, la simplicité des parcours, la profusion de lumière naturelle. Elle est aussi un excellent catalyseur qui amorce une nouvelle urbanité ».

Jérôme Brunet, architecte de la gare



GARE **FORT D'ISSY – VANVES – CLAMART**

LOCALISATION
La gare de Fort d'Issy-Vanves-Clamart est localisée au centre-ville de Clamart, au droit de la gare Transilien, à proximité immédiate des communes de Vanves au Nord-Est, Malakoff au Sud-Est et Issy-les-Moulineaux au Nord.

CORRESPONDANCES
Transilien N, prolongement T 10

PROFONDEUR DES QUAIS
26 m

PROJETS URBAINS
2 projets de la ville à l'Est des voies du Transilien, et projet de Tramway n°10.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
50 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Fort d'Issy-Vanves-Clamart <> Bagneux M4 4 minutes contre 45 minutes aujourd'hui

Fort d'Issy-Vanves-Clamart <> Créteil l'Échat 19 minutes contre 1 heure aujourd'hui

ARCHITECTE
Philippe Gazeau

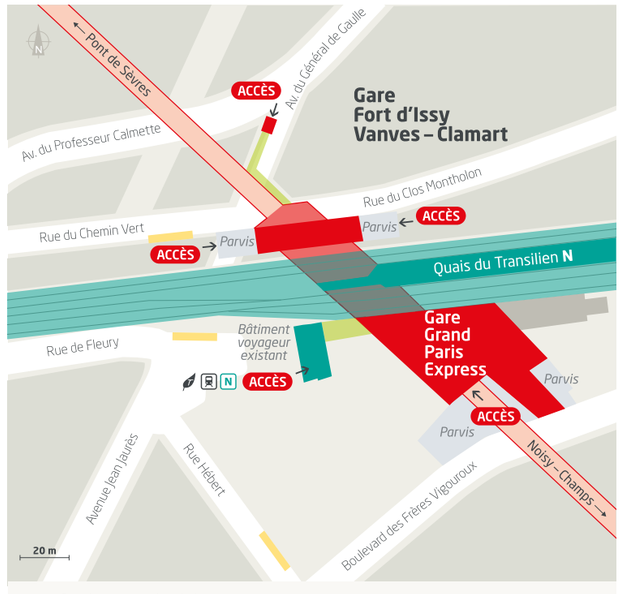


© SGP / Philippe Gazeau

« C'est une gare très particulière puisqu'elle va se glisser sous le Transilien, on crée une vraie rue intérieure, un passage couvert dans la tradition urbaine. »

« L'espace intérieur de la gare articule l'espace urbain et va faciliter la vie des quartiers disposés de part et d'autre de la voie ferrée, cela va relier les villes entre elles ».

Philippe Gazeau, architecte de la gare



GARE **CHÂTILLON – MONTROUGE**



© SGP / Périphériques

« La gare Châtillon Montrouge est un projet passionnant. Il s'agit de relier, créer les conditions de l'urbanité dans un territoire aux confins de plusieurs communes ».

« Nous voulons valoriser la profondeur, la rendre tellurique, jouer sur une matière qui mobilise des veines cristallines ».

David Trottin, architecte de la gare

LOCALISATION
La gare sera construite sur l'actuelle gare routière de Châtillon, un site bordé par des voies de circulation à fort trafic : l'avenue Jean Jaurès à l'Est, l'avenue Marx Dormoy au Nord et l'avenue Pierre Brossolette à l'Ouest.
Il est bordé au Sud par le faisceau de voies ferrées.

CORRESPONDANCES
Ⓜ 13, Ⓣ 6, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
30,3 m

PROJETS URBAINS
Immeuble en surplomb du bâtiment gare (projet connexe).
Réaménagement de la gare routière et création d'un troisième quai pour la ligne 13 du métro.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
95 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Châtillon-Montrouge <> Bagneux 2 minutes
contre 25 minutes aujourd'hui

Châtillon-Montrouge <> Noisy-Champs 29 minutes
contre 59 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
David Trottin / Périphériques



Emprise souterraine de la gare du Grand Paris Express LIGNE 15 | SUD
Tunnel du Grand Paris Express LIGNE 15 | SUD
Emprise du bâtiment de la gare du Grand Paris Express LIGNE 15 | SUD
Quais Ⓜ 13
Nouveau quai Ⓜ 13
Futur terminus Ⓣ 6
Cheminement de correspondance (souterrain)
Cheminement de correspondance (aérien)
Pôle bus / arrêts de bus en correspondance
Projet connexe

GARE **BAGNEUX M4**

LOCALISATION
La gare de Bagneux se trouve au Nord de la ville, à l'intersection des avenues Henri Barbusse et Pasteur, à la porte d'entrée de la future ZAC Victor Hugo, et à proximité de la future station de métro M4.

CORRESPONDANCES
Ⓜ 4 prolongement en construction, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
38,4 m

PROJETS URBAINS
Projets immobiliers à proximité de la gare (projets connexes en illustration ci-contre).
ZAC Victor Hugo et prolongement de la ligne 4 du métro.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
60 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Bagneux M4 <> Fort d'Issy-Vanves-Clamart 4 minutes
contre 45 minutes aujourd'hui

Bagneux M4 <> Aéroport d'Orly 17 minutes
contre 54 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
Marc Barani / Atelier Barani



Emprise souterraine de la gare du Grand Paris Express LIGNE 15 | SUD
Tunnel du Grand Paris Express LIGNE 15 | SUD
Emprise du bâtiment de la gare du Grand Paris Express LIGNE 15 | SUD
Futur terminus du métro Ⓜ 4
Cheminement de correspondance
Projet ZAC



© SGP / Atelier Barani

« On souhaite faire sentir chaque étape de la descente vers les trains, ce sera une expérience visuelle mais aussi corporelle ».

« Au niveau des quais, des dispositifs lumineux avec des bandeaux qui changent de couleur illuminent la gare au moment où arrive la rame ».

Marc Barani, architecte de la gare

GARE **ARCUEIL – CACHAN**



© SGP / Ar-thème Associés

« Nous avons choisi un matériau identitaire, la terre cuite, utilisée dans toute la gare et nous avons fait le choix d'une géométrie forte et affirmée, d'une symétrie la plus simple possible ».

« Il faut animer les parcours, que le voyageur se sente acteur de son déplacement, de façon intuitive et ne soit plus guidé de façon linéaire comme auparavant ».

Jean-Pierre Vaysse, architecte de la gare

LOCALISATION
Au Nord-Est de Cachan, la gare est positionnée à l'angle des avenues Carnot et Léon Eyrolles, le long des voies du RER B.

CORRESPONDANCES
RER B, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
24,9 m

PROJETS URBAINS
Immeubles en surplomb de la gare et sur son côté Est.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
95 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Arcueil-Cachan <> Créteil l'Échat 14 minutes
contre 54 minutes aujourd'hui

Arcueil-Cachan <> Fort d'Issy-Vanves-Clamart 6 minutes
contre 36 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
Jean-Pierre Vaysse / Ar-thème Associés



GARE **VILLEJUIF INSTITUT G.-ROUSSY**

LOCALISATION
La gare de Villejuif Institut Gustave-Roussy se situe à l'Ouest de la commune de Villejuif, au niveau du Parc Départemental des Hautes Bruyères et à proximité de l'Institut Gustave-Roussy. Elle s'inscrit dans la future ZAC Campus Grand Parc.

CORRESPONDANCES
M14, L14 Sud du Grand Paris Express, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
48,4 m (L15 Sud)
36,4 m (L14 Sud)

PROJETS URBAINS
ZAC Campus Grand Parc.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
100 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Villejuif Institut Gustave-Roussy <> Créteil l'Échat 12 minutes
contre 48 minutes aujourd'hui

Villejuif Institut Gustave-Roussy <> Arcueil -Cachan 2 minutes
contre 13 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
Dominique Perrault / Dominique Perrault Architecture

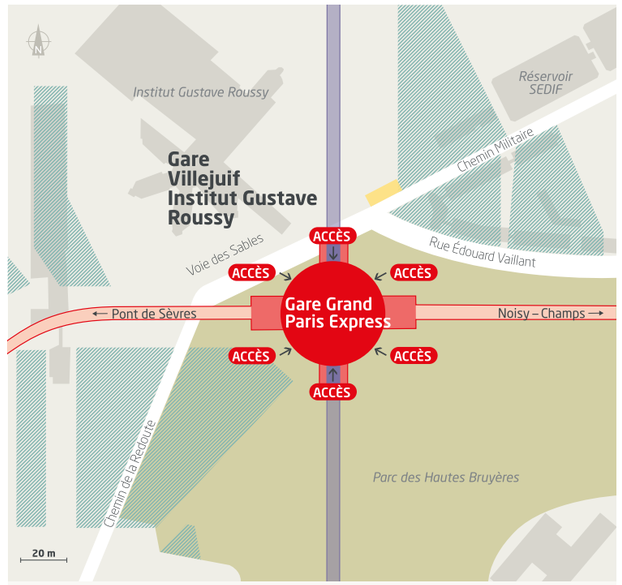


© SGP / Dominique Perrault Architecture

« Ce très grand projet fait partie d'une « structuration » d'un nouveau territoire du Grand Paris, c'est la transformation de la ville en métropole et de la banlieue en ville ».

« Un espace de 30 m restera évidé à l'intérieur du cylindre qui accueille balcons et escalators. Cet espace sera ventilé naturellement et le voyageur sera en contact direct avec l'air ambiant et la lumière naturelle ».

Dominique Perrault, architecte de la gare



GARE **VILLEJUIF LOUIS-ARAGON**



© SGP / Philippe Gazeau

« La gare Villejuif Louis-Aragon est un cas exemplaire de ce que pourrait devenir un vrai pôle multimodal urbain. Le premier enjeu est de réussir ce pôle multimodal ».

« Une grande halle vitrée permet, quand on est dans la rue, de voir au plus profond de la gare et, quand on est dans la gare, de voir le monde de la rue, l'activité humaine. La gare est un lieu de porosité, d'échanges ».

Philippe Gazeau, architecte de la gare

LOCALISATION
La gare se situe au Sud-Est de la commune de Villejuif, au Nord de l'îlot dit Aragon, à l'intersection des avenues de Stalingrad et Louis Aragon et du boulevard Maxime Gorki. Le site est à proximité du centre-ville, de la ZAC Aragon et de l'hôpital Guiraud.

CORRESPONDANCES
Ⓜ 7, Ⓣ 7, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
28,6 m

PROJETS URBAINS
Immeuble en partie au-dessus de la gare (projet connexe) et Réaménagement de l'îlot Aragon.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
55 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Villejuif Louis-Aragon <> Les Ardoines RER Ⓒ 5 minutes contre 35 minutes aujourd'hui

Villejuif Louis-Aragon <> Le Vert de Maisons RER Ⓓ 7 minutes contre 42 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
Philippe Gazeau



GARE **VITRY CENTRE**

LOCALISATION
Construite au niveau du parc du Coteau – Marcel-Rosette, à l'intersection de la rue Édouard Tremblay et de l'avenue Maximilien Robespierre, la gare Vitry Centre sera située en centre-ville, à proximité de l'Hôtel-de-Ville et du Mac / Val.

CORRESPONDANCES
Ⓣ 9, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
19 m

PROJETS URBAINS
Requalification rue de Tremblay et passerelle piétonne avenue Robespierre.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
50 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Vitry Centre <> Pont de Sèvres 17 minutes contre 1 h 10 aujourd'hui

Vitry Centre <> Champigny Centre 11 minutes contre 1 h 20 aujourd'hui

ARCHITECTE
Frédéric Neau / Atelier d'architecture King Kong

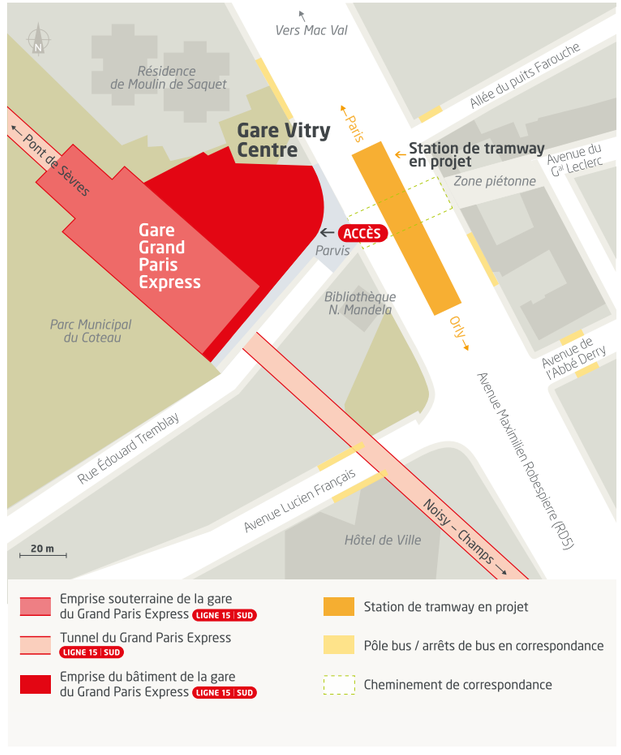


© SGP / Atelier d'architecture King Kong

« Nous nous sommes posé la question de ce qu'était un nouveau métro, de ce que l'on pouvait apporter aux usagers. Il ne faut pas faire de simples stations ».

« En osmose avec le parc, l'entrée de la gare apparaît sous une grande voûte végétalisée, comme si le sol se soulevait ».

Frédéric Neau, architecte de la gare



GARE **LES ARDOINES**



© SGP / Valode & Pistre

« Nous partons d'une structure de voile de béton perforé qui, au fur et à mesure qu'il s'élève, se transforme, s'allège et devient comme une dentelle ».

« Cette gare est le résultat d'un enjeu urbain considérable sur un territoire en profonde mutation. Elle est le germe d'un nouveau quartier qui va formidablement se densifier ».

Denis Valode, architecte de la gare

LOCALISATION
La gare des Ardoines est implantée à Vitry-sur-Seine à proximité du Technicentre Paris Rive Gauche, un important centre de maintenance RER de la SNCF. Elle se situe à l'Ouest des voies ferrées, dans le prolongement de la rue du Bel Air.

CORRESPONDANCES
RER C, TZEN 5, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
28,8 m

PROJETS URBAINS
ZAC des Ardoines, Gare SNCF, Franchissement urbain et TZEN, mise à 6 voies de la gare du réseau ferré national.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
95 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Les Ardoines <> Issy RER 17 minutes contre 1 h 05 aujourd'hui

Les Ardoines <> Bry-Villiers-Champigny 12 minutes contre 1 h 05 aujourd'hui

ARCHITECTE
Denis Valode / Valode & Pistre



GARE **LE VERT DE MAISONS**

LOCALISATION
La gare du Vert de Maisons, s'inscrit le long des voies ferrées à la frontière entre Maisons-Alfort et Alfortville. Deux parvis la constitueront de chaque côté des voies, la rénovation du passage sous voies et du bâtiment voyageur SNCF permettant une continuité des accès à la gare.

CORRESPONDANCE
RER D

PROFONDEUR DES QUAIS
37 m

PROJETS URBAINS
Immeuble de bureaux en surplomb du bâtiment voyageurs (projet connexe).

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
90 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Le Vert de Maisons <> Châtillon-Montrouge 15 minutes contre 1 heure aujourd'hui

Le Vert de Maisons <> Bry-Villiers-Champigny 9 minutes contre 1 heure aujourd'hui

ARCHITECTE
Denis Valode / Valode & Pistre





© SGP / Valode & Pistre

« Vert de Maisons est une gare très profonde. On a créé une grande cavité qui va en s'élargissant. Les volumes augmentent progressivement, se dilatent. C'est comme un espace naturel excavé dans le sol, avec le jeu de la lumière sur ces pans d'espace géologique ».

« La gare se situe à cheval entre Alfortville et Maisons-Alfort. On crée une place, un lieu nouveau et fédérateur pour les deux communes ».

Denis Valode, architecte de la gare

GARE **CRÉTEIL L'ÉCHAT**



© SGP / ANMA

« La gare de Créteil l'Échat est une des rares gares peu profondes du réseau, la lumière naturelle y joue un rôle essentiel ».

« Le toit de la gare, nous l'avons travaillé comme un origami, la pièce maîtresse d'un puzzle. Cette pièce maîtresse entoure une place publique qui reconnecte des flux disparates et des formes architecturales existantes ou à venir ».

Cyril Trétout, architecte de la gare

LOCALISATION
La gare de Créteil l'Échat est un trait d'union entre les différents quartiers de Créteil, elle se situe en bordure du quartier de l'Échat, en face de l'Hôpital Henri Mondor, au pied de la Dalle Éboué.

CORRESPONDANCES
Ⓜ 8, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
21,3 m

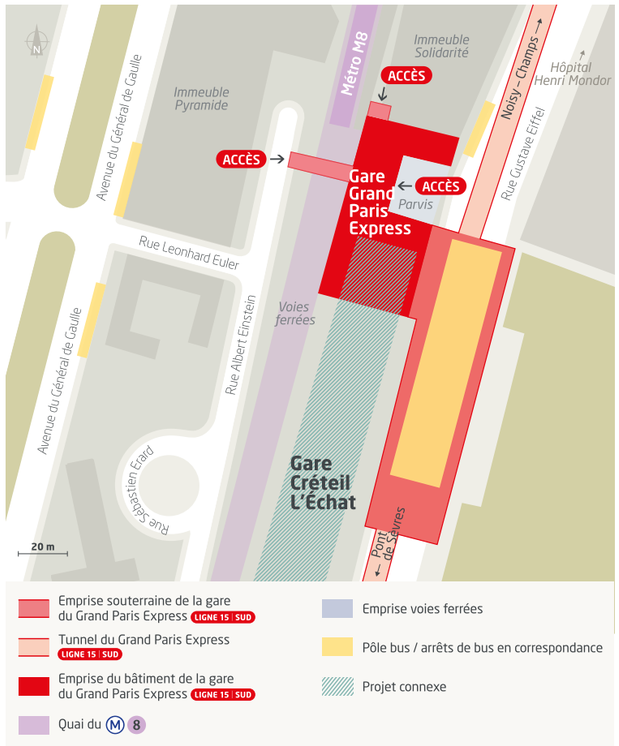
PROJETS URBAINS
Programme mixte de logements (libres et étudiants) et de bureaux. Réaménagement de la gare RATP, création d'un lien de ville souterrain sous les voies de la ligne 8 du métro, réaménagement des rues Gustave Eiffel et Albert Einstein, reconfiguration de la gare routière, projets du CHU Henri Mondor (création d'un parking et d'un nouveau bâtiment de réanimation).

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
90 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Créteil l'Échat <> Aéroport d'Orly 23 minutes contre 1 heure aujourd'hui

Créteil l'Échat <> Vitry Centre 6 minutes contre 31 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
Cyril Trétout / ANMA



GARE **SAINT-MAUR – CRÉTEIL**

LOCALISATION
Gare la plus profonde de France, Saint-Maur-Créteil s'implante sur la place du marché de Saint-Maur en correspondance avec le RER A.

CORRESPONDANCES
RER A, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
51,6 m

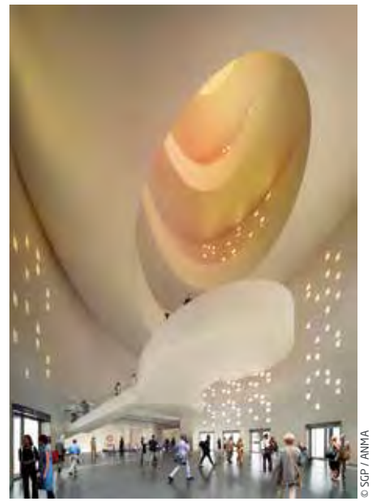
PROJETS URBAINS
Projet de bureaux situés de part et d'autre de la gare Grand Paris Express sur le parvis.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
45 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Saint-Maur-Créteil <> Champigny Centre 3 minutes contre 24 minutes aujourd'hui

Saint-Maur-Créteil <> Issy RER 24 minutes contre 1 h 05 aujourd'hui

ARCHITECTE
Cyril Trétout / ANMA

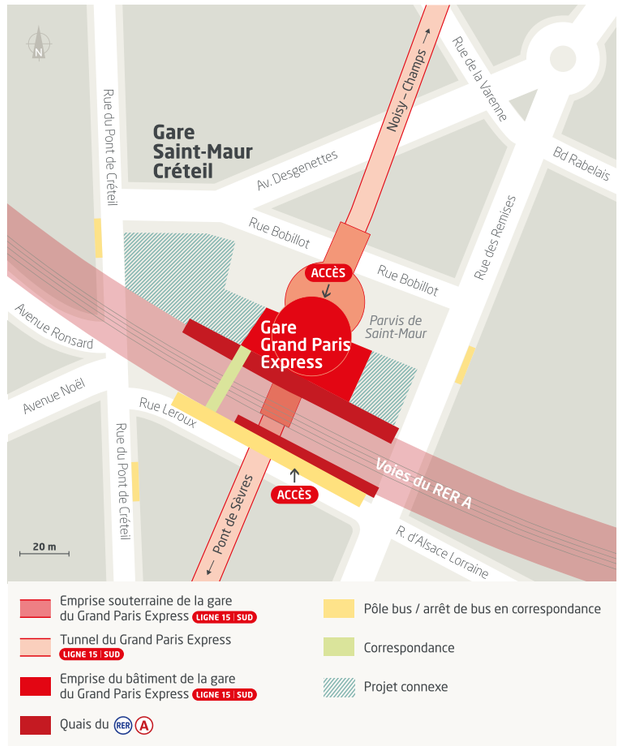


© SGP / ANMA

« L'entrée se situe sur une place où un marché a lieu deux fois par semaine. Nous avons voulu garder cette ambiance de halle avec les fruits et légumes, les parfums, les couleurs ».

« La gare est comme un grand disque lumineux posé là, simplement, au-dessus d'un profond cylindre ».

Cyril Trétout, architecte de la gare



GARE **CHAMPIGNY CENTRE**



© SGP / Agence Richez Associés

« La gare de Champigny Centre se situe en bordure de la Marne, c'est un cadre géographique tout à fait essentiel et j'ose dire magique ».

« Au-dessus du bâtiment, une tour va signaler la gare, cette nouvelle centralité, ce point d'attraction pour les Campinois ».

Thomas Richez, architecte de la gare

LOCALISATION
La gare de Champigny Centre est la gare de l'interopérabilité. Constituée de deux boîtes gares ligne 15 Sud et ligne 15 Est juxtaposées, cette gare est une des clés du système de transport du Grand Paris.

CORRESPONDANCES
L15 Est du Grand Paris Express, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
19,6 m

PROJETS URBAINS
Tour signal en surplomb du bâtiment voyageur (projet connexe).

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
48 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Champigny Centre <> Vitry Centre 11 minutes
contre 1 h 20 aujourd'hui

Champigny Centre <> Fort d'Issy-Vanves-Clamart 24 minutes
contre 1 h 30 aujourd'hui

ARCHITECTE
Thomas Richez / Agence Richez Associés



GARE **BRY – VILLIERS – CHAMPIGNY**

LOCALISATION
La gare de Bry-Villiers-Champigny est implantée à l'intersection de Bry-sur-Marne, Villiers-sur-Marne et Champigny-sur-Marne. Elle se situe à l'Ouest du pont de la RD 10 et au nord des voies du RER E.

CORRESPONDANCES
RER E, Transilien P, Altival, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
23 m

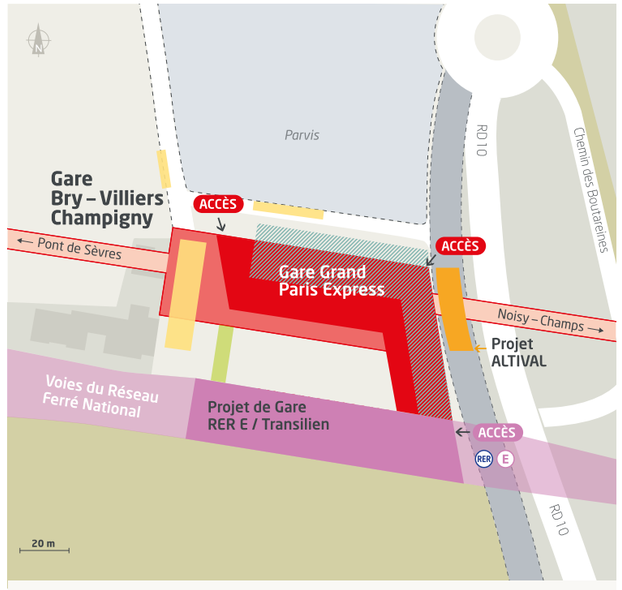
PROJETS URBAINS
Bâtiment en surplomb de la gare (projet connexe)
ZAC des Simonettes Nord, gare des trois communes RFF, ouvrage d'art du TCSP Altival, redressement de la RD 10, ZAC Marne-Europe.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
55 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Bry-Villiers-Champigny <> Villejuif Institut Gustave-Roussy 18 minutes
contre 1 h 25 aujourd'hui

Bry-Villiers-Champigny <> Saint-Maur-Créteil 5 minutes
contre 30 minutes aujourd'hui

ARCHITECTE
Thomas Richez / Agence Richez Associés





© SGP / Agence Richez Associés

« C'est une gare qui va s'installer dans un site à créer, où un quartier entier va s'installer. Il y aura, bien sûr, une grande place au contact de la gare, où arriveront les bus, avec une vie piétonne et des activités commerçantes ».

« La gare se présente comme un grand volume de 15 m de haut illuminé par la grande verrière côté sud ».

Thomas Richez, architecte de la gare

GARE **NOISY–CHAMPS**



© SGP / Agence Duthilleul

« On fait descendre les sols de chaque côté, en extrémité de la ligne 15, pour donner à voir une prairie fleurie ».

« C'est l'esquisse d'un tout nouveau quartier tout autour de la Cité Descartes, pôle universitaire et de recherche spécialiste de la ville durable ».

Jean-Marie Duthilleul, architecte de la gare

LOCALISATION
La gare de Noisy-Champs est une gare emblématique. Elle assure la correspondance entre les lignes 15 Sud, 16, 11 et le RER A. Sa conception est celle d'un futur pôle multimodal d'envergure.

CORRESPONDANCES
L16 et L11 du Grand Paris Express, RER A, bus

PROFONDEUR DES QUAIS
21 m

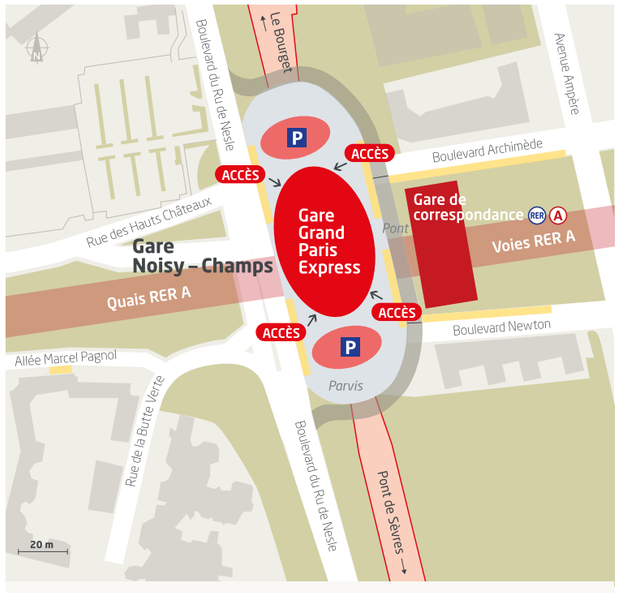
PROJETS URBAINS
La gare est l'élément déclencheur d'un projet urbain ambitieux développé par les villes et l'EPA Marne.

FRÉQUENTATION JOURNALIÈRE
150 000 voyageurs

TEMPS DE PARCOURS
Noisy-Champs <> Créteil l'Échat 12 minutes contre 45 minutes aujourd'hui

Noisy-Champs <> Pont de Sèvres 37 minutes contre 1 h 13 aujourd'hui

ARCHITECTE
Jean-Marie Duthilleul / Agence Duthilleul



SITE DE MAINTENANCE DES INFRASTRUCTURES **(SMI)**

LOCALISATION
Le SMI de Vitry est situé au sud de la gare Les Ardoines, sur le territoire de la commune de Vitry-sur-Seine. D'une superficie d'environ 4,9 ha, il est bordé au sud, par l'autoroute A 86, à l'ouest, par la rue Léon Geffroy, à l'est, par le faisceau ferroviaire. Il est relié à la ligne 15 par un tunnel d'une longueur de 1,3 km. La voie de raccordement effectue une boucle au nord du tunnel principal avant de se connecter au SMI, de façon à avoir assez de longueur pour pouvoir remonter les 25 m qui la séparent de la surface. La voie unique débouche au niveau des voies principales entre les gares des Ardoines et de Vitry Centre.

Le Site de Maintenance des Infrastructures (SMI) de Vitry est dédié à la maintenance des infrastructures, des systèmes et des équipements : voies, caténaires, ouvrages d'art et des équipements liés à l'énergie électrique, à la signalisation, les télécommunications, la conduite du transport, les équipements des gares, mais aussi les véhicules de maintenance et les trains de travaux. Il est raccordé au réseau ferré national à partir d'un débranchement du faisceau ferroviaire.

L'INSERTION URBAINE
Le bâtiment du SMI tout en longueur joue le rôle d'espace tampon entre le faisceau ferré existant à l'Est et l'espace urbain à l'Ouest. Il limite ainsi les nuisances sonores pour les riverains. Et il s'inscrit à terme dans la dynamique du projet urbain des Ardoines, à proximité de la future gare Grand Paris Express en correspondance avec le RER C.

ARCHITECTE
Marc Barani / Atelier Barani





© SGP / Atelier Barani

« Dans le mur de 300 m de long, simple, clair et beau, on a ménagé des ouvertures pour que les gens qui travaillent voient ceux qui circulent et réciproquement. On a travaillé ce bâtiment à la fois comme un site clos et une ouverture sur la ville ».

« La ville de Vitry a un passé industriel fort et le projet reprend volontairement les attributs de l'architecture industrielle ».

Marc Barani, architecte de la gare

6

LES MODALITÉS DE L'ENQUÊTE PUBLIQUE

DU 26 OCTOBRE AU 28 NOVEMBRE 2015 - INFORMEZ-VOUS, DONNEZ VOTRE AVIS

1 SITE DÉDIÉ À L'ENQUÊTE PUBLIQUE AVEC DÉPÔT ET CONSULTATION D'AVIS EN LIGNE
www.enquetepubliqueuniqueligne15sud.fr

25 LIEUX D'ENQUÊTE PUBLIQUE
Consultation du dossier d'enquête publique, mise à disposition des registres papier réglementaires au siège de l'enquête en préfecture du Val-de-Marne et dans les mairies suivantes :

- **Hauts-de-Seine :** Bagneux, Boulogne-Billancourt, Châtillon, Clamart, Issy-les-Moulineaux, Malakoff, Montrouge, Sèvres, Vanves.
- **Val-de-Marne :** Alfortville, Arcueil, Bry-sur-Marne, Cachan, Champigny-sur-Marne, Choisy-le-Roi, Créteil, Joinville-le-Pont, Maisons-Alfort, Saint-Maur-des-Fossés, Villejuif, Villiers-sur-Marne, Vitry-sur-Seine.
- **Seine et Marne :** Champs-sur-Marne et Émerainville.
- **Seine-Saint-Denis :** Noisy-le-Grand.

43 PERMANENCES DES COMMISSAIRES ENQUÊTEURS

VAL-DE-MARNE	
Alfortville	Pavillon de la rénovation urbaine – 20 rue de Rome **lundi 26 octobre 2015 de 14h à 17h** **vendredi 20 novembre 2015 de 9h à 12h**
Arcueil	Hôtel de ville – Service de l'urbanisme – Salle muguet – 10 avenue Paul Doumer **jeudi 29 octobre 2015 de 14h à 17h**
Bry-sur-Marne	Hôtel de ville – 1 grande rue Charles De Gaulle **vendredi 27 novembre 2015 de 9h à 12h**
Cachan	Maison des services publics – Direction du développement urbain – 3 rue Camille Desmoulins **vendredi 13 novembre 2015 de 14h à 17h** **mercredi 25 novembre 2015 de 14h à 17h**
Champigny-sur-Marne	Hôtel de ville – Direction du développement urbain – 14 ou 15 rue Louis Talamoni **lundi 16 novembre 2015 de 14h à 17h** **jeudi 26 novembre 2015 de 9h à 12h**
Choisy-le-Roi	Hôtel de ville – Place Gabriel Péri – RdC **jeudi 19 novembre 2015 de 14h30 à 17h30**
Créteil	Hôtel de ville – 1 place Salvador Allende – RdC **jeudi 5 novembre 2015 de 9h à 12h** **vendredi 27 novembre 2015 de 14h à 17h**
Joinville-le-Pont	Hôtel de ville – 23 rue de Paris **jeudi 12 novembre 2015 de 14h30 à 17h30**
Maisons-Alfort	Hôtel de ville – 118 avenue du général de Gaulle – Service urbanisme **mercredi 28 octobre 2015 de 15h à 18h** **samedi 7 novembre 2015 de 9h à 12h**
Saint-Maur-des-Fossés	Hôtel de ville – Place du Général de Gaulle **mercredi 4 novembre 2015 de 15h à 18h** **mardi 17 novembre 2015 de 15h à 18h** **samedi 28 novembre 2015 de 9h à 12h**
Villejuif	Hôtel de ville – Esplanade Pierre-Yves Cosnier – Salle des commissions **mercredi 28 octobre 2015 de 9h à 12h** **lundi 23 novembre 2015 de 15h à 18h**
Villiers-sur-Marne	Centre municipal – administratif et technique – 10 chemin des Ponceaux **lundi 26 octobre 2015 de 9h à 12h** **mardi 10 novembre 2015 de 14h à 17h**
Vitry-sur-Seine	Hôtel de Ville – 2 avenue Youri Gagarine **vendredi 6 novembre 2015 (Salle 4) de 14h à 17h** **samedi 28 novembre 2015 (Salle 1) de 9h à 12h**

SEINE-SAINT-DENIS	
Noisy-le-Grand	Hôtel de ville – Direction de l'Urbanisme et de l'Aménagement – Place de la Libération **lundi 26 octobre 2015 de 14h à 17h** **lundi 9 novembre 2015 de 9h à 12h**
SEINE-ET-MARNE	
Champs-sur-Marne	Hôtel de Ville – Mail Jean Ferrat **vendredi 30 octobre 2015 de 9h à 12h** **samedi 14 novembre 2015 de 9h à 12h**
Émerainville	Hôtel de Ville – Salle des commissions – 16 place de l'Europe **vendredi 6 novembre 2015 de 9h à 12h**
HAUTS-DE-SEINE	
Bagneux	Direction de l'aménagement urbain – RdC – 30 avenue de Garlande **mercredi 28 octobre 2015 de 14h à 17h** **jeudi 12 novembre 2015 de 14h à 17h**
Boulogne-Billancourt	Hôtel de ville – Hall du RdC – 26 avenue André Morizet **vendredi 30 octobre 2015 de 14h à 17h** **jeudi 19 novembre 2015 de 9h à 12h**
Châtillon	Hôtel de ville – 1 place de la libération **lundi 26 octobre 2015 de 9h à 12h** **mardi 24 novembre 2015 de 9h à 12h**
Clamart	Centre administratif – Service urbanisme – 3e étage – 1 / 3 avenue Jean Jaurès **mercredi 28 octobre 2015 de 9h à 12h** **vendredi 20 novembre 2015 de 9h à 12h**
Issy-les-Moulineaux	Centre administratif municipal – 2e étage – 47 rue du Général Leclerc **lundi 2 novembre 2015 de 10h à 13h** **samedi 21 novembre 2015 de 8h30 à 11h30**
Malakoff	Hôtel de ville – Direction des services techniques 1 place du 11 novembre 1918 **jeudi 26 novembre 2015 de 9h à 12h**
Montrouge	Centre administratif – 4 rue Edmond Champeaud – Salle 413-414 – 4e étage **lundi 26 octobre 2015 de 14h à 17h** **jeudi 19 novembre 2015 de 9h à 12h**
Sèvres	Hôtel de ville – 54 Grande Rue **mardi 17 novembre 2015 de 9h à 12h**
Vanves	Centre administratif – RdC – Niveau accueil – 33 rue Antoine Fratacci **jeudi 29 octobre 2015 de 9h à 12h** **jeudi 19 novembre 2015 de 14h à 17h**

1 ADRESSE POSTALE
Les avis peuvent être adressés avant la fin de l'enquête par courrier à l'attention de M. le président d'enquête de la ligne 15 Sud
Préfecture de Val-de-Marne – DRCT / 3e bureau – 21-29 avenue du Général de Gaulle – 94038 Créteil

La commission d'enquête, présidée par M. Claude Pouey et composée de personnes indépendantes, établira un rapport relatant le déroulement de l'enquête et consignera dans un document séparé ses conclusions motivées, en précisant si elles sont favorables, favorables sous réserves ou défavorables au projet. Il transmettra le dossier de l'enquête publique et les registres accompagnés du rapport et des conclusions motivées au préfet du département Val-de-Marne ; une copie du rapport et des conclusions motivées sera également adressée au président du tribunal administratif de Melun.

© Société du Grand Paris – Octobre 2015 - Crédit photos : Gérard Rollando - Conception : bdcconseil

www.societedugrandparis.fr

Société du Grand
Immeuble « Le Cézanne »
30, avenue des Fruitiers – 93200 Saint-Denis
Tél : 01 82 46 20 00 – Fax : 01 82 46 20 31

Société du Grand Paris